



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL**

JHONATAS MOTA DE ASSIS

**ATRIBUTOS FÍSICOS- QUÍMICOS E BIOLÓGICO DO SOLO SOB INFLUÊNCIA
DO FEIJÃO GUANDU *Cajanus cajan* (L. Millsp.), NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ –
PARÁ**

**Altamira- PA
Novembro, 2019**

JHONATAS MOTA DE ASSIS

**ATRIBUTOS FÍSICOS- QUÍMICOS E BIOLÓGICO DO SOLO SOB INFLUÊNCIA
DO FEIJÃO GUANDU *Cajanus cajan* (L. Millsp.), NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ –
PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de engenharia Florestal, Campus Universitário de Altamira, Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Sandra Andréa Santos da Silva

Coorientadora: Prof^ª. Dra. Simone Maria C. de O. Moreira

**Altamira- PA
Novembro, 2019**

JHONATAS MOTA DE ASSIS

**ATRIBUTOS FÍSICOS- QUÍMICOS E BIOLÓGICO DO SOLO SOB INFLUÊNCIA
DO FEIJÃO GUANDU *Cajanus cajan* (L. Millsp.), NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ –
PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de engenharia
Florestal, Campus Universitário de
Altamira, Universidade Federal do
Pará, como requisito parcial para a
obtenção do Grau de Bacharel em
Engenharia Florestal.

Aprovado em 29 de novembro de 2019.

Banca Examinadora

Profa. Dra. Sandra Andréa Santos da Silva-UFPA

Orientadora

Profa. Dra. Luíza Maciel Pétri–UFPA

Examinadora

Profa. Dra. Simone Maria Costa de Oliveira Moreira–UFPA

Examinadora

FICHA CATALOGRÁFICA

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará Gerada automaticamente
pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo (a) autor (a)**

M917a Mota de Assis, Jhonatas

Atributos Físicos-Químicos e Biológico do Solo Sob Influência do Feijão
Guandu *Cajanus Cajan* (L. Millsp.), no Município de Pacajá – Pará /Jhonatas Mota De
Assis. — 2019. 70 f. : il. color.

Orientador (a): Prof^a. Dra. Sandra Andréa Santos da Silva

Coorientação: Prof^a. Dra. Simone Maria C. de O. Moreira

Monografia (Graduação) - Faculdade de Engenharia Florestal, Campus
Universitário de Altamira, Universidade Federal do Pará, Altamira, 2019.

1. Leguminosas. 2. Densidade do Solo. 3. Propriedades químicas. 4. Bactérias. I.
Título.

CDD 620.186098115

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento desde que citada a fonte - O autor.”

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus que me sustentou, a todos os meus familiares, em especial aos meus pais Sônia e Valdemar, e a minha irmã Waldisléia, que muito me apoiou e incentivou a realizá-lo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a quem devo todo meu ser, por ser o meu sustentáculo, não me deixou desamparado em nenhum dos momentos de dificuldades, guardando e ajudando-me a conquistar mais essa vitória.

A Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de fazer o curso.

A minha orientadora, Prof.^a Dra. Sandra Andréa Santos da Silva pelo empenho incessante dedicado à elaboração deste trabalho, por partilhar comigo suas ideias, conhecimentos e experiências. Agradeço também pela confiança depositada em mim, compreensão, paciência, amizade, as vezes que se pôs firme em suas decisões, disponibilidade em me auxiliar e acolhimento quando precisei durante os momentos de dificuldades para a conclusão desta pesquisa.

A minha coorientadora Prof.^a Dra. Simone Maria C. de O. Moreira, por colaborar com este trabalho, contribuindo com novas ideias, demonstrando amizade, confiando na minha capacidade, se preocupando comigo, dizendo palavras de força e de incentivos para vencer os obstáculos que surgiram.

Ao Sr. Manuel (Manelim) e família por tamanha colaboração ao disponibilizar sua propriedade (Fazenda Sempre Verde) para que pudesse realizar este estudo, indo há campo auxiliando na coletada das amostras de solo, preparo da alimentação e permissão para pernoitar durante todos os períodos de coleta.

A minha família, em especial aos meus pais Sônia e Valdemar, por terem sido sempre meus apoiadores, me incentivando em todos os momentos. A minha mãe que sempre esteve orando ao Deus todo poderoso que me desse forças, paciência e ânimo, e passando noites em claro sendo minha companhia na escrita deste trabalho, e outros no decorrer do curso. Ao meu pai fazendo o possível para que conseguisse concluir o curso da melhor forma, contribuindo com todos os custos, acreditando em mim mais do que eu mesmo. A minha irmã Waldiscléia que também sempre esteve ao meu lado, tanto nos momentos alegres como tristes me consolando. A mais nova integrante da família, minha sobrinha Ayla, que veio ao mundo alegrando-nos com sua existência, meu cunhado Eduardo que me auxiliou em momentos que precisei. Verdadeiramente agradeço a Deus por toda minha família, que em geral, sempre me incentivaram a ser uma pessoa melhor e a nunca desistir dos meus sonhos, amo muito vocês.

Agradeço ao Sr. José Edilberto Correa, sua família, seus funcionários e meus amigos de viagem (Gledson e Jean) que disponibilizou passe livre em todos os seus ônibus, me abstendo do custo com transporte durante todos os dias, além de sua amizade e cuidado comigo, contribuindo para que concluísse o curso.

Ao meu amigo pessoal, colega de turma, parceiro de trabalhos acadêmicos e de orientação de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) Elisvaldo Rocha, que compartilhou comigo a labuta diária de elaboração (coleta de dados, análises de laboratório) desde o princípio deste trabalho. Foi a pessoa que dividi alegrias, tristezas e dores, relacionados ao curso e as etapas deste trabalho. Pessoa que me inspirou em todos os momentos a não desistir, com sua garra e perseverança.

A minha amiga Samia Lisboa, também amiga pessoal, colega de turma e parceira de orientação no TCC, que disponibilizou sua casa para escrever este trabalho, nos dias difíceis me incentivou a não desistir, me ajudou a sanar as dúvidas com a escrita do trabalho. Elisvaldo e Samia, nos momentos em que a tarefa parecia pesada demais, pude compartilhar minhas angústias e ansiedades com vocês, e vocês me deram a injeção de força para vencer

Quero agradecer a meus amigos Kerciane, Dhiego Rosa, por estarem ao meu lado durante a parte final do curso. Ao meu amigo Ademilson, por estar sempre em oração ao meu favor, me incentivando com suas palavras. Ao André Melo, que foi muito importante também para que as últimas análises fossem concluídas.

Agradeço também a Prof.^a Dra. Livia Figueiredo que me concedeu uma vaga no projeto de monitoria, colaborando com minha formação. E aos demais professores e funcionários da UFPA, em especial locados na Faculdade de Engenharia Florestal, e quem direta ou indiretamente fizeram parte dessa caminhada, meu muito obrigado.

Até aqui me ajudou o Senhor (1 SAMUEL 7:12) e por isso estou alegre.

EPIGRAFE

“Deus converte o deserto em lago e a terra seca em fontes”. Salmos 107:35.

RESUMO

A implantação de espécies que desempenham processos benéficos a fertilidade do solo, como adubos verdes, permite o melhor desenvolvimento das culturas, e torna-se possível a manutenção da produtividade desse recurso. O presente trabalho tem como objetivo, avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos em solo sob influência e sem influência da copa de feijão guandu em dois períodos de amostragem, tendo área de comparação solo em condições de vegetação secundária em duas diferentes profundidades, no intuito de determinar a possível influência da copa do feijão guandu *Cajanus cajan* (L. Millsp.) na mineralização da Matéria Orgânica (MO), e na melhor disponibilidade de nutrientes ao solo. As análises foram realizadas na Fazenda Sempre Verde, no município de Pacajá, PA. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, aplicando a ANOVA e teste de Tukey em áreas com três diferentes tratamentos, sendo T1- área de vegetação secundária, T2- área sob influência da copa do feijão guandu e T3- área sem influência do feijão guandu. Foram avaliados os atributos físicos: densidade do solo (DS) e granulometria, químicos: pH em água, Nitrogênio total (N), matéria orgânica (MO), Carbono Orgânico (Corg), relação Carbono e Nitrogênio (C/N), e biológicos: identificação e quantificação de colônias de bactérias por meio da unidade formadora de colônias de bactérias (UFC). Amostras físicas do solo foram indeformadas coletadas com trado Uhland pelo auxílio de anel volumétrico, e para granulométrica, química e biológica com trado Holandês nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, nos meses de fevereiro (período chuvoso) e outubro (período seco) de 2018. De modo geral, o maior teor de umidade do solo coletado na época chuvosa, influenciou numericamente de forma negativa nos valores mais elevados para densidade, menores valores de Potencial Hidrogeniônico (pH), Nitrogênio e positivamente para maiores teores de Carbono Orgânico (Corg) e Matéria Orgânica (MO). A DS foi diminuída numericamente para área sob influência da copa do feijão guandu, quando o solo foi coletado no período seco demonstrando a importância do sistema radicular de espécies leguminosas para o processo de descompactação do solo. Os valores de pH e N aumentaram estatisticamente em ambas as profundidades e todos os tratamentos. A área sob influência do feijão guandu apresentou-se com melhores resultados quando comparadas as demais áreas para o aporte de N na camada de 0 a 20 cm com 16,5 g/kg e 20 a 40 cm 11,5 g/kg, maior número de UFC na diluição 10^{-2} com 0,743 UFC, redução da relação C/N nas camadas de 0 a 20 cm, de 5 para 0,3 e de 20 a 40 cm 10 para 0,2, tornando essa cultura

recomendada para melhoria destes parâmetros e propiciando a melhoria da fertilidade do solo reduzindo custos financeiros ao produtor.

Palavras-chave: Leguminosas. Densidade do Solo. Propriedades químicas. Bactérias.

ABSTRACT

The implantation of species that perform soil fertility beneficial processes, such as green manures, allows the best crop development, and it becomes possible to maintain the productivity of this resource. The present work aims to evaluate the physical, chemical and biological attributes in soil under influence and without influence of guandu bean canopy in two sampling periods, having soil comparison area in secondary vegetation conditions at two different depths, in order to determine the possible influence of the *Cajanus cajan* (L. Millsp.) guandu bean canopy on the organic matter (MO) mineralization, and on the better nutrient availability to the soil. The analyzes were performed at Fazenda Semper Verde, in Pacajá, PA. The experimental design was completely randomized, applying the ANOVA and Tukey test in areas with three different treatments, being T1-area of secondary vegetation, T2-area under influence of guandu bean crown and T3-area without influence of guandu bean. Physical attributes were evaluated: soil density (SD) and particle size, chemical: pH in water, total nitrogen (N), organic matter (OM), organic carbon (Corg), carbon and nitrogen ratio (C/N), and Biological: identification and quantification of bacterial colonies through the bacterial colony forming unit (CFU). Undisturbed soil physical samples were collected with Uhland auger by the aid of volumetric ring, and for particle size, chemical and biological with Dutch auger at depths of 0-20 and 20-40 cm, in February (rainy season) and October (period In general, the higher soil moisture content collected during the rainy season had a negative numerical influence on the highest values for density, lower values of hydrogen potential (pH), nitrogen and positively for higher carbon contents. Organic (Corg) and Organic Matter (MO). The DS was numerically decreased for area under influence of the guandu bean canopy, when the soil was collected in the dry season, demonstrating the importance of the legume root system for the soil decompression process. The pH and N values increased statistically at both depths and all treatments. The area under influence of guandu beans showed better results when compared to the other areas for N input in the 0 to 20 cm layer with 16.5 g / kg and 20 to 40 cm 11.5 g / kg, higher. CFU number at dilution 10^{-2} with 0.743 CFU, reduction of C / N ratio in the 0 to 20 cm layers, from 5 to 0.3 and from 20 to 40 cm 10 to 0.2, making this culture recommended for improvement of these parameters and enabling the improvement of soil fertility reducing financial costs to the producer.

Keywords: Legumes. Soil density. Chemical properties. Bacteria.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Gráfico de temperatura e índices pluviométricos da propriedade no período estudado em 2018.....	30
FIGURA 2: Croqui representativo da área de coleta.....	31
FIGURA 3: Mapa de distribuição dos postos de coleta das amostras na área.....	32
FIGURA 4: Valores de Densidade Média do Solo (g/cm^3) para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão Guandu nos respectivos períodos.....	37
FIGURA 5: Umidade do solo para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), nos períodos chuvoso e seco.....	39
FIGURA 6: Teores de MOS nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 em Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), nos períodos chuvoso e seco.....	42

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Valores de referência para relação Carbono e Nitrogênio do solo.....25
- Tabela 2:** Classificação granulométrica e textural do solo para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, nos períodos chuvoso e seco..... 35
- Tabela 3:** Valores de Densidade do Solo (g/cm^3) para os diferentes períodos de coleta....36
- Tabela 4:** Valores da análise do Ph e Carbono Orgânico (Corg.) do solo na Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão Guandu (T3) nas profundidades e períodos estudados.....40
- Tabela 5:** Teores de Nitrogênio (N) no solo para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), nos períodos chuvoso e seco.....45
- Tabela 6:** Teores de Carbono Orgânico (Corg) em relação aos teores de Nitrogênio (N) e relação C/N, no solo para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), nos períodos chuvoso e seco.....47
- Tabela 7:** Unidade formadora de colônias (UFC) no solo para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), no período seco.....49
- Tabela 8:** Valores do quadro ANOVA com as fontes de variação, graus de liberdade (G.L), os valores do quadrado médio e os respectivos significância de (pH); matéria orgânica (MO); nitrogênio (N); carbono orgânico (Corg.); relação carbono/nitrogênio (CN); densidade do solo no período chuvoso (DsC) e densidade do solo no período seco (DsS) em função das profundidades 0 a 20, 20 a 40 cm nos tratamentos estudados.....50
- Tabela 9:** Médias de Ph, matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), carbono orgânico (Corg.) e relação carbono e nitrogênio (C/N) em função da profundidade e períodos chuvoso (PC) e Seco (PS).....52
- Tabela 10:** Valores médios dos parâmetros (pH); matéria orgânica (MO); nitrogênio (N); carbono (Corg); relação carbono/nitrogênio (C/N); densidade do período chuvoso (DsC) e densidade do período seco (DsS) dos tratamentos.....52

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABELAS	13
1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 ADUBAÇÃO VERDE: USO DO FEIJÃO GUANDU <i>Cajanus cajan</i> (L. Millsp)....	17
3.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	20
3.2.1 Granulometria e Densidade	20
3.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	21
3.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	21
3.3.2 Matéria Orgânica (MO).....	22
3.3.3 Nitrogênio (N)	23
3.3.4 Carbono Orgânico no Solo (Corg.)	24
3.3.5 Relação Carbono e Nitrogênio (C/N).....	25
3.4 ATRIBUTOS BIOLÓGICOS	26
3.4.1 Nitrogênio e Bactérias no Solo.....	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 ÁREA DE ESTUDO	29
4.2 CARACTERIZAÇÃO E HISTÓRICO DA ÁREA EM ESTUDO.....	30
4.3 COLETA DAS AMOSTRAS.....	31
4.4 ANÁLISE QUÍMICA.....	32
4.5 ANÁLISE FÍSICA	33
4.6 ANÁLISE BIOLÓGICA	33

4.6.1 Identificação e Quantificação das Colônias de Bactérias do Solo.....	33
4.6.2 Coloração de Gram das Colônias de Bactérias.....	34
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 ANÁLISE FÍSICA	35
5.2 ANÁLISE QUÍMICA.....	39
5.2.1 pH do Solo.....	39
5.2.2 Carbono Orgânico	41
5.2.3 Matéria Orgânica no Solo.....	42
5.2.4 Nitrogênio.....	45
5.2.5 Relação Carbono e Nitrogênio	47
5.3 ANÁLISE BIOLÓGICA	48
5.3.1 Identificação e Quantificação das Colônias de Bactérias do Solo.....	48
5.3.2 Coloração de Gram das Colônias de Bactérias.....	50
5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	50
6. CONCLUSÃO.....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
8. ANEXOS.....	70
9. APÊNDICES.....	71

1. INTRODUÇÃO

O solo como recurso natural, tem papel essencial no desenvolvimento das atividades agrícolas, além de contribuir para melhor qualidade de vida. Este recurso desempenha diversas atividades que possibilitam a sustentabilidade dos ecossistemas. No entanto, a adoção do modelo de produção em que a floresta tem sido substituída pela agropecuária, tem promovido alterações, que na maioria das vezes tem desfavorecido a dinâmica do mesmo, reduzindo o potencial dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, interferindo dessa forma na produtividade.

As atividades inapropriadas de manejo acarretam na redução acelerada dos teores de matéria orgânica e elevação dos níveis de compactação do solo, sendo apresentado desfavoravelmente na produtividade das culturas. A utilização de tecnologias como o sistema de plantio direto com o uso de plantas de cobertura é uma opção viável, pois evita as perdas de solo, obtendo maior ciclagem e aproveitamento de nutrientes, além de proporcionar maior acúmulo de resíduos orgânico, favorecendo as propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo (SILVA et al., 2011; LINHARES et al., 2016).

A adoção de sistemas que utilizem o solo de maneira sustentável deve ser compreendida como forma alternativa que diminui custos e o uso de fertilizantes químicos, possibilitando maior produtividade. Os ecossistemas naturais realizam interações harmoniosas entre a cobertura vegetal e os atributos do solo, através de processos essenciais na ciclagem de nutrientes em especial do nitrogênio, acúmulo e mineralização da matéria orgânica e agregados do solo. Dessa forma, o conhecimento das modificações físicas e químicas do solo proporcionadas pelo cultivo contínuo, podem fornecer subsídios para a adoção de práticas de manejo que permitam incrementar a produtividade das culturas, assegurando a contínua sustentabilidade e conservação dos ecossistemas (FREITAS et al., 2017).

Estas observações, evidencia a importância da utilização de espécies que realizam tratamentos estruturais no solo, como leguminosas ou *fabaceae* que além da fixação biológica de nitrogênio por meio das atividades microbiológicas, possuem um sistema radicular profundo e resistente, o que demonstra seu potencial de rompimento das camadas adensadas do solo, facilitando a decomposição de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes, melhorando assim as características dos atributos do solo (COSTA et al, 2015; PIRES et al, 2015). Desse modo, com a implantação de espécies que desempenham

processos benéficos a fertilidade do solo, permite o melhor desenvolvimento das culturas, e torna-se possível a manutenção da produtividade desse recurso.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a densidade do solo, teores de matéria orgânica, pH, Carbono, Nitrogênio e relação entre Carbono e Nitrogênio, em solo sob influência e sem influência da copa de feijão guandu em dois períodos de amostragem (seco e chuvoso), em duas profundidades (0 a 20 e 20 a 40 cm), tendo como área de comparação solo em condições de vegetação secundária no município de Pacajá-Pará.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Avaliar os resultados da análise química dos teores de Matéria Orgânica, pH, Nitrogênio e Carbono nas áreas com diferentes ecossistemas.
- ✓ Identificar e mensurar os agentes bacteriológicos nos tratamentos estudados.
- ✓ Comparar e identificar entre as áreas estudadas a relação Carbono e Nitrogênio e como a mesma comporta-se em relação a mineralização da matéria orgânica.
- ✓ Analisar os parâmetros físicos de Densidade e Granulometria do solo, nas áreas estudadas, em diferentes profundidades e períodos de coleta.
- ✓ Observar os valores de Umidade do Solo nos diferentes tratamentos e períodos estudados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ADUBAÇÃO VERDE: USO DO FEIJÃO GUANDU *Cajanus cajan* (L. Millsp)

O feijão guandu *Cajanus cajan* (L. Millsp) em geral é originário da Índia e foi introduzido no Brasil e Guianas pela rota dos escravos procedentes da África, onde assumiu importância como fonte de alimento humano. Apresenta caule forte, lenhoso e com reserva de amido na fase vegetativa, porém, ao iniciar a fase reprodutiva, essa reserva se mobiliza para o preenchimento das vagens, sendo planta ereta e arbustiva, pertencente à família Fabaceae e sendo reconhecidas duas variedades botânicas (bicolor e flavus), diferindo entre si pelo ciclo de desenvolvimento, coloração da flor e da vagem. Entre as cultivares de guandu, há ampla variação quanto à altura máxima, pois algumas plantas podem alcançar

entre 1 e 4 m, apresentando variação também em relação ao potencial produtivo de fitomassa e de grãos e nas características das vagens e sementes (SOUZA et al., 2007; GODOY; SANTOS, 2011).

Neres et al., (2012) ao avaliarem as características produtivas, estruturais e bromatológicas do feijão guandu em cultivo solteiro ou em associação, constataram que, considerando a composição bromatológicas e a produção de forragem, a substituição do Nitrogênio pelo consórcio com feijão guandu foi uma alternativa promissora.

O feijão guandu é tida como de grande importância para diversos países, principalmente os asiáticos e africanos. Esta planta é encontrada com muita frequência no Brasil principalmente nos quintais de muitas cidades do interior. Apresenta-se como planta recuperadora de solos e áreas degradadas, como forragem na alimentação de animais e também na alimentação humana. Assumindo assim, múltiplas funções nos sistemas de produção agrícola, como fixação de nitrogênio nos solos, além de gerar produtos de elevado valor biológico para melhoria do meio ambiente e pelo seu valor nutritivo, também usado na alimentação humana (SPÓSITO et al., 2018).

A adubação verde consiste em associar plantas de elevada produção de biomassa e rica em nutrientes em rotação, sucessão ou consorciação de culturas, deixando-as na superfície ou incorporadas ao solo, visando à proteção superficial deste solo e melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos (DUVAL et al., 2016).

A introdução de plantas de cobertura e de cobertura morta nos cultivos são técnicas de manejo de plantas infestantes adotadas pelos agricultores e técnicos das regiões sul e sudeste, no entanto, pouco conhecidas e utilizadas na região norte. Estas plantas reduzem o número de capinas e da utilização de herbicidas, diminuindo os custos de produção, principalmente na fase inicial dos cultivos, além de fornecerem matéria orgânica ao solo e reduzirem problemas de erosão (ALBUQUERQUE et al., 2013; DAMASCENO, 2013).

Adubos verdes são plantas utilizadas para aumentar, preservar ou restaurar a qualidade química, física e biológica dos solos, por meio de técnicas agronômicas específicas, cuja cobertura vegetal, viva ou morta, pode ou não ser incorporada ao solo, aumentando o seu potencial produtivo. São várias as espécies que, de acordo com seu ciclo de crescimento, época de semeadura ou sistema de cultivo (exclusivo, sucessão, rotação, consórcio de culturas, intercalar, em faixas ou em coquetel) melhoram a qualidade do solo e fibras e alimento ao homem e aos animais (forragem), além de diminuir os impactos ambientais da agricultura no ambiente (SILVA et al., 2017).

Estudos realizados por Costa et al., (2015), verificaram que ao longo de três anos utilizando este sistema, houve redução da compactação refletindo no incremento da macroporosidade e porosidade total e diminuição da resistência mecânica a penetração e densidade do solo, nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm. Pode auxiliar na descompactação do solo através da constituição de canais preferenciais para o escoamento da água e crescimento de raízes das culturas anuais sucessoras (HERRADA et al., 2017).

Existem várias espécies de leguminosas capazes de realizar simbiose com bactérias, incorporando nitrogênio atmosférico e outros nutrientes em sua biomassa, o que favorece a mineralização e a liberação de nutrientes no solo melhorando sua fertilidade. Dentre os adubos verdes mais utilizados destacam-se as leguminosas, devido à capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico através da associação simbiótica com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, como feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), leucena (*Leucaena ssp.*) e mucuna (*Mucuna ssp.*), dentre outras (SILVA et al., 2011; SILVA et al., 2014).

Adicionalmente, dada à capacidade de fixar N₂, as leguminosas são consideradas como o grupo funcional de plantas mais comum que influencia consistentemente a biota do solo (ZHAO et al., 2014). Para Giongo et al., (2011), estas espécies possuem capacidade de gerar matéria orgânica suficiente para manter o solo coberto, aumentando assim o teor de matéria orgânica e diminuindo a evapotranspiração. Por este motivo, atualmente, espécies “adubadeiras” estão sendo inseridas nos arranjos de Sistemas Agroflorestais em razão de sua alta capacidade de fixar nitrogênio e de produzir biomassa (SILVA et al., 2014). Além disso, melhoram a fertilidade do solo, propiciando o aumento da produtividade (PAULA et al., 2015).

Quando o produtor opta em cultivar as plantas de coberturas, elas entram em áreas que seriam destinadas aos pousios ou antecedendo as culturas comerciais (WOLSCHICK, 2014).

Segundo Cardoso et al., (2014), a adubação verde é uma prática que consiste na implantação de espécies vegetais em rotação, sucessão ou consorciação com outras culturas comerciais, objetivando melhoria, manutenção e recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Essa prática aumenta a sustentabilidade dos sistemas em que as mesmas estão inseridas, pelo fato de possuírem a capacidade de absorver nutrientes presentes nas camadas subsuperficiais do solo e liberandos pela decomposição dos seus resíduos (BERNARDES et al., 2010).

3.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

3.2.1 Granulometria e Densidade

A granulometria do solo está relacionada às porcentagens de partículas primárias (areia, silte e argila), distribuídas em diferentes tamanhos definidos por diâmetros específicos, é necessário identificar a distribuição dessas partículas no solo, para então ser possível determinar o tipo de textura através do emprego dos triângulos texturais (KLEIN, 2014).

A estruturação granulométrica do solo atua de forma influente nos atributos do solo como a capacidade de troca de cátions, retenção, disponibilidade e movimento de água no solo, que está relacionado aos teores de matéria orgânica, o comportamento expansivo e contrátil do solo, sua susceptibilidade à erosão e à compactação. Os solos arenosos são constituídos por grande quantidade de macroporos e apresentam elevada velocidade de infiltração de água, possuindo baixa quantidade de argila e matéria orgânica, que agem como ligantes das partículas maiores, sendo mais susceptíveis à erosão. Já em solos argilosos predominam microporos, responsáveis pela retenção de água, enquanto os macroporos são observados em menor quantidade e, devido a isso, a infiltração de água ocorre de maneira desacelerada. Em decorrência das maiores forças de coesão e adesão das partículas, possibilitam maior resistência ao fluxo de enxurrada se comparados a solos arenosos. Os solos siltosos são mais susceptíveis à erosão hídrica, pois as partículas de silte são grandes o bastante para dificultar que permaneçam unidas entre si e consideradas pequenas por serem facilmente transportadas pelas enxurradas, uma vez que são uma classificação intermediária entre areia e argila (SOUZA, 2004).

A avaliação da estabilidade de agregados, densidade do solo, porosidades e infiltração e retenção de água, considerando a classe textural, indicam o estado atual da estrutura do solo. Esse tipo de avaliação é bastante usado para medir-se a evolução da estrutura de um dado solo quando submetido a diferentes sistemas de manejo. Quanto maior for a densidade do solo menor será a porosidade total e vice-versa, devida a alta correlação entre estas variáveis (BRASIL NETO et al., 2018).

Nas últimas décadas, o crescente aumento da demanda por alimentos, suprida por uma agricultura produtiva, porém nem sempre sustentável. Assim, a falta de informações quanto aos impactos ambientais gerados por determinadas atividades do setor produtivo como a aplicação de resíduos agroindustriais tem contribuído com danos ao ambiente (VAN LEEUWEN et al., 2015; PYWELL et al., 2015).

A estrutura do solo expressa claramente os efeitos do manejo adotado, cujas as ações de origem físicas (mecânica), químicas e biológicas afetam o processo dinâmico de construção ou degradação do solo, que por sua vez, interfere na fertilidade, na atividade biológica e na capacidade produtiva do mesmo (SILVA et al.,2018).

A ocorrência da compactação resulta no aumento da resistência à penetração do solo e, por consequência, afeta a produtividade das culturas agrícolas, uma vez que solos sob acentuada compactação exerce modificações no sistema radicular das culturas. As propriedades físicas do solo têm sido estudadas em nível mundial, pois imprimem interferências na produtividade das culturas e sustentabilidade dos ecossistemas ligados ao solo (FAGUNDES et al., 2014; VASCONCELOS et al., 2014; VALADÃO et al., 2015).

A resistência do solo a penetração do sistema radicular, está relacionado diretamente à densidade do solo (DS), sendo que maiores valores de DS reduzem os espaços vazios, aumentando a resistência mecânica dos solos e prejudica o crescimento radicular das plantas. Também se relaciona com a umidade do solo, porém de forma inversa, pois menores valores de umidade levam ao aumento da tensão da água e da coesão entre as partículas do solo, promovendo o aumentando a resistência e, acarretando na diminuição da facilidade com que as raízes penetram no solo (COUTO et al., 2016).

Uma das alternativas para reduzir e/ou amenizar os efeitos da compactação do solo se refere ao uso de espécies que tenham sistema radicular rígido com capacidade de crescimento em solos com elevada resistências à penetração. As plantas de cobertura utilizadas como descompactadoras de solo, possibilitam uma ruptura da camada compactada em razão da uniformidade da distribuição de raízes ao longo do perfil. As raízes agressivas e ramificadas conseguem absorver nutrientes das camadas inferiores do solo e após serem decompostas formarão bioporos, que são fundamentais para a disponibilidade hídrica e pelo fluxo em massa de nutrientes (GUIMARÃES et al., 2013; SANTOS et al., 2014).

3.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

3.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH ou Potencial Hidrogeniônico do solo está relacionado a acidez ou alcalinidades relativas, podendo variar de 0 a 14, sendo o valor 7,0 definido como neutro, valores a baixo são classificado como ácidos e os acima de 7,0 são alcalinos. Os solos variam de pH 3 a 9 para a maioria das culturas esse valor apresenta-se satisfatório estando

entre 6,0 à 6,5, no qual a maioria dos nutrientes estão disponíveis às raízes (MALAVOLTA, 1981).

O pH representa a porção de Hidrogênio (H^+), existente no solo, qualificando o solo como ácido, caso apresente grande quantidade do íon H^+ e menor concentração dos cátions cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+) (RONQUIM, 2010).

A acidez do solo, por sua vez, é um fator limitante no crescimento e no desenvolvimento de plantas cultiváveis (CAVALCANTE et al., 2016). E estando em nível adequado propicia maior disponibilidade de nutrientes, relacionado ao maior aporte de resíduos orgânicos, na forma de raízes e ácidos orgânicos, oriundos das espécies arbóreas (MORINIGO et al., 2017)

3.3.2 Matéria Orgânica (MO)

Segundo Khorramdel et al., (2013) e Costa et al., (2013) a matéria orgânica no solo (MOS) é resultado do processo de decomposição de resíduos vegetais e animais que sofreram decomposição biológica por meio da ação de microrganismos, encontrando-se em uma forma resistente a novos ataques microbianos e por isso acumula-se no solo. A importância da MOS está relacionada à influência que suas frações exercem sobre as diversas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Solos que apresentam elevados teores de matéria orgânica e alta atividade biológica geralmente apresentam boa fertilidade (ou têm potencial para isto) e complexas redes tróficas e organismos benéficos que previnem infecções radiculares (CALEGARI, 2014). As enzimas do solo têm origem de micro e macrorganismos do solo, de plantas e animais, mas sua fonte primária é a biomassa microbiana, que juntamente com os microrganismos degradam e mineralizam a matéria orgânica, liberando nutrientes para o solo (MOREIRA et al., 2015).

A matéria orgânica é formada essencialmente por compostos de carbono e possui implicações no comportamento físico do solo. Ela está diretamente relacionada com fatores químicos, físicos e biológicos do solo, como a capacidade de retenção de água, aeração, pH, densidade do solo, Capacidade de Troca Catiônica (CTC), atividade microbiana, e metabolismo do solo (XAVIER, 2014).

A estabilidade dos agregados depende do tipo de uso e manejo do solo, sendo principalmente afetada pela textura, mineralogia, quantidade e tipo de matéria orgânica do solo. A MOS é de suma importância para o ciclo do carbono (C), pois ela representa cerca

de duas vezes os estoques de C da biomassa vegetal e da atmosfera. A implantação das plantas de cobertura mantém a camada superficial do solo continuamente coberto de biomassa vegetal, reciclam nutrientes tornando-os gradualmente disponíveis para cultivos sucessivos ((ALMEIDA et al., 2014; AKER et al., 2016; HARDEN et al., 2017).

3.3.3 Nitrogênio (N)

O nitrogênio atua como nutriente fundamental para o desenvolvimento das plantas, sendo que as bactérias diazotróficas endofíticas, as que auxiliam total ou parcialmente as necessidades deste composto, estando ele presente em todas as partes do vegetal, da raiz até as folhas (ESPOSITO-POLESI, 2011; BAHRY et al., 2013).

O solo contém uma grande quantidade de nitrogênio na forma não disponível (orgânica) e uma pequena quantidade na forma disponível (inorgânica) para o uso das plantas. O nitrogênio orgânico pode chegar até 98% (m/ kg) do nitrogênio total contido no solo, já o nitrogênio inorgânico representa uma pequena porção 2 % (m/ kg) (FAGERIA et al., 2011).

A dinâmica do nitrogênio no solo ocorre de forma complexa, pois é um elemento que se encontra em diferentes formas químicas e participa de diversas reações e processos, além de ser um dos nutrientes exigidos em maior quantidade pela maioria das plantas. Quando resíduos adicionados ao solo possuem relação (C/N) baixa (20:1) favorecem a mineralização, já matérias com alta relação (C/N) acima (30:1) favorecem a imobilização (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SARDÁ, 2016).

Em condições propícias para o perfeito desenvolvimento das plantas, grande parte desse nitrogênio que está na forma de amônio é transformado em nitrato (NO_3), este processo por sua vez é chamado de nitrificação, e ocorre através de bactérias nitrificadoras (AITA et al., 2007).

Este processo é fundamental para as plantas, onde na forma de nitrato (NO_3^-) o nitrogênio passa a ser prontamente disponível para as plantas e microrganismos. Os nitratos possuem alta mobilidade no solo, e se movimentam livremente com a água do solo, porém, nessa forma, o nitrogênio é facilmente perdido para as camadas mais profundas. Outra forma comum de se perder o nitrato é através da desnitrificação, processo pelo qual os nitratos são reduzidos a óxidos nitrosos (N_2O) ou nitrogênio elementar (N) e posteriormente são levados para a atmosfera na forma de um gás (TEIXEIRA, 2006; SANTOS et al., 2016).

3.3.4 Carbono Orgânico no Solo (Corg.)

Para obter um diagnóstico das diferenças entre tipos de manejos na quantidade de matéria orgânica, é preciso realizar análises de determinação do carbono orgânico do solo (Corg.), com o objetivo de apontar um sistema de cultivo que possua maior capacidade de acumular Corg e que melhore a qualidade do solo. O carbono (C) presente no solo poderá ser encontrado tanto em sua forma inorgânica, quanto em sua forma orgânica, sendo que, este último é o mais abundante. Atuam como uma fonte de energia para a biomassa microbiana, que atua diretamente sobre o processo de fornecimento de nutrientes para as plantas (ZATTA et al., 2014; SCHARLEMANN et al., 2014; DADALTO et al., 2015).

Atividades antrópicas no solo aumenta a mineralização do carbono (C) orgânico do solo devido à ruptura dos agregados pela ação de implementos e da chuva com consequente liberação de CO₂, o que diminui o conteúdo de C nas camadas superficiais (CHENU et al., 2018), o que com a retirada da cobertura vegetal facilita esse processo.

O carbono orgânico é um agente cimentante da estrutura do solo, atuando no tampão do pH, na complexação de elementos e capacidade de troca de cátions, além de aumentar a disponibilidade hídrica no solo (CAMPOS et al., 2016).

O valor total de C orgânico (Corg.) armazenado no solo em agroecossistemas é resultado do equilíbrio entre as entradas de C, principalmente, a partir de resíduos de culturas (parte aérea e raízes), e as perdas de C geradas pela decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) por ação dos microrganismos. A entrada do carbono orgânico no solo, ocorre principalmente através da sua forma dissolvida, durante a deposição de moléculas orgânicas simples ou complexas, tais como lipídeos, fenóis, ligninas, celulose, aminoácidos e hemicelulose, que passam a ser liberadas após dois ou mais ciclos de decomposição e oxidação da matéria orgânica do solo (FUENTES et al., 2012; GUNINA & KUZYAKOV, 2014).

O carbono contido no solo está relacionado diretamente ao processo de decomposição da biomassa pelas atividades bacterianas presentes. Por meio do processo de mineralização do carbono orgânico, parte deste existente no solo volta à atmosfera. O restante do carbono orgânico é transportado pelos rios até chegar aos oceanos, onde se deposita sob a forma de carbonatos (CO₃). Os mais diversos estudos apresentados demonstram que muitas variáveis podem controlar os estoques de C no solo. Em escala regional, as variáveis climáticas, como temperatura e precipitação pluvial, exercem grande

importância. Na esfera local, as propriedades do solo, como densidade e fertilidade natural, ganham destaque (ROSA et al., 2014; ASSAD et al., 2013).

3.3.5 Relação Carbono e Nitrogênio (C/N)

A relação Carbono e Nitrogênio (C/N) dos resíduos vegetais determina a velocidade de decomposição, sendo totalmente dependente da atividade biológica do solo (COSTA et al., 2014; CONCEIÇÃO et al., 2014; NOGUEIRA et al., 2016).

De acordo com Braga (2015), os valores médios para relação Carbono e Nitrogênio nos solos estão aceitáveis quando próximos de 10, e acima de 12 tendem a indicar o aumento do teor de C (Tabela 1). Segundo o autor, resíduos vegetais com relações C/N elevadas requerem mais tempo para serem decompostos e necessitam de maior consumo de nitrogênio para buscar o equilíbrio da C/N do solo, pois enquanto o carbono (C) atua como combustível energético, o nitrogênio (N) influi no crescimento dos vegetais, e quando essa relação está elevada, ocorre maior liberação de C e a imobilização de N pelos microrganismos decompositores. Uma vez, que a relação C/N indica a quantidade de N que são necessárias para que haja o desgaste de uma unidade de C, e quando esses valores são menores a disponibilidade de N apresenta-se mais elevada.

A produção do material de cobertura, a capacidade de acumular N e a relação C/N da cobertura morta são características importantes na seleção de adubos verdes, pois estão relacionadas ao potencial das plantas de cobertura de proteger o solo e à velocidade de liberação de N de seus resíduos para as culturas sucessoras (CARNEIRO et al., 2008).

Tabela 1: Valores de referência para relação Carbono e Nitrogênio do solo, conforme Braga, 2015.

Relação Carbono e Nitrogênio (C/N)	
< 10	aceitável
10,1 - 12	medianamente elevada
12,1 - 15	elevada
> 15,1	muito elevada

FONTE: Elaborado pelo próprio autor, adaptado de Braga (2015).

A composição estrutural dos tecidos vegetais das leguminosas caracterizam-se pela baixa relação C/N (apresentam maior disponibilidade de nitrogênio) quando são comparadas com as demais espécies vegetais, o que possibilita maior aceleração no processo de decomposição pelos microrganismos, resultando na rápida liberação de

nutrientes e na proteção do solo contra a erosão. A magnitude do aumento do estoque de carbono no solo sob sistema de plantio direto depende fundamentalmente da qualidade e da quantidade do carbono (C) adicionado no solo através dos resíduos culturais. Por isso, são importantes a rotação de culturas e a inclusão de leguminosas como adubos verdes nos sistemas de rotação visando aumentar a relação C/N tanto pela parte aérea, como pelo sistema radicular das espécies. A escolha dos adubos verdes a empregar é aspecto importante a ser observado, a preferência deve ser dada à leguminosas em função de realizarem os dois principais processos biológicos da natureza: a fixação do carbono atmosférico (CO₂) através da fotossíntese e a conversão do nitrogênio atmosférico (N₂) e em nitrogênio orgânico (N) através da fixação biológica de nitrogênio (AITA et al., 2014). Teixeira et al., (2006), relata que os compostos orgânicos torta de mamona, esterco de galinha, esterco bovino e demais compostos de origem orgânica, apresentam relação C/N iguais a 6; 14; 13 e 22, respectivamente.

A relação C/N apresenta-se em formas diferenciadas entre cada espécie produtora de resíduos. Que variam na composição de N, pois o C não varia tanto, estando numa faixa entre 40 e 45%. No entanto, resíduos vegetais com elevada relação C/N, sua decomposição ocorre de maneira mais lenta, quando se comparam as com baixa relação C/N. Sendo a quantidade de N elevada em relação ao C, a atividade microbiológica na decomposição é mais elevada. De modo geral, a disponibilidade de N no solo favorece a decomposição de material orgânico com menor relação C/N (FILHO et al., 2014).

Em virtude da baixa relação C/N apresentada por leguminosas, tendo maior concentração de N e C, torna os resíduos dessas espécies, substratos de maior acessibilidade pelos agentes microbiológicos do solo (SANTOS et al., 2008).

3.4 ATRIBUTOS BIOLÓGICOS

3.4.1 Nitrogênio e Bactérias no Solo

O processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN) ocorre pelas atividades de bactérias diazotróficas presentes no solo ou associadas às plantas de maneira endofítica (EMBRAPA, 2018). As bactérias endofíticas possuem capacidade de inibir o crescimento de fitopatógenos (*Agrobacterium* sp., *Bacillus* sp.), promovem o crescimento da planta através da produção hormônios de crescimento vegetal, como auxina, giberilina e citocininas (*Azospirillum brasiliense*, *Bradyrhizobium* sp, *Bacillus* sp.) (GRAÇAS et al., 2015).

Os microrganismos fixadores de nitrogênio são encontrados em sistemas aeróbios como os (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Burkholderia*), anaeróbios (*Clostridium*) e anaeróbios facultativos (*Klebsiella* spp.), sendo a maioria dos fixadores de N₂ de vida livre podendo ocorrer em todos os tipos de solo, rizosfera e interna e externamente nas plantas. A fixação biológica pode ocorrer através de duas formas, simbiótica e não simbiótica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; RODRIGUES et al., 2016).

As actinobactérias são microrganismos Gram-positivos apresentando estruturas com filamentos e com esporos, reconhecidas primariamente como um grupo intermediário entre bactérias e fungos, em seguida, foram reconhecidas como organismos procarióticos e promotores de crescimento de plantas (AMSAVENI et al., 2015). Desempenham funções importantes no ecossistema, que o torna componente significativo da população microbiana em cada ambiente, especialmente no solo, adaptam-se às diversas condições do ambiente e são capazes de colonizar a rizosfera. Por apresentarem elevada diversidade morfológica e metabólica são importantes do ponto de vista ecológico, sendo o principal membro da comunidade decompositora do solo (BRITO et al., 2015; SILVA et al., 2015).

Os rizóbios possuem a capacidade de formar nódulos e estabelecerem uma simbiose com as raízes ou caules de plantas, principalmente espécies leguminosas, estas que possuem maiores quantidades de Nitrogênio captados da atmosfera. Essas bactérias são aeróbicas, Gram-negativas, com estruturas de hastes e cocos. Durante o processo simbiótico, os rizóbios reduzem o nitrogênio atmosférico em uma forma diretamente assimilável pela planta, papel importante na nutrição das leguminosas fixando o nitrogênio (HUNGRIA & KASCHUK, 2014; GRANADA et al., 2014; PINHEIRO et al., 2014; MUS et al., 2016; IYER & RAJKUMAR, 2017).

O processo biológico inicial do Nitrogênio ocorre a partir da fixação do N atmosférico por bactérias fixadoras, que produzem amônia (NH₃) ou amônio (NH₄⁺) na solução do solo. A amônia pode ser empregada pela maioria dos organismos vivos, como por bactérias do solo que obtém energia para seu metabolismo por meio da oxidação da amônia em nitrito (NO₂⁻) e nitrato (NO₃⁻), esse processo é conhecido por nitrificação; assim, praticamente, quase toda amônia que atinge o solo é transformada em nitrato por oxidação, podendo ser absorvido pelos vegetais ou voltar para a atmosfera como N₂ (desnitrificação). Com a morte dos organismos, a degradação microbiológica de suas proteínas devolve a amônia ao solo, no processo chamado de amonificação (GUERREIRO et al., 1981). E, retorna o N inorgânico, sob a forma de amônio (NH₄⁺) ou amônia (NH₃) a

nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Esse processo consiste na oxidação do íon amônio (NH_4^+) ou amônia (NH_3) a nitrato (NO_3^-), e nitrito (NO_2^-) sendo um processo estritamente aeróbio realizado por bactérias Gram-negativas da família Nitrobacteriaceae (*Nitrossomonas* e *Nitrobacter*), sendo dividida em duas fases: a nitrificação, que consiste na passagem de amônio a nitrito, realizada pelas bactérias Nitrossomonas, e a nitratação, convertendo de nitrito a nitrato, realizadas pelas bactérias Nitrobacter (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A oxidação anaeróbica do amônio, também é considerado outro processo de desnitrificação do N_2 em que algumas bactérias podem oxidar amônia e utilizar nitrito como acceptor de elétrons, tendo como produto final nitrogênio. Ocorrendo semelhantemente no estrato da desnitrificação aeróbica (DALSGAARD et al., 2005).

Antes de ser absorvido, o nitrogênio é retirado do ar e transformado em amônia solúvel em água, que é utilizado diretamente pela planta, quando ocorre o processo de FBN. Nesse processo utiliza-se a energia de ATP (Adenosina Trifosfato), realizado através da energia solar e convertido à energia química. A nitrogenáse produzida é composta por duas unidades elementares, uma de ferro: proteína que coleta a força redutora e energia, e outra ferro: molibdênio, que coleta e reduz o substrato (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Quando fixado pode ser transformado no solo em nitrato, forma que também é disponível para as plantas sendo a enzima universal conhecida como nitrogenáse. O conhecimento da dinâmica de liberação dos nutrientes é fundamental para que se possa compatibilizar a máxima persistência dos resíduos culturais na superfície do solo, contribuindo assim para a manutenção da umidade e fertilidade do solo (ARAÚJO et al., 2015; OLIVEIRA JUNIOR et al., 2015).

A fixação biológica simbiótica de nitrogênio refere-se à interação entre microrganismos e plantas (leguminosas). Este processo ocasiona o desenvolvimento de nódulos nas raízes, e ambos os organismos são beneficiados, pois a planta fornece fonte de carbono às bactérias e enquanto estas disponibilizam o nitrogênio necessário ao desenvolvimento da planta (SILVA, 2012). A fixação biológica não simbiótica, por sua vez é realizada por bactérias de vida livre no solo. A quantia de nitrogênio fixado por esses organismos é muito menor do que a quantia fixada simbioticamente (BORGES; FARIA, 2012).

Nesse sistema simbiótico, as bactérias são beneficiadas, uma vez que o interior dos tecidos das raízes das plantas representa uma estrutura protetora contra condições ambientais desfavoráveis que poderiam causar estresses de ordem biótica e abiótica e em

contrapartida, as bactérias podem promover o crescimento da planta por meio de mecanismos de forma direta ou indireta, sendo que as ações incluem a fixação biológica de nitrogênio, a produção de fitormônios importantes para o crescimento das plantas (RAO, 2014; SOUZA; AMBROSINI; PASSAGLIA, 2015), e aumenta a disponibilidade de nutrientes, como fósforo (P) e potássio (K), através da solubilização de nutrientes presentes em minerais ou rochas (FLORENTINO et al., 2017).

Souza et al., (2013) descreve que as maiores quantidades de N oriundas da fixação biológica, são observadas em solos com pouco nitrogênio disponível, em solos que não recebeu nenhuma intervenção de adubação industrializada, pois solos ricos em nitrogênio (amônio e aminoácidos), inibem a síntese de redução do nitrogênio na nitrogenase.

De modo geral, essa atividade mutualística, fornece cerca de 65% do nitrogênio total da biosfera para as plantas. A eficácia da FBN rizóbios e leguminosas, pode depender da sobrevivência das bactérias fixadoras de nitrogênio, que podem ser influenciadas por diferentes condições do solo e ambientais, envolvendo a compatibilidade com a planta hospedeira, as condições físico-químicas do solo, salinidade e pH do solo, deficiência de nutrientes, toxicidade de minerais e metais pesados, temperatura, umidade do solo insuficiente ou excessiva e fatores bióticos tais como as competições com outros microrganismos do solo (FENTAHUN et al., 2013; SHARMA et al., 2013).

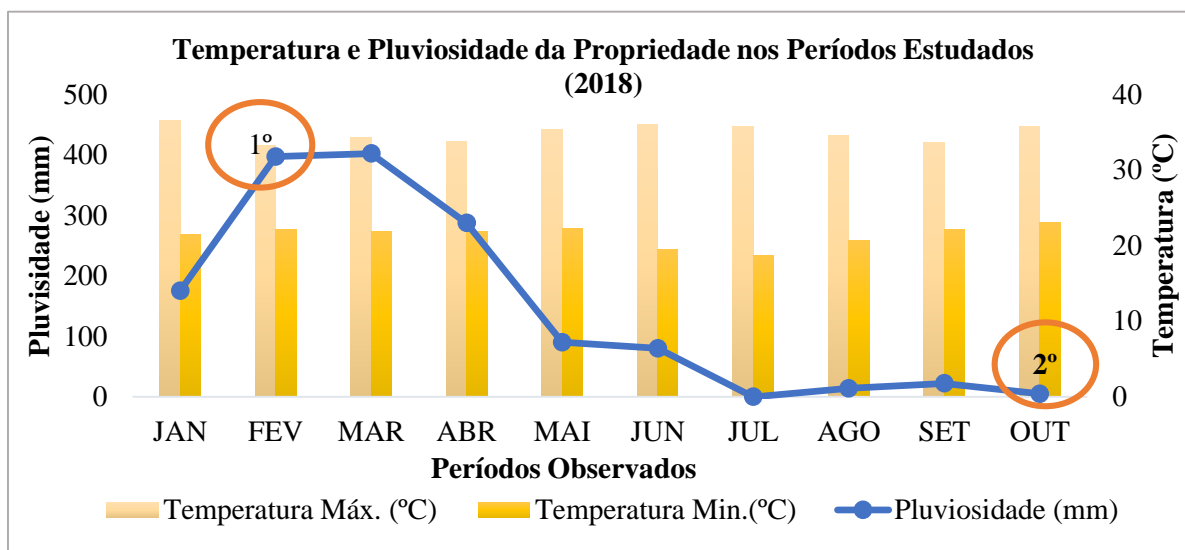
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na Fazenda Sempre Verde, com total de 40 hectares, e coordenada geográfica latitude de 03° 43' 49.4''S e longitude de 050° 37'56.3'' W, na vicinal Portel a 12 km (doze) da sede do município de Pacajá- Pará.

De acordo com a Semma (2017), os solos estão nas classes Podzólico Vermelho-Amarelo, textura argilosa; Latossolo-amarelo distrófico, textura argilosa; Podzólico Vermelho- Amarelo Plíntico, textura argilosa tendo relevo suavemente ondulado e ondulado; Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa apresentando relevo ondulado e forte ondulado. Na área de estudo foi classificado como textura média (EMBRAPA, 2010).

FIGURA 1 - Gráfico de temperatura e índices pluviométricos da propriedade, no período estudado em 2018.



Número: 1º - Coleta, período chuvoso e 2º - Coleta, período seco.

FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

As características climáticas do município, tem o clima da região como tropical úmido, conforme a classificação de Köppen e Geiger com temperatura mínima de 21°C e máxima de 32°C, o índice de pluviosidade anual é de 2300mm (SEMMA, 2017), sendo o período mais chuvoso entre os meses de fevereiro e março e o período mais seco entre agosto e outubro, as características pluviométricas estão representadas na figura 1.

4.2 CARACTERIZAÇÃO E HISTÓRICO DA ÁREA EM ESTUDO

O histórico da área e as suas características de uso e ocupação do solo, a partir da década de 80, foram implantadas culturas anuais de arroz (*Oryza sativa*), mandioca (*Manihot esculenta*) e café (*Coffea spp.*), esta, que se intensificou a partir dos anos de 1997 por meio das variedades conilon (*Coffea canephora P.*), o qual foi abandonado por sete anos.

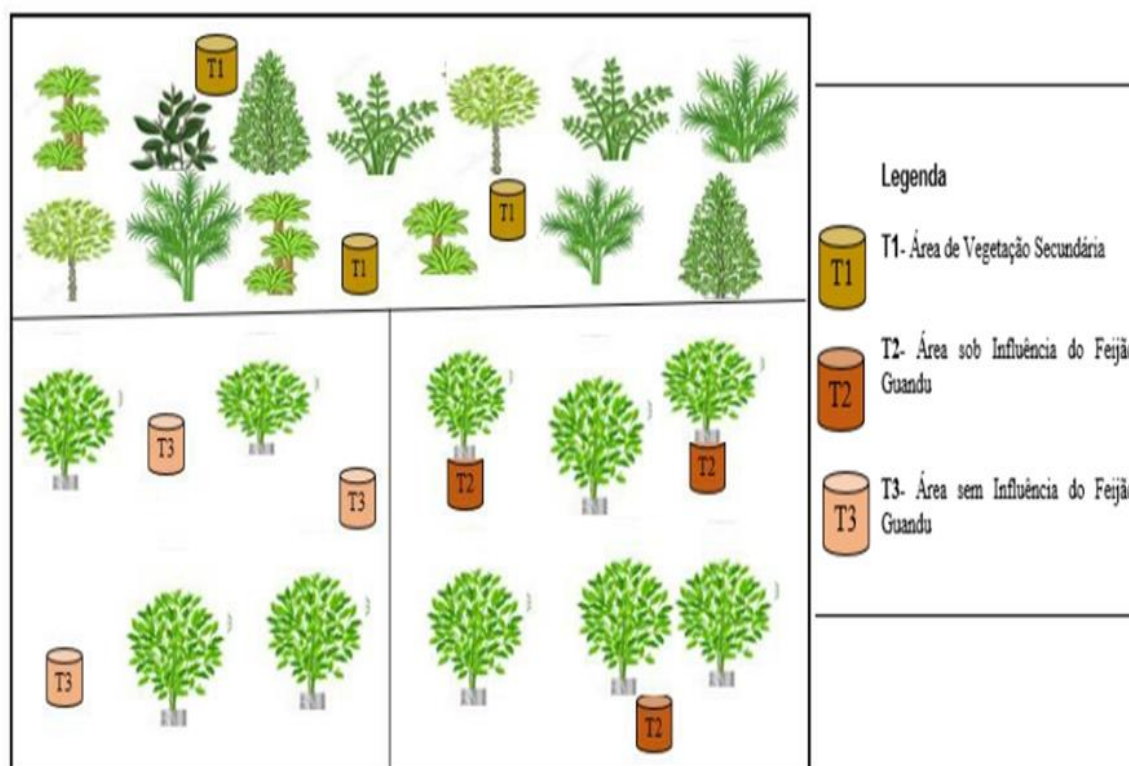
Em 2016, a área tornou-se um sistema agroflorestral (SAFs) local de experimento desenvolvido por meio do “Projeto Florestabilidade” através da parceria entre a Fundação Roberto Marinho e Universidade Federal do Pará (UFPA- Campus de Altamira), que subdividiu a unidade amostral em vegetação secundária e de raleio de espécies de pouco valor comercial, e implantando o sistema de roça sem queima, com a plantação de feijão guandu (*Cajanus cajan (L. Millsp)*) a lanço.

Atualmente o SAF é composto pelas culturas de banana (*Musa spp.*), açaí (*Euterpe oleracea*), cacau (*Theobroma cacao*), café (*coffea sp.*), mandioca (*Manihot esculenta*) e cupuaçu (*Thebroma grandiflorum*), além da presença de importantes espécies florestais como tata juba (*Maclura tinctoria*), jatobá (*Hymenaea courbaril*) e cedro (*Cedrela fissilis*).

4.3 COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas das amostras foram realizadas nos meses de fevereiro e outubro de 2018, aleatoriamente em forma de “zig-zag”, (Figura 2), aplicando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado.

FIGURA 2 - Croqui representativo da área de coleta.



FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

Foram coletadas doze (12) amostras deformadas¹ (compostas por três amostras simples), e seis (6) indeformadas² em cada coleta, sendo constituída por duas (2) repetições, conforme a metodologia proposta por Santos et al., (2015) (Figura 2).

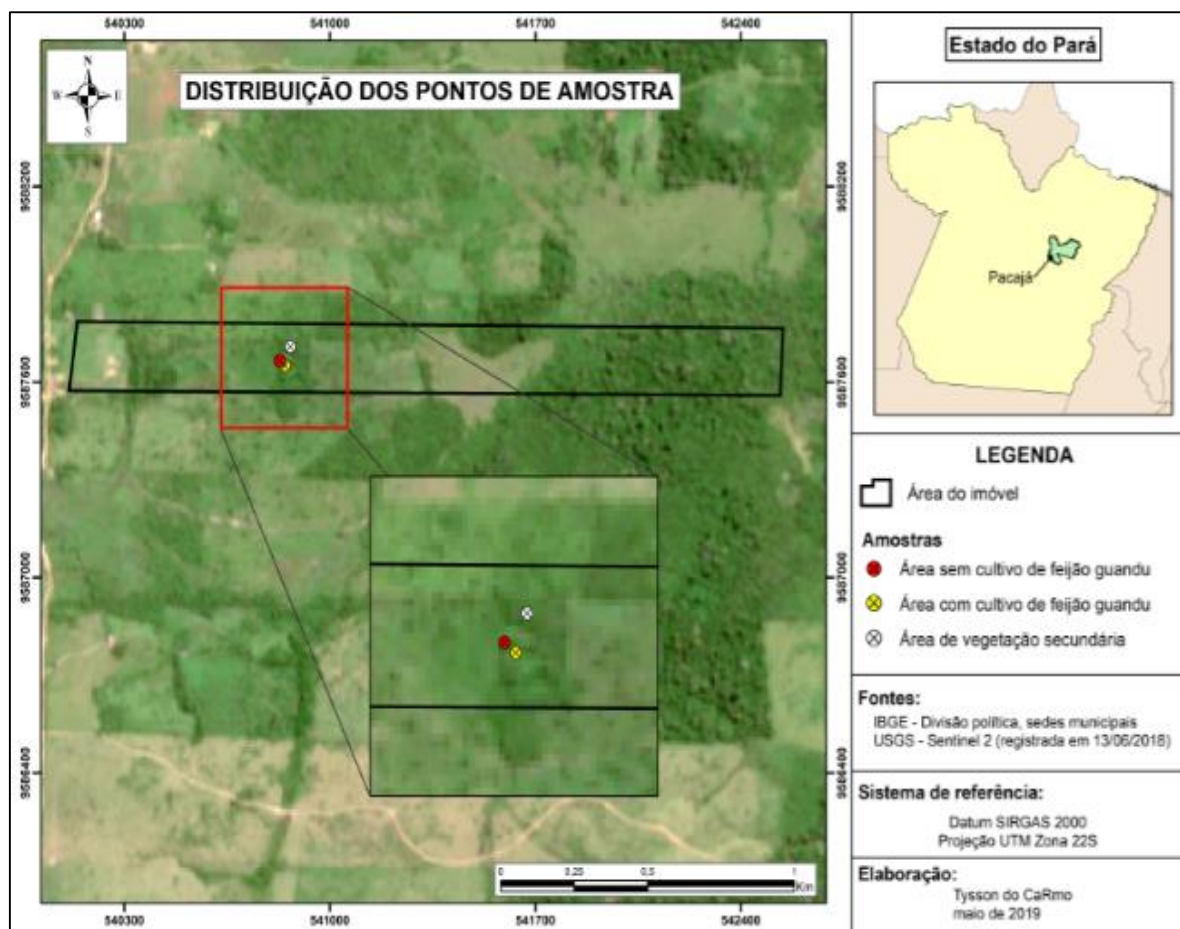
Para a coleta, a área total em estudo foi subdividida e nomeadas em 3 (três) tratamentos de acordo com as características observadas, sendo T1 (Tratamento1-Área de

¹Coleta-se amostras com a destruição ou modificação de suas características estruturais nas camadas.

²Retira-se amostras e acondiciona-as com menores alterações possíveis em sua estrutura.

Vegetação Secundária), T2 (Tratamento 2-Área Sob Influência da Copa do Feijão Guandu) e T3 (Tratamento 3-Área Sem Influência da Copa do Feijão Guandu), conforme apresentado na figura 3.

FIGURA 3 - Mapa de distribuição dos pontos de coleta das amostras na propriedade (Datum SIRGAS 2000).



FONTE: Carmo (2019).

4.4 ANÁLISE QUÍMICA

Para a análise química em ambos os períodos estudados, cada tratamento foi constituído por duas repetições por profundidade de amostras deformadas compostas, sendo quatro amostras por tratamento, sob as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm utilizando trado holandês, totalizando doze amostras. Após serem submetidas ao preparo de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), foram encaminhadas para análises dos teores de Matéria Orgânica (MO), Nitrogênio total (N), e pH de acordo com Embrapa (2017).

Posteriormente, foram encaminhadas para análises dos teores de Matéria Orgânica (MO) pelo método de Walkley-Black (EMBRAPA, 1979), Nitrogênio total através do

método de Kjeldahl e o pH (H₂O) em potenciômetro na relação solo: água de 1:2,5, conforme EMBRAPA (2017) para o Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental - FULLIN, localizado no município de Linhares, no Espírito Santo. O cálculo de Carbono orgânico do solo, considerou-se os valores da Matéria Orgânica, representando em média 56% do Corg, com fator de equivalência igual a 1,724, entre esses dois atributos. E relação C/N, conforme Gomes et al., (2001).

4.5 ANÁLISE FÍSICA

Para a determinação da densidade do solo (DS), foram utilizadas seis (6) amostras indeformadas na camada superficial do solo constituído de duas (2) repetições, as quais foram coletadas em anéis volumétricos com auxílio de trado Uhland, conforme a metodologia proposta por Santos et al., (2015). As mesmas foram encaminhadas ao laboratório de Solos da Universidade Federal do Pará, Campus de Altamira UFPA/CALT, para a realização da referida análise, utilizando-se a fórmula empregada por Embrapa (2017):

$$D_s = M/V$$

Em que:

D_s – densidade do solo, em g/cm³;

M – massa da amostra de solo seco a 105 °C até peso constante, em g;

V – Volume do cilindro, em cm³.

Para a determinação da análise granulométrica do solo tanto para o período chuvoso como seco, foram utilizadas amostras deformadas, submetidas ao método da pipeta, e aplicando-se a classificação textural utilizando o Triângulo de Classificação granulométrica, empregado por Embrapa (2017) e sobrepostos ao da Embrapa (2010). Esta análise também foi realizada no laboratório de Solos da Universidade Federal do Pará, Campus de Altamira – UFPA/CALT.

4.6 ANÁLISE BIOLÓGICA

4.6.1 Identificação e Quantificação das Colônias de Bactérias do Solo

As amostras de solo foram condicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em caixa térmica (isopor) contendo gelo a fim de possibilitar menor interferência na sanidade dos componentes biológicos, durante o traslado do campo

até o Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Pará, Campus de Altamira – UFPA/CALT.

Para a identificação foi realizado o isolamento de bactérias utilizando a técnica de diluição sucessiva proposta por Clark (1965), onde de cada amostra de solo peneirado foram pesados 10g e transferidos para recipientes de vidro (Erlenmeyer), esterilizados em autoclave, contendo 90 ml de água destilada esterilizada, e agitados, para a homogeneização, em agitador tipo Vortéx QL- 901 (2.800 rpm) por 15 minutos. De cada diluição 1 ml foi retirada e acrescentada em tubo de ensaio contendo 9 ml de solução salina (NaCl 0,9%) obtendo a diluição 10^{-1} , e repetindo-se esse processo até obter a diluição 10^{-3} .

No entanto, somente as diluições 10^{-2} e 10^{-3} foram utilizadas no tratamento, onde uma alíquota de 0,1 ml de cada uma delas foi transferida para o centro das placas de Pétri, contendo 20 ml do meio de cultura (Agar Mueller Hilton) que assim como todos os recipientes, também esterilizados, e espalhadas com o auxílio de uma alça de Drigalski sendo em triplicata, totalizando três repetições por tratamento.

As diluições totalizaram 27 placas de Pétri que foram inoculadas e incubadas invertidas em câmara tipo BOD a $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período médio de 48 horas. Para as colônias que se desenvolveram, foram feitas a contagem de UFC= Unidade Formadora de Colônia.

Fórmula:

$$\text{UFC} = (\text{n}^{\circ} \text{ de colônias}) \times 10^* \times (\text{diluição utilizada para contagem}).$$

10*: Fator de correção.

4.6.2 Coloração de Gram das Colônias de Bactérias

Após serem isoladas as colônias foram submetidas a esfregaços em lâminas para microscopia, que foram submetidos ao protocolo de coloração de Gram, utilizando soluções corantes (violeta genciana, lugol, descolorante e fucsina diluída) de acordo com a metodologia utilizada por Freitas & Picoli (2007). Onde os esfregaços nas lâminas foram avaliados utilizando microscópio óptico de campo claro, sob imersão para identificar a morfologia bem como a reação destes microrganismos submetidos ao método de Gram.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram tabulados em planilhas de Excel, as médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa Sisvar 6.2 (Statistical Analysis

Software), analisando por meio da ANOVA a comparação das médias aritméticas para as amostras dos atributos físicos e químicos do solo entre tratamentos, profundidades e períodos obtidos nas repetições. Os atributos biológicos compararam-se numericamente as médias em planilhas de Excel (2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE FÍSICA

A classificação granulométrica e textural do solo nos tratamentos e profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm para os períodos analisados, estão representados na tabela 2.

Tabela 2 - Classificação granulométrica e textural do solo para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, nos períodos chuvoso e seco.

Período	Profundidade	Classificação Granulométrica	Classificação Textural
		%	g/kg
Tratamento			
T1- Área de Vegetação Secundária			
Chuvoso	0 a 20	Franco Siltosa*	Média**
	20 a 40	Franco Siltosa*	Média**
Seco	0 a 20	Franco Siltosa*	Média**
	20 a 40	Franco Siltosa*	Média**
T2- Área Sob Influência do Feijão Guandu			
Chuvoso	0 a 20	Franco Siltosa*	Média**
	20 a 40	Franco Siltosa*	Média**
Seco	0 a 20	Franco Siltosa*	Média**
	20 a 40	Franco Siltosa*	Média**
T3- Área Sem Influência do Feijão Guandu			
Chuvoso	0 a 20	Franco Siltosa*	Média**
	20 a 40	Franco Siltosa*	Média**
Seco	0 a 20	Franco Siltosa*	Média**
	20 a 40	Franco Siltosa*	Média**

*Corresponde a classificação granulométrica do solo proposta pela Embrapa (2017); e ** refere-se à classificação textural utilizada pela Embrapa (2010).

FONTE: Próprio autor.

A classificação granulométrica Franco Siltosa ocorreu em ambos os períodos (seco e chuvoso) e respectivas profundidades estudadas, segundo a classificação proposta pela Embrapa (2017), e mostraram-se pertencentes a classe textural média, segundo o sistema de classificação da Embrapa (2010).

Este resultado pode ser explicado pelo fato de serem áreas com características similares, que evidência solos com maior quantidade de macroporosos que facilitam a infiltração de água, mineralização de nutrientes como matéria orgânica, carbono e nitrogênio, quando comparados a solos argilosos, e maiores teores de matéria orgânica quando comparados a solos arenosos, sendo uma classe intermediária, que pode ser menos susceptível a compactação em relação aos argilosos e possibilitar a maior retenção de água quanto aos arenosos.

A análise da densidade do solo (Ds) no período chuvoso apresentou valores médios de 1,36 g/cm³ para T1 (Trat. 1-Área de vegetação secundária), 1,46 g/cm³ em T2 (Trat. 2-Área sob influência da copa do feijão guandu) e 1,38 g/cm³ no T3 (Trat.3-Área sem influência da copa do feijão guandu). Já no período seco, os resultados obtidos foram em 1,30 g/cm³, 1,31 g/cm³ e 1,27 g/cm³, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores de Densidade do Solo (g/cm³) para os diferentes períodos de coleta.

Tratamento	Período Chuvoso	Período Seco
T1	1,36 aA	1,30 aB
T2	1,46 aA	1,31 aB
T3	1,38 aA	1,27 aB

Números seguidos pela mesma letra na coluna não possui diferença entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

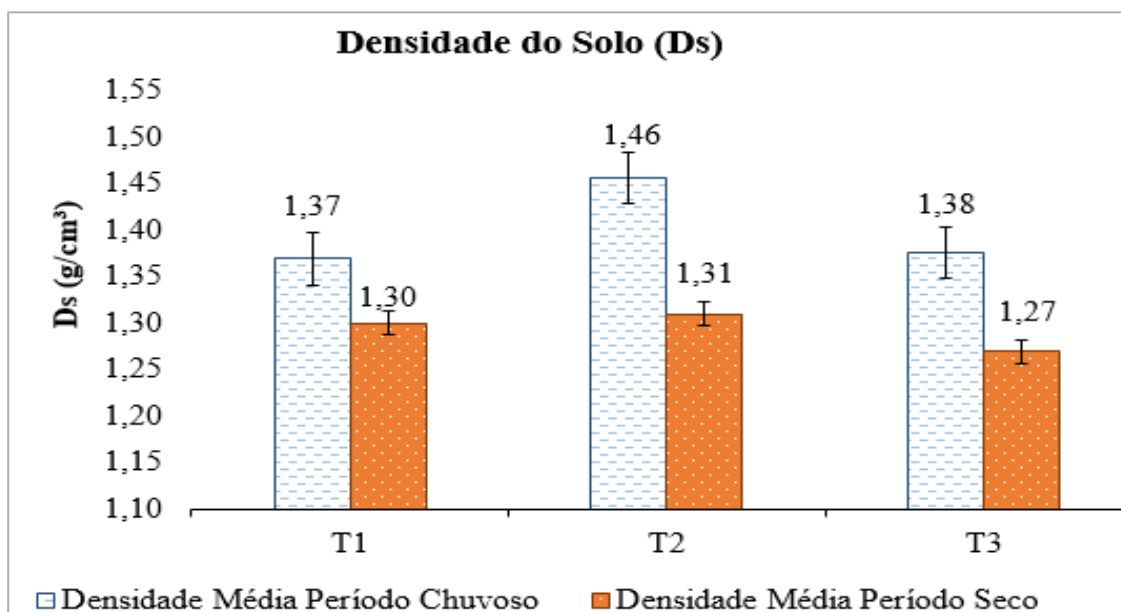
No período chuvoso, o menor valor para densidade foi apresentado na área T1, estando em pousio há aproximadamente sete anos, não sofrendo nenhuma ação antrópica, e o valor maior em T2, onde foi implantado o feijão guandu há aproximadamente dois anos do período de coleta, podendo não ser suficiente para a mineralização da matéria orgânica e desenvolvimento do sistema radicular.

Resultados opostos a estes foram obtidos por Alvarez et al., (2017), em pesquisas com plantas de cobertura do solo de inverno em solos da região do Pampa Argentino, aferiram que a Ds nos primeiros centímetros do solo foi moderadamente influenciada pelo uso de plantas de cobertura, em relação a área de pousio, após alguns períodos de avaliação. Já para o período seco, pode-se observar que esse menor valor foi obtido na área T3 de 1,27 g/cm³, e sendo praticamente os mesmos valores para T1 e T2, uma vez que essa última área recebeu atividades agrícolas, como roçagem e plantio de outras culturas.

Em comparação entre os períodos de coleta, nota-se uma redução no valor de densidade em ambos os tratamentos. Sendo observado pelo teste estatístico de Tukey a 5%

de probabilidade com diferença significativa entre os tratamentos para o período chuvoso, em relação ao período seco que foram semelhantes e apresentaram considerável redução numérica da compactação.

Figura 4 - Valores de Densidade Média do Solo (g/cm^3) para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão Guandu nos respectivos períodos.



FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

Vale destacar o melhor valor para esse parâmetro, no T2 de $1,46 \text{ g}/\text{cm}^3$ para $1,31 \text{ g}/\text{cm}^3$ (Figura 4), que demonstra uma melhoria na estrutura física do solo no presente estudo, entre períodos amostrados, mesmo que seja superior ao da área de vegetação secundária, inicialmente, no entanto o processo de descompactação é mais acelerado pela rápida mineralização do material orgânico. Herrada et al., (2017), afirmam que espécies da família *fabaceae*, como o feijão guandu apresentam alta capacidade de penetração de raízes em solos com alta densidade na descompactação do solo por meio da constituição de canais para o escoamento da água, incorporação de matéria orgânica e crescimento de raízes das culturas anuais sucessoras. Tais valores foram inferiores aos encontrados por Chieza et al., (2013), em que avaliou espécies de leguminosas de verão, obtendo $1,47 \text{ g}/\text{cm}^3$ e $1,44 \text{ g}/\text{cm}^3$ de Ds, em solos com condições semelhantes ao deste estudo.

A densidade encontrada para T2 no período chuvoso ($1,46 \text{ g}/\text{cm}^3$), se assemelha com a apresentada por Silva et al., (2017), numa área experimental no Município de Selvíria- MS, durante as safras de inverno, onde no cultivo do feijão guandu obtiveram $1,47 \text{ g}/\text{cm}^3$ e com mucuna-preta $1,46 \text{ g}/\text{cm}^3$. Segundo ele, estes resultados decorrem da

densidade de raízes das culturas utilizadas, e ao teor de MO, que provavelmente ainda não tivera o sistema radicular desenvolvido em profundidade como em área de vegetação, e conseqüentemente apresentou maior Ds.

De acordo com parâmetros propostos por Brady e Weil (2013), em que estabelece a densidade para solos com textura média para que não comprometa o desenvolvimento do sistema radicular das plantas em áreas com histórico de cultivo deve estar entre 0,9 e 1,5 g/cm³. Diante do pressuposto, os resultados do período chuvoso estavam próximos ao limite crítico neste parâmetro, principalmente para T2 1,46 g/cm³ e T3 1,38g/cm³, respectivamente.

Perante a segunda análise (período seco), tornou-se possível observar considerável redução dos valores e melhor desempenho para T2 com 1,31g/cm³, aproximado ao observado por Fontana et al., (2016), de 1,32 g/cm³ avaliando também solos com textura média sob cultivo de leguminosas na Bahia. Souza et al., (2018) também encontraram valor de densidade de 1,30 g/cm³ em estudo de área de regeneração natural, onde destacam esse resultado em razão do período em que esteve isolada, oito anos antes do estudo na área, no município de Brasil Novo, no estado do Pará. Ou seja, os resultados observados no presente estudo com apenas sete anos em repouso para área de vegetação secundária, e dois anos para área com leguminosas, torna-o com maior relevância para a recuperação da estrutura do solo em menor período de tempo, propendendo ao limite favorável as culturas, após o desenvolvimento do sistema radicular, promovendo o aumento dos espaços porosos, incorporação de material orgânico, mantendo o solo com menor temperatura e as atividades biológicas que interagem para manter a fertilidade, melhorando a infiltração de água e a retenção de umidade.

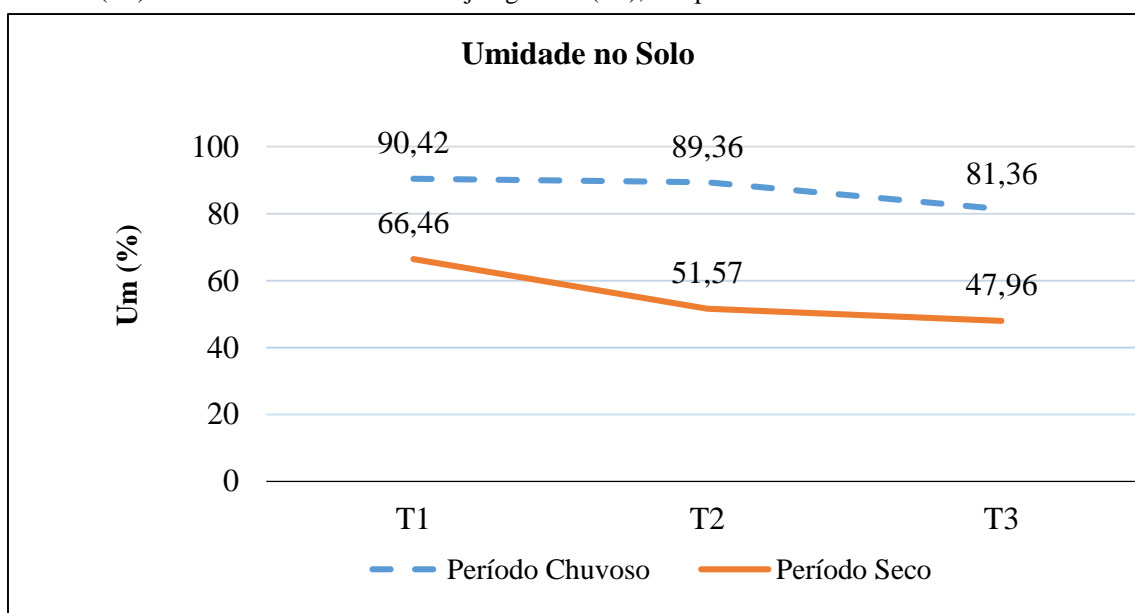
A umidade para o período chuvoso foi maior 90,42 % em T1, seguida de 89,36 % T2 e 81,36 % em T3. Sendo que as áreas T1 e T2 estava sob cobertura vegetal viva e com maior capacidade de sombreamento e redução da temperatura no solo. Demonstrando ainda, que a leguminosa também propicia a considerável manutenção da umidade do solo estando ela viva.

No período seco, T1 apresentou-se em maior destaque com 66,46 %, sob influência da vegetação secundária que possibilitou maior umidade devido reduzir a insolação, e T2 com 51,57 %, tendo em vista que houve o desbaste da cultura o que reduziu a capacidade de sombreamento e aumento da insolação, assim como em T3 47,96 % que além do

desbaste da vegetação, não havia leguminosas que pudessem melhorar essa umidade, assim como em T2 que sofreu a mesma intervenção.

Em seus estudos, Teodoro et al., (2011) atribuíram este resultado à maior capacidade de cobertura da vegetação em pé ou de serrapilheira, a deposição de folhas senescentes e redução de temperatura, o que aumenta a proteção contra a incidência direta dos raios solares, amenizando as temperaturas, diminui a amplitude térmica e possibilitando menor evapotranspiração e conseqüentemente a conservação da umidade do solo. Estes resultados assemelham-se aos observados por Ecolnews (2013), em que a umidade em florestas foi maior em relação aos demais experimentos, como representado na Figura 5.

Figura 5 - Umidade do solo para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), nos períodos chuvoso e seco.



FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

5.2 ANÁLISE QUÍMICA

5.2.1 pH do Solo

Os resultados obtidos a partir das análises químicas para pH do solo apresentaram variação de 4,1 a 4,5 no período chuvoso, sendo a acidez dos solos classificada como acidez elevada.

Resultados semelhantes foram observados por Machado et al., (2014), avaliando este elemento em área degradada, sob introdução de leguminosas em Uberlândia, Minas Gerais, em que variaram 0,3, estando entre 4,1 e 4,4. Estes valores indicam a ocorrência de um solo bastante ácido, prejudicial o desenvolvimento da vegetação.

Estudos realizados por Morinigo et al., (2017), apontam que menor valor do pH pode estar relacionado ao maior aporte de resíduos orgânicos, favorecendo a adição de C ao solo na forma de raízes e ácidos orgânicos, oriundos das espécies arbóreas. Ou seja, quanto maior o teor de carbono, maior tenderá ser a acidez do solo (MACHADO et al., 2014). O que explica os valores menores de pH nas camadas iniciais do solo e maiores nas mais profundas, onde se observou maior teor de Carbono Orgânico (Corg.) nas coletas de 0 a 20 cm e maior acidez do solo, enquanto que de 20 a 40 cm ocorreu a redução do Corg. e elevação do pH, apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Valores da análise do pH e Carbono Orgânico (Corg.) do solo na Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão Guandu (T3) nas profundidades e períodos estudados.

Prof.	pH e Corg (g/kg)											
	T1				T2				T3			
	C	pH	C	pH	C	pH	C	pH	C	pH	C	pH
	Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco	
0 a 20	14,6 aA	4,1 aB	3,7 aB	4,7 aA	9,1 aA	4,3 aB	3,5 aB	4,6 aA	8,6 aA	4,3 aB	4,3 aB	5,2 aA
20 a 40	16,1 aA	4,2 aB	2,6 aB	5,4 aA	11,2 aA	4,3 aB	3,3 aB	5,3 aA	9,8 aA	4,5 aB	2,6 aB	5,4 aA

Números seguidos pela mesma letra na linha no pH, não possui diferença entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras diferentes (Corg) na coluna, possui diferença entre si pelo teste F (0,05%) de probabilidade.

FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

Os dados apresentados demonstram diferença significativa para esse nutriente apenas a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey, no período seco, demonstrando tamanha melhora para os valores desse elemento, como representado na tabela 4.

As análises realizadas no período seco, apresentaram elevação nos teores do pH em todos os tratamentos e profundidades, onde na profundidade 0 a 20 cm o melhor resultado foi apresentado em T3 com 5,2, e na profundidade de 20 a 40 cm variaram de 5,3 a 5,4. Michelin et al., (2019) observou valor semelhante a estes com pH 5,2 em sistema de plantio direto com leguminosas de inverno. Resultados superiores no período seco também foram apresentados por Silva, (2011) em estudos realizados em SAF's jovens em Bragança-PA.

De acordo com valores da Embrapa (2009), essa melhora nos valores de pH nas camadas mais profundas (20 a 40 cm) retira-o do nível de acidez elevada ($\leq 5,0$) na época chuvosa e na estiagem alcança a acidez média (entre 5,1 e 6,0), satisfatório para a maioria das culturas. Mantovanelli et al., (2016), confirmam que as altas taxas de lixiviação, torna os solos amazônicos altamente intemperizados, caracterizando-se por apresentar acidez elevada (alta toxidez de alumínio) dificultando o desenvolvimento das culturas. No entanto, após a análise do período seco, torna-se possível afirmar resultados no sentido de alçar a fertilidade adequada para o cultivo, pela elevação dos valores de pH apresentados, através da maior mineralização de matéria orgânica, que reduz a acidez do solo, porque durante a decomposição dos resíduos, são produzidos ácidos orgânicos capazes de complexar os teores Al^{+3} presentes no solo, reduzindo desta forma o alumínio tóxico do solo (LIU; HUE, 1996).

5.2.2 Carbono Orgânico

Analisando os teores de Carbono Orgânico (Corg.) do solo observou-se que houve maiores valores para o período chuvoso, em todos os tratamentos para ambas as profundidades, principalmente em T1 na camada mais superficial (0 a 20 cm) com 14,6 e 16,1 g/kg de 20 a 40 cm. No período seco, na profundidade de 0 a 20 cm os teores de Corg. foram 3,7 g/kg, 3,5 g/kg e 4,3 g/kg, referentes aos tratamentos T1, T2 e T3, de 20 a 40 cm os valores foram inferiores para todos os tratamentos, representados na Tabela 4, estando em quantidade baixa (≤ 9 g/kg) e classificados em quantidade alta (≥ 14 g/kg), de acordo com referências de Tomé Jr. (1997). Observa-se maior acúmulo de C na camada superficial do solo, isso provavelmente está associado à acumulação sequencial de material orgânico na superfície, decomposição de raízes, em geral, mais abundantes na camada superficial do solo e em todas as profundidades da área T1 por se referir a área de floresta.

Ao analisarmos os valores citados (Tabela 4), nota-se que com o aumento do pH o teor de C foi reduzido, comprovado pelo teste estatístico, pois tamanha redução foi significativa pelo Teste de F a 0,05% de probabilidade no período chuvoso.

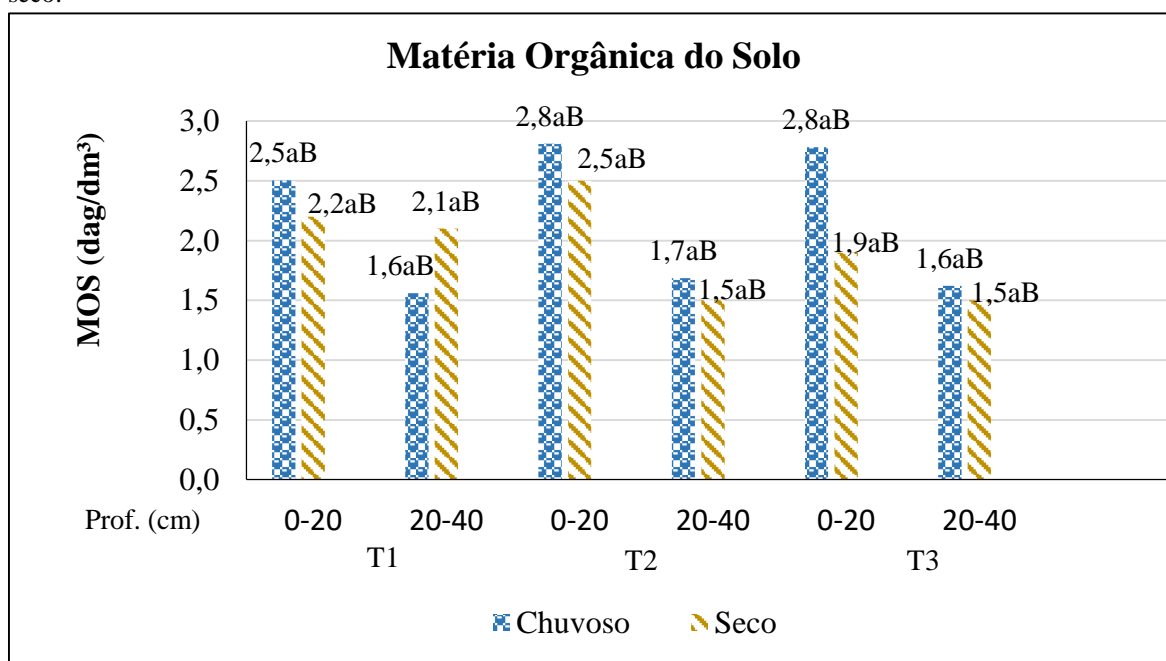
Em ambientes de floresta nativa de ecossistemas Amazônicos a maior parte do C encontra-se contida na biomassa da vegetação (ARAÚJO et al., 2011), o que causa um efeito negativo quando há conversão de ecossistemas naturais. Ou seja, a retirada da vegetação nativa, provoca a emissão desse elemento que esteja alocado no solo sob a vegetação. Ribeiro et al., (2019), verificou menores resultados em áreas de C em área de

SAFs (Sistema Agroflorestal) e justifica que menores estoques de C podem ser também atribuídos ao aumento no consumo do C prontamente disponível pela biomassa microbiana do solo e por meio de sua exportação pelas culturas, sendo que na área T2 deste estudo está sendo conduzido um SAFs jovem, que com o passar do tempo requer maior quantidade de nutrientes para o seu desenvolvimento e com isso reduziu os valores no período seco.

5.2.3 Matéria Orgânica no Solo

No período chuvoso, os valores para teores de Matéria Orgânica no Solo (MOS) nas profundidades de 0 a 20 cm foram para T1- 2,5 dag/dm³, T2- 2,8 dag/dm³ e T3- 2,8 dag/dm³, e de 20 a 40 cm 1,6 dag/dm³ para T1, 1,7 dag/dm³ em T2 e 1,6 dag/dm³ em T3, apresentados na figura 6.

Figura 6 - Teores de MOS nas profundidades de 0-20 e 20-40 em Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), nos períodos chuvoso e seco.



Números seguidos pela mesma letra nas colunas, não possui diferença entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

Observando os tratamentos em suas respectivas profundidades, para este período, T1 apresentou menor resultado com 2,5 dag/dm³, provavelmente por apresentar menor velocidade no processo de decomposição. Obteve-se valores iguais numericamente em T2 e T3 com 2,8 dag/dm³ sendo estes superiores a T1, demonstrando a alta mineralização observada em campo nas áreas sob manejo de raleamento, na camada inicial de 0-20 cm para T2. Costa et al., (2019), obtiveram menores resultados sob essa profundidade no

estudo realizado na área experimental da Universidade Federal de Alagoas, observando apenas 1,5 dag/dm³ em área de sistema agroflorestal com cultivo de leguminosas.

Pesquisas realizadas por COSTA et al., (2014), afirmam que essa diferença em relação aos demais tratamentos, possivelmente possa ser explicada pelo fato da menor relação C/N na profundidade de 0 a 20 cm, permitindo maior rapidez no processo de decomposição dos resíduos e incorporação ao solo promovida por leguminosas em simbiose com microrganismos, e para T3 se explica pelo sistema de raleamento da vegetação na área, assim adicionando maior quantidade de matéria orgânica nesta profundidade. Os resultados da área em estudo corroboram com o apresentado por Favaroto et al., (2015), em sistema de cultivo de plantas de cobertura incluindo leguminosas como fonte de matéria orgânica para o solo, onde apresentou 3,3 dag/dm³. Quando comparadas as áreas raleadas T2 e T3 nos períodos analisados, estas apresentam resultados similares na camada 0 a 20 cm com 2,8 dag/cm³ e 1,7 dag/cm³, 1,6 dag/cm³ de 20 a 40 cm para o período chuvoso, e 1,5 dag/cm³ no período seco.

Na profundidade de 20 a 40 cm, os valores em T1 e T2 foram iguais, ambos com 1,6 dag/dm³, sendo pouco maior para T2 com 1,7 dag/cm³. Esses resultados podem ser descritos em razão da redução dos teores de MO no aprofundamento do solo, após sofrer muitas intempéries, como ação das chuvas que lixiviam para outros horizontes, microrganismos na degradação, absorção pelas plantas, adventos que acarretam na diminuição dessa quantidade de nutrientes com o decorrer do tempo. Em relação do maior valor apresentado para T2, pode-se afirmar que ocorreu pela ação das raízes pivotantes profundas e adensadas que promovem a descompactação do solo e abrindo espaços para incorporação da matéria orgânica nessas profundidades.

No período seco, os valores para MOS tiveram pequena redução quando comparados ao período chuvoso, onde T2 permanece em maior ascendência com 2,5 dag/dm³ na profundidade 0 a 20 cm, seguido por T1 com 2,2 dag/dm³. Ambos os tratamentos tiveram redução do armazenamento de MOS, em proporções semelhantes, exceto para T3 com 1,9 dag/dm³ (Figura 6), possivelmente pelo aumento da temperatura que favorece a mineralização.

O valor de T2 tem como indicativos a deposição de cobertura vegetal após o corte raso das plantas leguminosas no final do período chuvoso para promover a cobertura morta ao solo a fim de evitar a insolação e perda de umidade, sendo considerada atividade importante na sustentabilidade dos sistemas agrícolas para a otimização dos recursos

ambientais (ALMEIDA et al., 2015; PLAZABONILLA et al., 2015). E relacionando este resultado com os apresentados para DS na figura 5, testifica-se a importância da incorporação de matéria orgânica no solo, desempenhada neste tratamento para a redução da DS.

A MOS apresentada na profundidade de 20 a 40 cm, demonstra diminuição semelhante para T2 e T3 de 1,5 em ambos, apresentado maior mineralização da matéria orgânica após o período de coleta chuvoso e elevação da temperatura com a retirada da vegetação verde, faltando sistemas radiculares que atuem com microrganismos na fixação de nutrientes ao solo. Estes resultados corroboram com os obtidos por Silva (2011), onde descreve que independente do período de coleta, valores encontrados de matéria orgânica decresceram significativamente com a profundidade. Contrário ao apresentado em T1 com teores de 2,1 dag/dm³, aumentando consideravelmente o resultado entre os períodos, o que sustenta Dernadin et al., (2014) que a manutenção da cobertura vegetal em áreas de floresta garante um maior aporte de resíduos tanto na camada superficial e subsuperficial do solo, sendo que essa área mantém a cobertura total e maior período em pousio. De acordo com Khorramemdel et al., (2013) em sistemas agrícolas, o manejo adotado exerce influência nos estoques de MOS, podendo diminuir, manter ou aumentar esses estoques em relação à vegetação nativa, como observado neste estudo.

Para as profundidades iniciais, Ferreira (2018) obteve valores inferiores a este estudo avaliando solo sob cobertura morta de mucuna-preta e área de vegetação espontânea com 1,7 dag/dm³ e 1,5 dag/dm³, avaliando nas profundidades superiores observou valores menores para área de vegetação com 1,1 dag/dm³ e maiores para cobertura morta com mucuna-preta com 2,3 dag/dm³.

Após a dessecação das plantas utilizadas na adubação verde, em área de estudo, o alto teor de matéria orgânica apresenta maior atividade biológica com complexas redes tróficas o que contribui para boa fertilidade do sistema agrícola (CALEGARI, 2014). Em solos de regiões tropicais, que apresentem altos índices de intemperização a presença de matéria orgânica, torna-se de grande importância para a disponibilidade de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das culturas, além de melhorar a relação catiônica e formação de agregados no solo, disponibilidade de água, melhorar os espaços porosos e atividade biológica na estrutura do solo (RAMOS et al., 2018).

Os teores de MOS não estão em níveis satisfatórios conforme os valores de referência da Embrapa (2009) e Tomé Jr. (1997), em T1 e T3 na profundidade de 20 a 40

cm no período chuvoso, com 1,6 dag/dm³, e sob essa mesma profundidade para o período seco em T2 e T3 apresentando 1,5 dag/dm³, valores estes no intervalo de baixo e muito baixo. No entanto, os tratamentos 1, 2 e 3 na profundidade de 0 a 20 cm, apresentaram nos dois períodos estudados resultados satisfatórios, presentes entre os níveis médios referenciados (1,6 a 3,0 dag/dm³).

5.2.4 Nitrogênio

Os resultados para teores de Nitrogênio (N), indicam o aumento entre períodos para este nutriente em todos os tratamentos e profundidades estudados.

Os valores apresentados em T2 com 1,8 g/kg, mostrou-se superior aos demais tratamentos na profundidade de 0 a 20 cm, no período chuvoso. No período seco, apresentou-se superior a T1 e T3 nas diferentes profundidades estudadas, com 16,5 g/kg e 11,5 g/kg de 0 a 20 e 20 a 40 cm (Tabela 5). Isso porque espécies leguminosas possuem mecanismos simbiótico nas associações com bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN), atrelada a rápida mineralização da matéria orgânica, representa uma importante fonte de nitrogênio para a agricultura e para os ecossistemas naturais. Junior et al., (2017) estudando áreas de manejo, no município de Paragominas-PA, observaram em sistema de plantio direto de leguminosas valores superiores a este estudo no período chuvoso com 2,18 g/kg sob mesma profundidade.

Tabela 5 - Teores de Nitrogênio (N) no solo para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), nos períodos chuvoso e seco.

Prof.	Teor de Nitrogênio (g/kg)					
	T1		T2		T3	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
0 a 20	1,3 aB	8,9 aA	1,8 aB	16,5 aA	1,7 aB	8,5 aA
20 a 40	2,1 aB	8,3 aA	1,6 aB	11,5 aA	1,4 aB	6,3 aA

Números seguidos pela mesma letra na linha não possui diferença entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

Na profundidade 20 a 40 cm, T2 também apresentou melhor resultado para esse nutriente passando de 1,6 para 11,5 g/kg, onde justifica-se esse advento tanto pela capacidade da espécie em relacionar a mineralização de material orgânico sobre o solo, a sua estrutura vegetal que armazena teores de N e quando ocorre o desbaste das plantas, como realizado na área, ocorre a decomposição da cobertura morta disponibilizando ao solo

quantidades de nutrientes que melhoram a fertilidade. Possibilitando ambiente propício ao desenvolvimento das culturas sucessoras ou que integram o sistema de cultivo em ambas as profundidades estudadas. Dados estes que corroboram e superam aos obtidos por Zhang et al., (2016), que em estudos observaram os efeitos dos sistemas de preparo do solo conservacionista (Plantio Direto) e outro convencional a longo prazo, que as práticas conservacionistas sem queima, a longo prazo aumentaram significativamente os teores de Nitrogênio e suas frações no solo, especialmente nas camadas superiores do solo.

Em estudos, Chagas et al., (2017), em área de cultivo encontraram valores superiores aos obtidos neste estudo sob a camada superficial para comparação ao período chuvoso 2,82 g/kg e 6,04 g/kg na camada mais profunda quando comparados os períodos de análise, sendo inferiores aos resultados observados neste estudo para o período seco. Matos et al., (2016) observaram uma redução de 1,5 g/kg nos valores de nitrogênio em área de Sistema Agroflorestal (SAF), após três anos de cultivo em área de SAF obtendo 4,0 g/kg. Este autor afirma que as mudanças nos resultados se devem as mudanças climáticas, temperatura e redução de resíduos que promovem a incorporação do nutriente ao solo.

Os demais tratamentos avaliados nesta pesquisa, difere-se quanto ao teor de N. Tal fato justifica-se pela ausência da influência do feijão guandu, pois as espécies não leguminosas possuem menor potencial de disponibilizar esse nutriente, pelo fato de menor relação com microrganismos que atuam no processo de fixação biológica de nitrogênio, e relação carbono e nitrogênio mais elevado, retardando a liberação desse nutriente ao solo.

Justificado por Souza et al., (2017) que descrevem as leguminosas com características peculiares, principalmente em relação à quantidade de massa produzida, ao teor e ao acúmulo de N fixado biologicamente e à taxa de decomposição, que sofrem grande influência das interações edafoclimáticas locais e também do manejo adotado pelo agricultor. Como o cultivo e corte de plantas em plena floração, com ou sem incorporação da fitomassa, promove o aumento, preservação e/ou restauração da fertilidade do solo e da produtividade das culturas (Brito et al., 2017).

Desta forma, torna-se possível a afirmação de desempenho promissor do sistema estudado, sendo comprovado significativamente pelo teste estatístico de Tukey a 5% de probabilidade tamanha influência ao observar no período seco após maior período de mineralização da MOS. Tomé Jr. (1997), descreve que por ser o N um elemento químico variável dependendo da região, tipos de solos e principalmente da vegetação, não há um valor agrônômico para sua classificação.

5.2.5 Relação Carbono e Nitrogênio

Diante dos resultados obtidos para a relação Carbono e Nitrogênio (C/N), percebe-se que no período chuvoso T1 mostrou maior valor para a profundidade 0 a 20 cm de 12,1:1 e o menor para T2 com teor de relação C/N 5. Esse resultado se inverte na profundidade 20 a 40 cm, onde a relação C/N foi superior em T2 com relação C/N 10:1. Resultados estes que comprovam a eficiência do sistema radicular do feijão guandu nas camadas mais profundas em estudo, em associação aos microrganismos que favorecem a relação entre os valores de C e N obtidos. Os valores para de T1 e T2 apresentaram-se similares para o período seco com 0,4:1 de relação C/N, nas duas profundidades, por serem áreas sem influência de leguminosas que reduzem esse valor, e T2 pelo maior aporte de N, como apresentados na tabela 6.

Tabela 6 - Teores de Carbono Orgânico (Corg) em relação aos teores de Nitrogênio (N) e relação C/N, no solo para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), nos períodos chuvoso e seco.

Prof.	T1		T2		T3	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
Corg. (g/kg)						
0 a 20	14,6 aA	3,7 aB	9,1 aA	3,5 aB	8,6 aA	4,3 aB
20 a 40	16,1 aA	2,6 aB	11,2 aA	3,3 aB	9,8 aA	2,6 aB
Nitrogênio (g/kg)						
0 a 20	1,3 aB	8,9 aA	1,8 aB	16,5 aA	1,7 aB	8,5 aA
20 a 40	2,1 aB	8,3 aA	1,6 aB	11,5 aA	1,4 aB	6,3 aA
Relação C/N						
0 a 20	12,1 aA	0,4 bB	5 aA	0,3 bB	6,6 aA	0,4 aB
20 a 40	4,3 aA	0,4 bB	10 aA	0,2 bB	6,9 aA	0,4 aB

Números seguidos pela mesma letra na linha para relação C/N não possui diferença entre si pelo Teste F a 0,05% de probabilidade.

FONTE: Próprio autor.

Ao analisar os mesmos tratamentos no período seco, a área T2 apresenta menores valores de C/N em todas as profundidades, o que representa maior mineralização da MOS e maior disponibilidade de N, sob influência do feijão guandu entre os períodos estudados. Estatisticamente esse resultado se observa com diferença significativa pelo Teste F a 0,05% de probabilidade quando se analisou cada tratamento separadamente e suas respectivas profundidades e períodos analisados. Oertel et al., (2016) explica que esses resultados se devem a umidade e a temperatura do solo que estão relacionadas diretamente aos processos

tanto para produção quanto ao transporte de CO₂ do interior do solo para a atmosfera. Pois a temperatura do solo associada com o conteúdo de água, são fatores importantes no processo de emissão de CO₂ do solo no tempo e espaço. E quando há o aumento da temperatura, as reações de decomposição da matéria orgânica são aceleradas e aumentam a taxa respiratória dos microrganismos e das raízes, processo que também pode ser atribuído a granulometria do solo, que apresenta espaços porosos maiores que facilitam no fluxo de CO₂ (SILVA-OLAYA et al., 2013), e consequente maior disponibilidade de N.

Essa redução na relação C/N também foi vista por Ribeiro et al., (2019) em área cultivada com planta leguminosa. O que segundo ele, espécies leguminosas podem favorecer a simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (N₂) e produção de resíduos culturais ricos em nitrogênio, contribuindo para diminuição da relação C/N. E nesta área, principalmente na camada de 20 a 40 cm pela ação das raízes em simbiose com microrganismos. Souza & Guimarães (2013), observaram valores superiores a estes em área de cultivo de leguminosa com C/N 13,4.

5.3 ANÁLISE BIOLÓGICA

5.3.1 Identificação e Quantificação das Colônias de Bactérias do Solo

O número de colônias e de unidades formadoras de colônias bacterianas (UFC) isoladas no estudo para o período seco. Pode-se observar maior número de UFC na diluição 10⁻² área T2 com 0,743 UFC, sendo uma área que apresenta diversidade de espécies agrícolas e florestais que tem propiciado maior desenvolvimento de microrganismos no solo. Os quais possuem papel indispensável na mineralização de toda a matéria orgânica complexa, bem como a inorgânica, sendo importantes decompositores de restos de plantas e animais e compostos resistentes no solo (CAVALCANTE et al., 2017). Esse resultado se reflete ao observar que houve maior mineralização de nutrientes, elevação dos valores de pH e de N, redução do teor de C e a redução da relação C/N, neste tratamento.

Esses menores valores obtidos neste estudo, também podem ser relacionados as condições de temperatura entre processo de coleta, inoculação e de armazenamento. Pois após serem coletadas as amostras de solo foram acondicionadas em caixa de isopor com gelo, e ficando nessas condições durante dois dias, o que poderá ter implicado nos menores números de UFC neste estudo.

De acordo com Scriban (1988), o processo de crescimento de microrganismos do solo são dependestes da temperatura. Observação esta, feita por Vieira & Nahas (2000),

quando as amostras foram condicionadas a temperatura menor que 30 °C o desenvolvimento das colônias de bactérias, não evoluíram nas sequencias de diluições em área de solo sob cultivo agrícola após ser cultivada com leguminosas.

A comparação de resultados de análises de quantificação de UFC em área de cultivo de leguminosas apresentados na tabela 7, a abundância e diversidade de microrganismos do solo em condições tropicais de terras secas, e mais especificamente, em solo rizosférico, ainda são escassas. Representando certa dificuldade de comparação dos resultados obtidos e dados disponíveis na literatura, afirmado por Martins et al., (2014). Esses mesmos autores, em seus estudos na Chapada da Ibiapaba, no noroeste do Estado do Ceará em análise de solos rizosféricos cultivados com leguminosas obtiveram resultados superiores aos obtidos na área de estudo, com 3,7 UFC.

Tabela 7 - Unidade formadora de colônias (UFC) no solo para Área de Vegetação Secundária (T1), Área Sob Influência do Feijão Guandu (T2) e Área Sem Influência do Feijão guandu (T3), no período seco.

Tratamento	Diluição	Colônia Total	Média	UFC Total
T1	10 ⁻¹	0	0	0
	10 ⁻²	222	74	0,740
	10 ⁻³	19	6,33	0,006
T2	10 ⁻¹	0	0	0
	10 ⁻²	223	74,33	0,743
	10 ⁻³	14	4,67	0,005
T3	10 ⁻¹	0	0	0
	10 ⁻²	166	55,33	0,553
	10 ⁻³	12	4	0,004

FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

Os resultados obtidos neste estudo variaram entre as diluições, sendo maior o número de UFC nas diluições 10⁻², para principalmente na área T2, esta, sob influência do feijão guandu que apresenta maior relação simbiótica com microrganismos no solo. E também pela maior quantidade de MOS mineralizada pela ação mutua de decomposição entre leguminosas e microrganismos.

Os menores valores de UFC nas diluições 10⁻³, pode ser explicado em função da redução capacidade das bactérias em desenvolverem-se nas diluições sucessivas, após período considerado grande de sua retirada das condições ambientais naturais do solo antes de serem inoculadas aos meios de cultura para posteriormente serem mensuradas.

5.3.2 Coloração de Gram das Colônias de Bactérias

A coloração de gram apresentou microrganismos Gram-positivos (actinobactérias), por não descolorir as paredes celulares ao serem adicionadas solução descolorante atuando como decompositores e são encontrados mais frequentemente em solos secos (BRITO et al., 2015), solos com baixo teor de umidade, onde participam do processo de decomposição da matéria orgânica, do ciclo de nutrientes e no fluxo de energia (SHANMUGAPRIYA et al., 2012;). E assim como os rizóbios, também participam na fixação de nitrogênio, promovem a produção de húmus, produzem hormônios, necessários para o crescimento vegetal, antibióticos, que protegem, algumas doenças em plantas (SADEGHI et al., 2012; PALANIYANDI et al., 2013). O que evidencia através destes resultados a presença de microrganismos atuantes na melhoria da fertilidade do solo e na disponibilidade de nutrientes as culturas.

5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística empregada neste estudo buscou analisar pelo teste de Tukey (5%), as relações entre os tratamentos, profundidades por tratamentos e entre períodos para todos os parâmetros químicos e físicos do solo, representados nas tabelas 8, 9 e 10.

Os atributos biológicos, avaliados de forma comparativa numericamente os valores médios, utilizando o software Excel, onde verificou-se para os tratamentos T1 e T2 superiores a T3 na diluição 10^{-2} , assim como na diluição 10^{-3} que pode ser explicado pela maior cobertura vegetal e maior teor de MOS.

Tabela 8 - Valores do quadro ANOVA com as fontes de variação, graus de liberdade (GL), os valores do quadrado médio e os respectivos significância de (pH); matéria orgânica (MO); nitrogênio (N); carbono orgânico (Corg.); relação carbono/nitrogênio (CN); densidade do solo no período chuvoso (DsC) e densidade do solo no período seco (DsS) em função das profundidades 0 a 20 e 20 a 40 cm nos tratamentos estudados.

VARIAÇÃO	GL	pH	MO	N	C	C/N	DsC	DsS
TRATAMENTO	2	0,49**	0,27ns	24,97*	3,36ns	1,16ns	0,006*	0,0009ns
PROFUNDIDADE	3	1,40**	0,25ns	146,6*	134,9ns	104,3ns		
ERRO	18						3	3
CV%		4,28	25,58	36,99	32,61	60,05	3,02	3,76

significativo a 1 %; *significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo (Teste F). Coeficiente de variação (CV%). **FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

Analisando os valores estatísticos obtidos, nota-se que a densidade do solo (DS) apresentou-se com resultados significativos estatisticamente entre os tratamentos observados para o período chuvoso (DsC) em probabilidade de 5%, sendo o valor de $F_{cal} > F_{tab}$, rejeitando-se H_0 , e aceitando a H_1 , havendo variação entre as médias neste período pelo menos em uma das áreas estudadas. Contrário ao observado no período seco (DsS), em que não houve diferença significativa, não ocorrendo nenhuma alteração estatística entre os períodos avaliados, ao que julgam, Guareschi et al., (2012) ser necessário longos prazos de cultivo de leguminosas para obtenção de resultados por interferência na densidade do solo.

Os valores de pH apresentaram-se diferentes estatisticamente a probabilidade de 1% tanto entre tratamentos, quanto para profundidades, ou seja, houve variação próxima de 1% para pelo menos um dos tratamentos e também por profundidades, obtendo baixo CV (%). Assim como para os valores de Nitrogênio que apresentaram variações significativas a 5%, para os tratamentos e profundidades, sendo $F_{cal} > F_{tab}$, representando mudanças entre períodos e profundidades para os teores desse elemento.

Para MO, Corg e relação C/N, os dados não apresentaram diferença significativa pelo Teste F. Este último apresentou, pouca correlação entre os períodos e profundidades, uma vez que decresceu seus valores de forma analisando entre períodos, caracterizado pelo alto CV (60,05%) podendo ser atribuído ao pequeno período de análise. Onde segundo Gomes (2009), em se tratando de CV em experimentos agrícolas, o método de classificação coeficientes de variação baixos são tidos com valores inferiores a 10%, médios entre valores de 10% a 20%, altos entre 20% a 30% e muito altos acima de 30%.

As variáveis analisadas em relação as médias dos elementos químicos em função das profundidades e períodos avaliados não se obteve diferença para MO nestes parâmetros aplicando-se ao Teste de Tukey, considerando a probabilidade de 5%, ocorrendo apenas numericamente, com aumento dos valores na camada de 0 a 20 cm.

A variável pH, mostrou-se diferente entre períodos e profundidades, apresentando melhores médias no período seco, indicando melhor fertilidade em consequência da redução da acidez do solo. Resultado também observado para os valores de N, onde elevou-se os valores, o que demonstra maior disponibilidade desse nutriente no solo para as culturas, principalmente em T2.

Tabela 9 - Médias de pH, matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), carbono orgânico (Corg.) e relação carbono e nitrogênio (C/N) em função da profundidade e períodos chuvoso (PC) e Seco (PS).

VARIÁVEIS	-----PC-----		-----PS-----	
	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40
pH	4,2 bB	4,3 bB	5,05 aA	5,11 aA
MO	1,9 aB	2,0 aB	2,2 aB	1,6 aB
N	1,5 bB	1,6 bB	11,2 aA	8,7 aA
Corg	11,4 aA	11,6 aA	3,7 bB	2,9 bB
C/N	7,9 aA	7,2 aA	0,35 bB	0,35 bB

Números seguidos pela mesma letra na linha, não possui diferença entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidades.

FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

Já para as variáveis Corg e relação C/N, os resultados diferiram apenas entre períodos, onde no período seco observa-se menores valores, o que favorece os valores acrescidos de pH e N. Diante das médias apresentadas pela relação C/N no segundo período de análise, estes valores têm demonstrado a baixa permanência de material orgânico no solo por causa da rápida mineralização, disponibilizando os maiores valores de N e pouca presença de MO e também de Corg, observados na tabela 9.

Observando os valores médios para todas as variáveis estudadas, ilustrados na tabela 10, o pH mostrou-se semelhante para T1 nos períodos avaliados, e diferiu-se em T2 e T3 pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, que assemelham entre si, variações estas ocasionadas pela redução dos valores de Corg, durante o processo experimental.

Tabela 10 - Valores médios dos parâmetros (pH); matéria orgânica (MO); nitrogênio (N); carbono (Corg); relação carbono/nitrogênio (C/N); densidade do período chuvoso (DsC) e densidade do período seco (DsS) dos tratamentos.

TRATAMENTO	pH	MO	N	Corg	C/N	DsC	DsS
T1	4,4 bB	2,1 bB	5,1 aA	7,7 bB	4,3 bB	1,3 bB	1,3 bB
T2	4,7 aA	2,0 bB	7,8 A	7,9 bB	4,0 bB	1,4 bB	1,3 bB
T3	4,8 aA	1,7 bB	4,5 aB	6,7 bB	3,6 bB	1,3 bB	1,3 bB

probabilidade.

FONTE: Elaborado pelo próprio autor.

A MO não diferiu-se estatisticamente entre os tratamentos, apresentando pequena variação numérica. O N apresentou-se diferente entre T1 e T2 a 5% de probabilidade pelo teste aplicado, no entanto, semelhante ao T3. Os valores de Corg foram semelhantes em todos os tratamentos, não havendo diferenças estatísticas, do mesmo modo que os valores da relação C/N e das densidades em seus respectivos períodos amostrais que variaram em valores numéricos.

Os resultados apresentaram-se não significativos estatisticamente, para a maioria das variáveis, haja vista que a área estudada, ainda se encontra em fase inicial de recuperação. Logo, são poucos os atributos alterados estatisticamente sob a influência da cultura leguminosa. A MO como elemento que levou *in loco* a busca por essa pesquisa, ao apresentar-se em menor quantidade visualmente na superfície sob influência da copa da leguminosa, não apresentou resultados estatísticos que afirmem tal observação, uma vez que a classe textural (média) do solo analisado, propicia a perda desse nutriente facilmente por ação de agentes bióticos e geralmente ser presente em menor quantidade em solos com tal classificação se comparados a solos argilosos.

6. CONCLUSÃO

O feijão guandu sob influência da sua copa, demonstrou resultados numericamente relevantes para a maioria dos parâmetros analisados, sendo estes, Densidade do Solo (DS), Matéria Orgânica no Solo (MOS), relação Carbono e Nitrogênio (C/N) e biológica, em aproximadamente dez meses de estudo, e estatisticamente destacou-se nos resultados de Nitrogênio. Deste modo, ressaltando que o cultivo de plantas com interesse na adubação verde (leguminosas) permite melhorias na fertilidade e na estrutura física do solo, reduzindo custos para o produtor pela não aplicação de insumos químicos, através da ação biológica, seja em médio ou longo prazo.

No entanto, para se aferir resultados estatísticos que venham validar os benefícios da implantação desta cultura para todos os atributos analisados, torna-se necessário o monitoramento da área por períodos maiores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HUBNER, A. P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 95-102, 2007. DOI: 10.1590/S0100-204X2007000100013.

AKER, A. M.; PASSOS, A. M. A.; MARCOLAN, A. L.; SANTOS, F. C.; CIPRIANI, H. N.; VARGAS, L. A. Plantas de cobertura sobre atributos agronômicos da cultura do milho na região Sudoeste da Amazônia. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**. Goiânia-GO, v.15, n. 3, p. 532-543, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18512/19806477/rbms.v15n3p531-542>>. Acesso em dez. 2018.

ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; FILHO, G. M.; REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande- PB. v. 17, n. 7, p. 721-726, 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013000700005. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000700005>>. Acesso em dez. 2018.

ALMEIDA, D. J., et al. **Irrigação de salvação e cobertura do solo no rendimento de gravioleira ‘morada’ em safras consecutivas**. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v. 20, n. 1, p. 11-16, 2015.

ALMEIDA, R. F.; MACHADO, H. A.; MARTINS, F. P.; QUEIROZ, I. D. S.; TEIXEIRA, W. G.; MIKHAEL, J. E. R.; BORGES, E. N. Correlação do tamanho e distribuição dos agregados em Latossolos Amarelo da região do triângulo mineiro em diferentes ambientes. **Bioscience Journal**. Uberlândia- MG, v. 40, n. 5, p. 1425-1444, 2014.

ALVAREZ, R.; STEINBACH, HAYDEE.S.; PAEPE, J. L. Cover crop effects on soils and subsequent crops in the pampas: A meta-analysis. **Soil & Tillage Research**, v. 170, pg. 53-65. jul. 2017. DOI: 10.1016/j.still.2017.03.005

AMBROSANO, E. J. et al. Produtividade cana-de-açúcar em ciclos agrícolas consecutivos após pré-cultivo de espécies adubos verdes. **Revista Agrícola**. Piracicaba, v. 89, n. 3, p. 232-251, dez. 2014.

AMSAVENI, R.; SURESHKUMAR, M.; VIVEKANANDHAN, G.; BHUVANESHWARI, V.; KALAISELVI, M. Screening and isolation of pigment producing Actinomycetes from soil samples. **International Journal of Biosciences and Nanosciences**, v. 2 n. 2 p. 24-28, 2015.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; OLIVEIRA, E. K. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma amazônico. **Acta Amazônica**, v. 41, n. 1, p. 103–114, 2011.

ARAÚJO, É. O.; MARTINS, M. R.; VITORINO, A. C.T.; MARCANTE, F. M.; Effect of nitrogen fertilization associated of diazotrophic bacteria inoculation. **African Journal Of Microbiology Research (África)**, v.9, n.9, p. 644-650, 2015.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; MARTINS, S. C.; GROppo, J. D.; SALGADO, P. R.; EVANGELISTA, B.; VASCONCELLOS, E.; SANO, E. E.; PAVÃO, E.; LUNA, R.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. **Biogeosciences**, v. 10, p. 6141- 6160, 2014.

BAHRY, C. A.; VENSKE, E.; NARDINO, M; FIN, S. S.; ZIMMER, P. D; SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**. João Pessoa- PB, v. 7, n. 2, p. 9- 14, jun. 2014.

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; AGUIAR, R. A.; MESQUITA, G. M. Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins braquiária e mombaça, em condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, p. 370- 377, 2010.

BORGES, W. L.; FARIA, S. M. Diversidade de rizóbios em áreas revegetadas após a mineração de bauxita. Resumo expandido. **FERTIBIO**. A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola. Maceió- AL. 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/945457/1/AP2012Diversidaderizo_biosareasrevegetadas.pdf>. Acesso em dez. 2018.

BRADY, N. C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013, 686p.

BRAGA, G. N. M. **Conhecer o N total na Determinação da relação C/N do solo**. Na sala com Gismonti: Assuntos sobre agronomia. Abr. 2015. Disponível em: <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2015/04/conhecer-o-n-total-na-derminacao-da.html>. Acessado em: 10 nov. 2019.

BRASIL NETO, A. B.; SANTOS, C. R. C.; NORONHA, N. C.; GAMA, M. A. P.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, A. R.; GUIMARÃES, I. V. P.; SOUZA P. Í. A. Matéria orgânica e atributos físico-hídricos de um latossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Agroecossistemas**. v.10, n.2, p.147 –164, 2018. ISSN online 2418-0188. DOI: 10.18542/ragros.

BRITO, F. A. E.; RAMOS, K. A.; SILVA, R. M.; MARTINS, S. C. S. Actinobacterias do solo rizosférico no bioma Caatinga. **Enciclopé Biosfera**, v. 11, n 21, pg 1992- 2004, 2014.

BRITO, M.F.; TSUJIGUSHI, B.P.; ROCHA, D.P. & S.; R. F. Reciclagem de nutrientes de adubos verdes e produtividade de milho cultivado em sucessão em agroecossistema de transição agroecológica. **Acta Iguazu**, vol. 6, n. 3, p. 11-21, 2017.

BRITO, F. A. E.; RAMOS, K. A.; SILVA, R. M.; MARTINS, C. M.; MARTINS, S. C. S. Actinobactérias do solo rizosférico no bioma Caatinga. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1992-2004, 2015.

CALEGARI, A.; WUTKE, E. B.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, v1, pg. 507, 2014.

CAMPOS, M.C.C.; SOARES, M.D.R.; NASCIMENTO, M.F.; SILVA, D.M.P. Estoque de carbono no solo e agregados em Cambissolo sob diferentes manejos no sul do Amazonas. **Revista Ambiente & Água**. v.11, n.2, 2016. DOI: 10.4136/ambi-água.1819.

CARMO, T. S. **Mapa de localização da Fazenda Sempre Verde**. DATUM. SIRGAS 2000. Projeção UTM, ZONA 22S. Maio, 2019.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D. **Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de Cerrado**. Bragantia, pg. 455-462, 2008.

CASTELLANI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, V. 44, p.495 – 406, 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782014005000004.

CAVALCANTE, F. G.; SOUSA, J. B.; BERTINI, C. H. C. M.; MARTINS, S. C. S.; MARTINS, C. M. **Tolerância à salinidade e uso de fontes de carbono de estirpes de rizóbios oriundas de Pentecoste-CE**. **Enciclopédia Biosfera**. v. 11, n. 21, p. 2384-2397, 2015.

CAVALCANTE, K. L.; DEON, M. D.; SILVA, H. K. P. Acidez e matéria orgânica de solo irrigado com efluente de estações de tratamento de esgoto de Petrolina-PE. **Revista Semiárido de Visu**, v.4, n.3, p.181-189, 2016. ISSN 2237-1966

CHAGAS, L. F. B.; NEWTON, P. S.; FALCÃO, F. J.; PADILHA, D. M.; OLIVEIRA, R. S.; GUIMAÃES, R. S.; CAMPOS, D. V. B.; WALVWERDE, E. M.; PAULO, H.Z.; FERREIRA, R.S. Avaliação do Impacto do Cultivo de Citros sobre os Estoques de Carbono e Nitrogênio das Frações Leves da Matéria Orgânica de Solos Antrópicos (Terras Pretas de Índio) e Solos Adjacentes (Latosolos) da Amazônia Central. **Revista Virtual de Química**. ISSN 1984-6835. v9, nº 5. set./out. 2017. Disponível em: <DOI: 10.21577/1984-6835.20170123>. Acesso em dez. 2018.

CHERUBIN, M. R.; EITELWEIN, M. T.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S. W.; SILVA, R. F.; SILVA, V.R.; BASSO, C.J. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 49, p. 615-625, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbc20140462.

CHENU, C.; ANGERS, A. D.; BARRÉ, P.; DERRIEN, D.; AROUAYS, D.; BALESSENT, J. Increasing organic stocks in agricultural soils: Knowledge gaps and potential innovations. **Soil And Tillage Research**, pg.1-12, maio 2018. Disponível em : <<https://doi.org/10.1016/j.still.2018.04.011>> Acesso em dez. 2018.

CHIEZA, E.D.; LOVATO, T. ; ARAÚJO, E. S.;TONIN, J. Propriedades físicas do solo em área sob milho em monocultivo ou consorciado com leguminosas de verão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.37, nº 5, pg. 1393-1401, 2013.

CLARK, F.E. Aerobic spore-forming bacteria. In: BLACK, C.A. (Ed). Methods of soil analysis. **Madison, American Society of Agronomy**, v.2, cap. 101, p. 1473, 1965.

CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; SANTOS, D. C. Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono de um Argissolo submetido a sistemas conservacionistas de manejo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 794-800, 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782014005000004.

CORRÊA, A. L.; ABOUD, A. C. S.; GUERRA, J. G. M.; DE AGUIAR, L. A.; RIBEIRO, R. L. D. Green manure by intercropping crotalaria with baby corn before kale under organic management. **Revista Ceres**. Viçosa- MG, v. 61, n. 6, p. 956, 2014.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; CAVASANO, F. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Produtividade da soja sobre palhada de forrageiras semeadas em diferentes épocas e alterações químicas no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10. p. 8-16, 2015. ISSN:1981-1160. DOI:10.5039/agraria.

COSTA, J. A. A.; AMADO, T. J. C.; SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**. v. 44, p. 801-809, 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782014005000002.

COSTA, L. C.; ROCHA, A. M. S.; SILVA, P. J. M.; MARTINS, D. D.; SANTOS, C. G.; SANTOS, V. R. Produção de biomassa por leguminosas em diferentes épocas de semeadura na região Agreste de Alagoas. **Revista Ambientale**. Revista da Universidade Estadual de Alagoas/UNEAL. v.11, nº 1, Jan/Abr., 2019.

COUTO, W.H.; ANJOS, L.H.C.; WADT, P.G.S.; PEREIRA, M.G. Atributos edáficos e resistência à penetração em áreas de sistemas agroflorestais no sudoeste amazônico. **Ciência Florestal**, v.26, p.811-823, 2016.

DADALTO, J. P.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; DE MATOS, A. DAMASCENO, L. A. Crescimento e períodos de decomposição de plantas de cobertura e seus efeitos sobre a supressão de plantas infestantes no Amazonas. **Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas**, Manaus-AM. p.55, 2013.

DADALTO, J. P.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; DE MATOS, A.T. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, v. 45, n. 4, p. 506-514, 2015. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n3p506-513/2015.

DALSGAARD T., THAMDRUP B. & CANFIELD D.E. Anaerobic ammonium oxidation (anammox) in the marine environment. **Research in Microbiology**, 156, 457-464, 2005.

DERNADIN, R. B. N.; MATIAS, J. L.; WILDNER, L. P.; NESI, C. N.; SORDI, A.; KOLLING, D. F.; BUSNELLO, J. F.; CERUTTI, T. **Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais**. Chapecó- SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.1, p. 59-69, 2014.

DUVAL, M. E.; GALANTINI, J. A.; CAPURRO, J. E. & MARTINEZ, J. M. Winter cover crops in soybean monoculture: Effects on soil organic carbon and its fractions. **Soil and Tillage Research**, v.161, p.95-105, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2016.04.006>>. Acesso em dez. 2018.

ECOLNEWS. **A floresta e a infiltração da água**. Disponível em: <<http://www.ecolnews.com.br/água/infiltração11.htm>>. Acesso em: 26 out. 2019.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análises de Solo. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Rio de Janeiro, RJ. 1979.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. Ed. **Revista Ampliada**. Brasília, DF, p. 627, 2009.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análises de Solo**. Centro Nacional de Pesquisas do Solo- 2 (Ed). **Revista atual**. Rio de Janeiro, RJ- EMBRAPA, p. 212, 2010.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de solos - 5 (Ed). **Revista Ampliada**. Embrapa. Brasília- DF. 2017.

EMBRAPA - Embrapa Meio Ambiente - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária. Microrganismos Endofíticos. **Jornal do Endofítico**. 2018. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/endofiticos/rev_ocorrencia.htm>. Acessado em: 10, nov. 2019.

ESPOSITO-POLESI, N. P. Microrganismos endofíticos e a cultura de tecidos vegetais: quebrando paradigmas. **R. bras. Bioci**, Porto Alegre- RS. v. 9, n. 4, p. 544-541, out./dez. 2011.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. Growth and mineral nutrition of field crops. **Boca Raton: CRC Press**, 2011.

FAGUNDES, E. A. A.; SILVA, T. J. A.; BONFIM-SILVA, E. M. Desenvolvimento inicial de variedades de cana-de-açúcar em Latossolo submetidas a níveis de compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p. 188–194, 2014. ISSN: 1807-1929. DOI: 10.1590/S1415-43662014000200009.

FAVARETO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, C. M.; GUARCÇONI, R. C. Atributos químicos do solo com diferentes plantas de cobertura em sistema de plantio direto orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.5, n.2, p.19-28, Dez, 2015.

FENTAHUN, M.; AKHTAR, M. S.; MULETA, D.; LEMESSA, F. Isolation and characterization of nitrogen deficit Rhizobium isolates and their effect on growth of haricot bean. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 46, p. 5942-5952, 2013. DOI: 10.5897/AJAR2012.6690.

FERREIRA, R.R. Plantas de Cobertura na Produção e Produtividade de Milho em Sistema de Plantio Direto no Acre. III Encontro Paulista de Ciências do Solo. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA- Acre)**. 2018.

FERREIRA, T.S.; Moreira, C.Z.; Cária, N. Z.; Victoriano, G.; SILVA Jr, W.F.; Magalhães, J.C. Phytotherapy: an introduction to its history, use and application. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu- SP. v.16, n.2, p. 290-298, Apr/June, 2014. ISSN 1516-0572. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722014000200019>.

FILHO, O. F. L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil. Fundamentos e Prática. Embrapa. Brasília, DF. pg. 507. 2014.

FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.; BALIEIRO, F. C.; MOURA, T. P. A.; MENEZES, A. R.; SANTANA, C. I. Características e atributos de Latossolos sob diferentes usos na região Oeste do Estado da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. vol.51 no.9 Brasília set. 2016. On-line ISSN 1678-392. DOI: 10.1590/s0100-204x2016000900044.

FLORENTINO, L.A.; REZENDE, A.V.; MIRANDA, C.C.B.; MESQUITA, A.C.; MANTOVANI, J.R. & BIANCHINI, H.C. Solubilização de potássio da rocha fonolito por bactérias diazotróficas. **Revista Comunicata Scientiae**. v. 8, n. 1, p. 17-23, 2017.

FREITAS VR & PICOLI SU. A coloração de Gram e as variações na sua execução. **NewsLab**. (ed.) 82, p.124-128, 2007.

FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agrônômica**, (Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará). Fortaleza- CE. v. 44, n. 4, p. 417-428, Jul/Set, 2012. ISSN 1806-6690. DOI: 10.1590/S1806-66902012000300002.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **UNIMAR CIÊNCIAS**, Marília- SP, v. 26, n.1-2, p. 08-25, 2017. ISSN 1415-1642.

FUENTES, J.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K. Climate change effects on organic carbon storage in agricultural soils of northeastern Spain. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 155, p. 87-94, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.001>.

GODOY, R.; SANTOS, P. M. Cajanus cajan. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. Plantas forrageiras. **Editora UFV**, Viçosa- MG, p. 294-309, 2011.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 15 ed. Piracicaba: FEALQ. Pg. 451. 2009.

GOMES, T. C. A.; SILVA, J. A. M.; SILVA, M. S. L. Preparo de Composto Orgânico na Pequena Propriedade Rural. **EMBRAPA- Instruções Técnicas do Semi- Árido**, nº53, Petrolina- PE. dez. 2001. ISSN 1415-5095.

GUERREIRO, M. G.; VEGA, J. M.; LOSADA, M. The assimilatory nitrate-reducing system and its regulation. **Annual Review of Plant Physiology**, Genamics Journal Seek, v. 32, pg. 169-204, 1981.

GUARESCHI, R.F.; PERIM, P. A.; GERVASIO, M. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado Goiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. ed(3) v.36: pg. 909-920, 2012. DOI 10.1590/S0100-06832012000300021

GUIMARÃES, C. V., ASSIS, R. L., SIMON, G. A., PIRES, F. R., FERREIRA, R. L., & SANTOS, D. C. Desempenho de cultivares e híbridos de milho em solo submetido a compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.11, p. 1188- 1194, 2014. ISSN 1807-1929. DOI: 10.1590/S1415-43662013001100009.

GUNINA, A. & KUZUYAKOV, Y. Pathways of litter C by formation of aggregates and SOM density fractions: Implications from ¹⁴C natural abundance. **Soil Biology & Biochemistry**. v.71, jan., p.95-104, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.01.011>

GRANADA, C. E.; STROCHEIN, M.; VARGAS, L. K.; BRUXEL, M.; DE SÁ, E. L. S.; PASSAGLIA, L. M. P. Genetic diversity and symbiotic compatibility among rhizobial strains and *Desmodium intanum* and *Lotus* spp. plants. **Genetics and Molecular Biology**, v. 37, n. 2, p. 396-405, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S141547572014000300012>>. Acessado em: 10, nov. 2019. DOI: 10.1590/S1415-47572014000300012.

GRAÇAS, J. P. RIBEIRO, C., COELHO, F. A. A., CARVALHO, M. E. A., CASTRO, P. R. de C. e., Microrganismos estimulantes na agricultura, Universidade de São Paulo, **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Série Produtor Rural**, nº 59, Piracicaba, 2015.

HARDEN, J. W.; SANDERMAN, J. & HUGELIUS, G. Soils and the Carbon Cycle. In: **International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology**. p.14,2017.Disponível em:<https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0722>. Acessado em: 10, nov. 2019.

HERRADA, M. R., LEANDRO, W. M., & FERREIRA, E. P. B. Leguminosas isoladas e consorciadas com milho em diferentes sistemas de manejo do solo no feijão orgânico. **Terra Latinoamericana**, v.35, n. 4, p. 293-299, 2017. ISSN 2395-8030.

HUNGRIA, M.; KASCHUK, G. Regulation of N₂ fixation and NO₃⁻/NH₄⁺ assimilation in nodulated and N-fertilized *Phaseolus vulgaris* L. exposed to high temperature stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 98, p. 32-39, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.10.010>>.

IYER, B.; RAJKUMAR, S. Host specificity and plant growth promotion by bacteria endophytes. Current Research In **Microbiology and Biotechnology**, v. 5 n. 2, p. 1018-1030, 2017.

JUNIOR, R. C. O.; CARVALHO, E. J. M.; MACHADO, W. F.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, D. R. Estoques de carbono e nitrogênio sob diferentes sistemas de uso e manejo de um latossolo amarelo no município de Paragominas. Congresso de Ciência e Tecnologia da Amazônia (Santarém, PA). **Caderno de resumos expandidos do Salão de Pesquisa e Iniciação Científica do CEULS ULBRA Santarém: Políticas públicas e pesquisa na Amazônia**. ISSN 1808-3072. n.17, 2017.

JURBURG, SD & SALLES, JF. Functional redundancy and ecosystem function - The soil microbiota as a case study. **Biodiversity in ecosystems - linking structure and function**. Rijeka: Intech, p. 29- 49, 2015. DOI: 10.5772/58981.

KLEIN, V. A. Física do solo. **Ed. Universidade de Passo Fundo**. 3º edição, 2014.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHKEKI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. **Soil & Tillage Research**, v.144, p. 25-41, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.04.008>. Acessado em: 10, nov. 2019.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHKEKI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. **Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems**. *Soil & Tillage Research*, v.133, p.25-31, 2013.

LIMA, A. C. R.; BRUSSAARD, L.; TOTOLA, M. R.; HOOGMOEDD, W. B.; GOEDE, R. G. M. A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 64, p. 194–200, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.12.009>. Acessado em: 10, nov. 2019.

LIMA, C. E. P.; FONTENELLE, M. R.; MADEIRA, N. R.; SILVA, J.; GUEDES, Í. M. R.; SILVA, L. R. B.; SOARES, D. C. Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 378-387, 2016.

LIMA, R. P. de; DE LEÓN, M. J.; SILVA, A. R. da. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. **Revista Ceres**. Viçosa- MG. v. 60, n.4, p. 577-581, 2014. DOI: 10.1590/S0034-737X2013000400018.

LINHARES, J.M.S.; BASTOS, W.R.; JUNIOR, R.F.S.; OLIVEIRA, L.C.S. Variabilidade de atributos físicoquímicos e dos estoques de carbono orgânico em Argissolo Vermelho sob sistemas agrofloretais no Assentamento Umari Sul do Amazonas. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.10, n.1, 2016. ISSN 1678-7226 (online), DOI: 10.18227/1678-7226.

LISBOA, A. C.; LIMA, F. R. D.; REIS, R. H. C.; SILVA C. A.; MARQUES, J. J. J. Taxa de mineralização do nitrogênio de resíduos orgânicos. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.27, n.2, p.441-455, 2018. ISSN 2446-8355.

LIU, J.; HUE, N.V. Ameliorating subsoil acidity by surface application of calcium fulvates derived from common organic materials. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.21, n.4, p.264-270, 1996.

MACHADO, L. V.; RANGEL, O. J. P.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, R. V.; FERRARI, J. L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science, Lavras**, v. 9, n. 3, p. 289-299, 2014.

MAIA, C. E. Qualidade ambiental em solo com diferentes ciclos de cultivo do meloeiro irrigado. **Ciência Rural**, v. 44, p. 604-609, 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782013000400007.

MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola - Adubos e Adubação. **Ed. Agronômica Ceres**. 1981.

MANTOVANELLI, B. C.; CAMPOS, M. C. C.; ALHO, L. C.; FRANCISCON, U.; NASCIMENTO, M. F.; SANTOS, L. A. C. Distribuição espacial dos componentes da acidez do solo em área de campo natural na região de Humaitá, Amazonas. *Revista de Ciências Agroambientais*, v. 14, n. 1, p. 01-09, 2016.

MARTINS, C. M.; PINHEIRO, M. S.; FIÚZA, LM.C. G., OLIVEIRA, A. V.; MARTINS, S. C. S. Comunidade microbiana cultivável do solo rizosférico de leguminosas no semiárido brasileiro. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 2014

MATOS, E. S.; ANTÔNIO, D. B. A.; RODRIGUES, R. A. R. Estoques de carbono e nitrogênio no solo em área de SAF e Floresta Nativa. X Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais (SAF: aprendizados, desafios e perspectivas), 24 a 28 de outubro. **EMBRAPA. UFMT**. Cuiabá, MT. 2016.

MICHELON, C. J.; JUNGES, E.; CASALI, C. A.; PELEGRINI, J. B. R.; NETO, L. R.; OLIVEIRA, Z. B.; OLIVEIRA, M. B. Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Universidade do Estado de Santa Catarina. UDESC, v18, ed. 2, Lages, SC, 2019. Disponível em: DOI: 10.5965/223811711812019230. 10, nov. 2019.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Guia de Estudos – Manejo do Solo em Sistemas Agroecológico de Produção. **UFLA, CEAD**. Lavras- MG, p. 15- 44; p.116-118, 2015.

MOREIRA, F. M. de S., SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2ed. **Atual. e ampl. – LAVRAS: Editora UFLA**. pg. 729, 2006.

MORINIGO, K. P. G.; GUIMARÃES, N. F.; STOLF, R.; SAIS, A. C.; SOUZA, M. D. B.; GALLO, A. S.; FONTANETTI, A. Efeitos da distribuição de árvores sobre atributos do solo em cafeeiro sombreado. **Coffee Science, Lavras**, v. 12, n. 4, p. 517 - 525, out. /dez. 2017.

MOHANRAJ, D.; BHARATHI, S.; RADHAKRISHNAN, M.; BALAGURUNATHAN, R. Bioprospecting of actinobacteria from Yelagiri hills with special reference to antibacterial activity. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v. 3, p.439-446, 2011.

MUS, F.; CROOK, M. B.; GARCIA, K.; COSTAS, A. G.; GEDDES, B. A. Symbiotic nitrogen fixation and the challenges to its extension to nonlegumes. **Applied and**

Environmental Microbiology, v. 82, n. 13, p. 3698-3710, 2016. DOI: 10.1128/AEM.01055-16.

NERES, M.A.; CASTAGNARA, D. D.; SILVA, F. B.; OLIVEIRA, P. S. R.; MESQUITA, E. E.; BERNARDI, T. C.; GUARIANTI, A. J.; VOGT, A. S. L. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão guandu cv. Super. N, em cultivo singular ou em associação. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 862-869, 2012. DOI: 10.1590/S0103-84782012000500017.

NOGUEIRA, L. R.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; GAIA-GOMES, J.; SILVA, E. M. R. Biological Properties and Organic Matter Dynamics of Soil in Pasture and Natural Regeneration Areas in the Atlantic Forest Biome. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p, 01-14, 2016. DOI: 10.1590/18069657rbcS20150366.

OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C.C.; FREITAS, L.; SOARES, M. D. R. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **ACTA AMAZÔNICA**, v. 45, p. 1 – 12, 2015. DOI: 10.1590/1809-4392201400555. p.95-104,2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.01.011>>. Acesso em dez. 2018.

OERTEL, C.; MATSCHULLA, J.; ZURBAA, K.; ZIMMERMANN, F.; ERASMI, S. Greenhouse gas emissions from soils-A review. **Chemie der Erde-Geochemistry, Muenchen**, v. 76, n. 3, p. 327-352, 2016. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1016/j.chemer.2016.04.002>>. Acesso em dez. 2018.

PALANIYANDI, S. A.; YANG, S. H.; ZHANG, L.; SUH, J. W. Effects of actinobacteria on plant disease suppression and growth promotion. **Applied Microbiology Biotechnology**, v. 97, p. 9621-9636, 2013.

PAULA, P. D.; CAMPELLO, E. F. C.; GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A.; RESENDE, A. S. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas gliricídia sepium e acácia angustissima um sistema agroflorestral. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 791-800, 2015.

PEZARICO, C.R.; VITORINO, A.C.T.; MERCANTE, F.M.; DANIEL O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestrais. **Revista de Ciências Agrárias** 2013; 56(1): 40-47. Disponível em: [http:// dx.doi.org/10.4322/rca.2013.004](http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.004). Acesso em dez. 2018.

PINHEIRO, M. S.; SOUSA, J. B.; BERTINI, C. H. C. M.; MARTINS, S. C. S.; MARTINS, C. M. Isolamento e seleção de estirpes de rizóbios nativas do semiárido tolerantes a estresses ambientais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2071-2082, 2014.

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, G. P.; MORAES, L. L.; RUDOVALHO, M. C.; BÔER, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, v. 55. p. 2, 2015. ISSN 0034-737X.

PLAZA-BONILLA, D., et al. **Cover crops mitigate nitrate leaching in cropping systems including grain legumes: Field evidence and model simulations.** *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 212, p. 1-12, 2015.

PYWELL, R.F.; HEARD, M.S.; WOODCOCK, B.A.; HINSLEY, S.; RIDDING, L.; NOWAKOUSKI, M.; BULLOCK, J.M. Wildlifefriendly farming increases crop yield:

evidence for ecological intensification. **Proceedings of the Royal Society Biological Science**, London, v. 282, p. 1-8, 2015.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Embrapa Monitoramento por Satélite**. Campinas, SP. pg. 26, 2010.

RAMOS, D. D.; FRANCO, L.T.S.; AJALLA, A. C. A.; SANTOS, D. G. B.; SANTOS, F. A. Decomposição em Diferentes Espécies de Leguminosas (Fabaceae). **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – V. 13, N. 2, Dez. 2018.

RAO, D. L. N. Recent advances in biological nitrogen fixation in agricultural systems. **Proceedings of the Indian National Science Academy**. Calcutá, v. 80, n. 2, p. 459-478, 2014. DOI: 10.16943/ptinsa/2014/v80i2/55114.

REDIN, M., GIACOMINI, S. J., FERREIRA, P. A. A., & ECKHARDT, D. P. Plantas de Cobertura de Solo e Agricultura Sustentável: Espécies, Matéria Seca e Ciclagem de Carbono e Nitrogênio. Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. UFRGS – Porto Alegre, RS, pg. 187, 2016.

RIBEIRO, J. M.; FRAZÃO, L. A.; CARDOSO, P. H.S.; OLIVEIRA, A.L.G.; SAMPAIO, R. A.; FERNANDES, L. A. Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no Cerrado Mineiro. **Revista Ciência Florestal**. vol.29, nº.2 Santa Maria abr./jun. 2019. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.5902/1980509825310>>. Acesso em dez. 2019.

ROCHA, O. C.; RAMOS, M.L.G.; VEIGA, A. D.; GUERRA, A. F.; BARTHOLO, G. F.; RODRIGUES, G. C.; SILVA, J. E. Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under coffee intercropped with brachiaria in the Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.9, p.1476-1484, 2016. DOI: 10.1590/s0100-204x2016000900046.

RODRIGUES, A. A.; FORZANI, M. V.; SOARES, R. S.; SIBOV, S. T.; VIEIRA, J. D. G. Isolation and selection of plant growth- promoting bacteria associated with sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia- GO, v. 46, n. 2, p.149-158, 2016. DOI: 10.1590/1983- 40632016v4639526.

ROSA, R.; SANO, E. E. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. **Soc. & Nat.**, Uberlândia- MG, v.26, n.2. p. 444-451, mai/ago, 2014. DOI: 10.1590/1982-451320140210.

ROSOLEM, C. A.; LI, Y. & GARCIA, R. A. Soil carbon as affected by cover crops under no- till under tropical climate. **Soil Use and Management**, v. 32, n. 4, p. 495- 503, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/sum.12309>>. Acesso em dez. 2018.

SADEGHI, A.; KARIMI, E.; DAHAZI, P. A.; JAVID, M. G.; DALVAND, Y.; ASKARI, H. Plant growth promoting activity of an auxin and siderophore producing isolate **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015 2979 of *Streptomyces* under saline soil condition. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 4, p. 1503-1509, 2012.

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**. v. 44, p.495 – 406, 2014. DOI: 10.1590/S0044-59672013000400001.

SANTOS, G. F.; GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; SCHIMAILZ, C. R.; WEILER, D. A.; LONGHI, R.; REDIN, M.; SILVA, S. D. A. Mineralização do carbono de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo e de dejetos líquidos de bovinos em plantio direto de mamona. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA DO SOLO, 7. 2008, Londrina. Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: resumos. Londrina: Embrapa Soja: SBCS: Iapar: UEL, p. 210. 2008.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. P. C. Argissolos Vermelhos. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica. EMBRAPA**. Brasília- DF, 2014.

SANTOS, S. M. C.; ANTONANGELO, J. A.; DEUS, A. C. F.; FERNANDES, D. M. Perdas de amônia por volatilização em resposta a adubação nitrogenada do feijoeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia- MS, v. 4, n. 1, p. 16–20, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.32404/rean.v3i1.545>.

SARDÁ, L. G. Efeito do uso de aditivos químicos no processo de compostagem de dejetos suínos. **Tese (Doutorado em Engenharia Química) Universidade Federal de Santa Catarina**. Florianópolis. p.142. 2016.

SCHARLEMANN, J.P.W.; TANNER, E. VJ.; HIEDERER, R. & KAPOS, V. Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. **Carbon Managment**. v.5, p.81–91, 2014. Disponível em: DOI: 10.4155/cmt.1377

SEMMA-SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Plano Municipal de Meio Ambiente**. Pacajá- PA, mar,2017. Disponível em:<http://pacaja.pa.gov.br/portal-datransparencia/estrutura-organizacional/secretaria-municipal-de-meio-ambiente/>. Acesso em: jan. 2019

SILVA-OLAYA, A. M.; CERRI, C. E. P.; LA SCALA, N.; DIAS, C. T. S.; CERRI, C. C. Carbon dioxide emissions under different soil tillage systems in mechanically harvested sugarcane. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 8, n. 1, p. 1–8, 2013.

SILVA, M. H. M.; FRANTZ, R. M. G.; SANTOS, E.F. O.; JÚNIOR, A. V. F.; ARTNER, K. A. R.; SOARES, E. R.; NOGUEIRA, A. E. Qualidade estrutural do solo em função do manejo em sistema integrado de produção agropecuária. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 1, p. 99-114, 2018. ISSN online 2418-0188.

SILVA, P. S.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, L. C. D. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. UFRPE, Recife, PE, v.12, n.1, p.60-67, 2017. Disponível em: www.agraria.ufrpe.br. DOI:10.5039/agraria.v12i1a5424.

SILVA, R. C. S.; ALMEIDA, J. C. R.; BATISTA, G. T.; FORTES NETO, P. Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. **Repositório Eletrônico Ciências Agrárias. Coleção Ciências Ambientais**, p.1-14, 2011.

SILVA, S. A. S da. Avaliação dos atributos químicos e microbianos em latossolo amarelo sob sistema agroflorestal e floresta secundária em Bragança, Pará. **Tese (Doutorado)**. Universidade federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém – PA, p. 97, 2011.

SILVA, M. F.; SANTOS, C. E. R. S.; SOUSA, C. A.; ARAÚJO, R. S. L.; STAMFORD, N. P.; FIGUEIREDO, M. V. B. Nodulação e eficiência da fixação do N₂ em feijão-caupi por efeito da taxa do inóculo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1418-1425, 2012.

SILVA, V. M. A.; MARTINS, C. M.; MARTINS, S. C. S. Atividade celulolítica de actinobactérias de região semiárida do Ceará. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21 p. 2026-2036, 2015

SHANMUGAPRIYA, S.; SARAVANA, P.S.; KRISHNAPRIYA, M. M.; MYTHILI, A.; JOSEPH, S. Isolation, screening and partial purification of cellulase from cellulase producing bacteria. **International Journal of Advanced Biotechnology and Research**, v. 3, p. 509-514, 2012.

SOUZA, F. F.; SANTOS, R. H. S.; CARNEIRO, J. E. S. Adubação verde de feijoeiro em consórcio com cafeeiro na agricultura familiar de Araponga, Minas Gerais. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.12, ed 4, pg. 674-679, 01 out. 2017.

SOUZA, M. S. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de três solos da região Norte Fluminense. **Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro**, Campos dos Goytacazes. 2004.

SOUZA, F. H. D.; FRIGERI, T.; MOREIRA, A.; GODOY, A. Produção de sementes de guandu. **Embrapa Pecuária Sudeste**, São Carlos- SP, n. 69, p. 68, 2007.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. Alterações químicas promovidas pelo pré-cultivo de crotalaria juncea, associada à adubação com compostos orgânicos de diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.3, n.2., p.1-8, dez. 2013.

SOUZA, F. R.; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; ASSIS, R. L. **Adubação Verde e Rotação de Culturas**. Ed: UFGV. (1ª ed.). Viçosa, MG. p. 108. 2013.

SOUZA, R.; AMBROSINI, A.; PASSAGLIA, L. M. P. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto- SP, v. 48, n. 4, p. 401-419, 2015. DOI: 10.1590/S1415-475738420150053.

SOUZA, W. R.; SILVA, S. A. S.; SILVA, R. M.; ALVES, R. F.; SILVA, J. R. Atributos físico-químicos do solo em uma voçoroca no município de Brasil Novo – Pará: um estudo de caso. **Revista TREE DIMENSIONAL, Pro Floresta** - Goiânia, v.3, n.5, p.14-26, 2018. Disponível em: DOI 10.18677/TreeDimensional2018A2.

SCRIBAN, R. **Biotechnologie**. 3.ed. París: Technique et Documentation Lavoisier, p. 906, 1988.

SHARMA, S.R.; RAO, N. K.; GOKHALE, T. S.; ISMAIL, S. Isolation and characterization of salt-tolerant rhizobia native to the desert soils of United Arab Emirates. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 25, n. 2, p. 102-108, 2013. DOI: 10.9755/ejfa.v25i2.7590

SPÓSITO, T. H. N.; BARBOSA, L. P.; FRIZZEIRA, N.; FABRIS, L. B.; Diferentes adubações na cultura do feijão guandu. **Colloquium Agrariae**, ISSN: 1809-8215. vol. 14, n. Especial, p. 14-20, jul./dez, 2018.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3 (Ed). **Revista e Ampliada**. Embrapa- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília- DF. p.22-426, 2017.

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F. de; FURLAN JÚNIOR, J.; CAMPOS, P. I. de F.; GERMANO, V. L. C. Compostagem: lixo orgânico urbano e resíduos da agroindústria do açaí. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**; Albras, p. 85. 2006.

TEIXEIRA, R.M. Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento. **Tese. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA)**. 2006.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 292-300, 2011.

TOMÉ JR., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba, Agropecuária. p. 247.1997.

VALADÃO, F. C. A.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO, D. D. J.; SCAPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.49, p. 244-255, 2015. ISSN 0100-0683. DOI:10.1590/01000683rbc20150144.

VASCONCELOS, R. F. B.; SOUZA, E. R.; CANTALICE, J. R. B.; SILVA, L. S. Qualidade física de um Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, n. 4, p. 481- 486, 2014. ISSN 1807-1929. DOI:10.1590/S1415.

VAN LEEUWEN, J.P.; LEHTINEN, T.; LAIR, G.J.; BLOEM, J.; HEMERIK, L.; RAGNARSDÓTTIR, K.V.; GÍSLADÓTTIR, G.; NEWTON, J.S.; RUITER, P.C. An ecosystem approach to assess soil quality in organically and conventionally managed farms in Iceland and Austria. **Soil**, v. 1, p. 83-101, 2015.

VIEIRA, Francisco Cleber Souza; NAHAS, Ely. **Quantificação de bactérias totais e esporulados no solo**. Scientia Agrícola, v. 57, nº 3, p. 539-545, jul/set, 2000.

VILELA, E. F.; MENDONÇA, E. S. Impactos de sistemas agroflorestais sobre a matéria orgânica do solo: Modelagem de carbono e nitrogênio. **Coffee Science**, v.8, n.4, p.454-464, 2014. DOI:10.25186/cs.v8i3.457.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, n. 01, p. 29-38, 1934.

WOLSCHICK, N.H. Desempenho de plantas de cobertura e influência nos atributos do solo e na produtividade de culturas em sucessão. **Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)**. Lages: UDESC.p. 94, 2014.

XAVIER, A. A. P. Avaliação do acúmulo e emissão de carbono do solo sob sistemas produtivos de pastagem. **Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo- USP**, São Carlos. 2015.

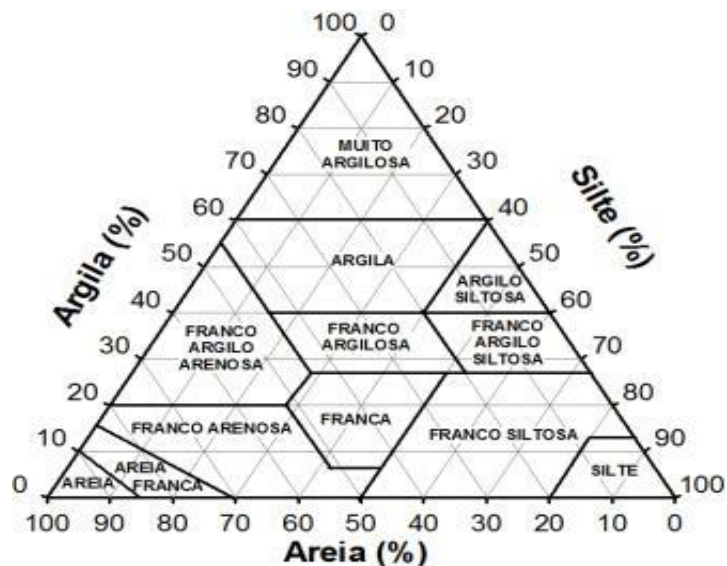
ZATTA, A.; CLIFTON-BROWN, J.; ROBSON, P.; HASTINGS, A.; MONT, A. Land use change from C4 grassland to C4 Miscanthus: effects on soil carbon content and estimated mitigation benefit after six years. **GCB Bioenergy**, v. 6, p. 460–470, 2014. DOI:10.1111/gcbb.12054.

ZHANG, H., ZHANG, Y., YAN, C., LIU, E., & CHEN, B. **Soil nitrogen and its fractions between long-term conventional and no-tillage systems with straw retention in dryland farming in northern China**. *Geoderma*, v. 269, p. 138-144. 2016.

ZHAO, J.; WANG, X.; WANG, X. & FU, S. Legume-soil interactions: legume addition enhances the complexity of the soil food web. **Plant and soil**, v. 385, n. 1-2, p. 273- 286, 2014.

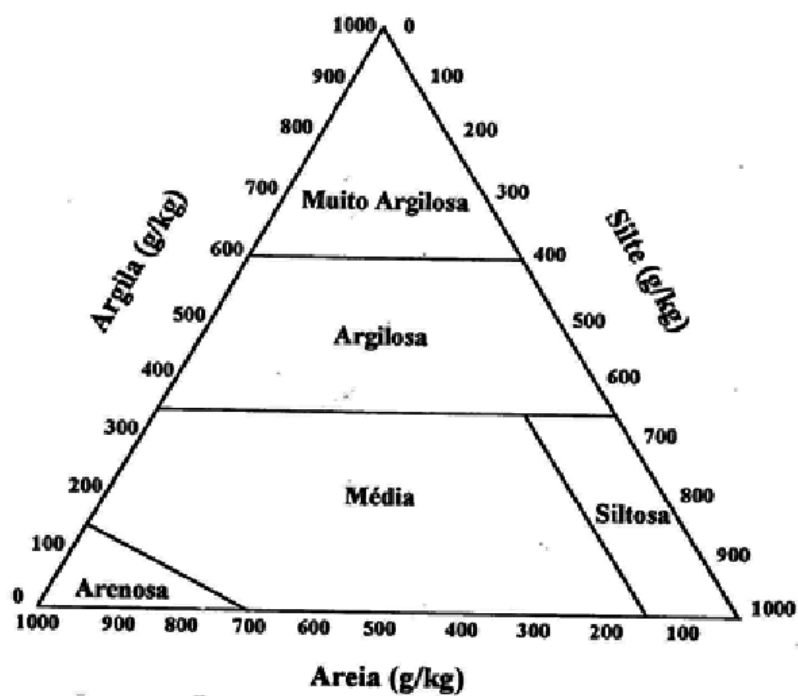
8. ANEXOS

Anexo A: Triângulo de classificação granulométrica, proposto pela Embrapa (2017), aplicado neste estudo.



FONTE: Embrapa (2017).

Anexo B: Triângulo de Classificação Textural do Solo, utilizado pela Embrapa (2010), empregado neste estudo para classificação textural do solo.



FONTE: Embrapa (2010).

9. APÊNDICES

Apêndice A: Preparo de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) no laboratório de solos, da Universidade Federal do Pará- Campus de Altamira.



Apêndice B: Amostras de solo indeformadas após a secagem à 105 °C na estufa.



Apêndice C: Pipetamento das amostras de solo para análise da granulometria do solo.



Apêndice D: Coleta de amostras de solo indeformadas com auxílio de trado Uhland.



Apêndice E: Área sob Influência do feijão guandu.



Apêndice F: Coloração de gram das bactérias, aplicando os corantes e descolorantes.



Apêndice G: Esfregaços de colônias de bactérias.



Apêndice H: Desenvolvimento das colônias de bactérias.



Apêndice I: Coloração de esfregaços das bactérias estudadas (Gram-positivas).

