



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

SÂMIA CRISTINA DE LIMA LISBOA

**O EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA
MELHORIA DA QUALIDADE DO SOLO NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ-PARÁ**

Altamira – Pará
2019

SÂMIA CRISTINA DE LIMA LISBOA

**O EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA MELHORIA
DA QUALIDADE DO SOLO NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ-PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Engenharia Florestal, pela Universidade Federal do Pará.

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

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)

L769e Lisboa, Samia Cristina
O efeito da Adubação Verde em Sistemas Agroflorestais na melhoria da qualidade do Solo no município de Pacajá - Pará. / Samia Cristina Lisboa. — 2019.
68 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Dra Sandra Andrea Santos da Silva

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

1. Feijão guandu. 2. Produtividade. 3. Recuperação. 4. Descompactação. I. Título.

CDD 631.49811

SÂMIA CRISTINA DE LIMA LISBOA

**O EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA MELHORIA
DA QUALIDADE DO SOLO NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ-PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado
como requisito parcial para obtenção de grau de
bacharel em Engenharia Florestal, pela
Universidade Federal do Pará.

Aprovado em: 29/ 11/2019.

Banca Examinadora:

PROF^a. DRA. SANDRA ANDRÉA SANTOS DA SILVA
Orientadora - FEA/UFPA

ENG. AGRONÔMO ESP. JOSÉ FARIAS COSTA
Examinador Interno - FEA/UFPA

DRA. MARIA LUIZA PETRI
2^a Examinadora - FEF/UFPA

DEDICO

À Deus por todas as conquistas e vitórias alcançadas.

A minha mãe (em memória) que me fez crescer acreditando sempre em um futuro melhor.

À minha família, meu esposo Ademison e minhas filhas Gabriella e Isabella pelo carinho e compreensão e paciência durante dos cinco anos de curso.

AGRADECIMENTOS

Á Deus em primeiro lugar por ter me sustentado até aqui com muita força e perseverança, pela sua infinita bondade e por não ter deixado que o desânimo me preenchesse durante toda essa caminhada de muita luta.

A universidade Federal do Pará, campus de Altamira pelo curso oferecido.

A faculdade de Engenharia Florestal e por todos os docentes desta instituição que se mostraram profissionais e também amigos quando por muitas vezes o cansaço tentava abater e os mesmos ofereciam o ombro e um momento pra diálogo para levantar os ânimos.

A minha orientadora que incansavelmente dedicava seu tempo, mesmo fora do horário de seu expediente para me orientar, pela sua dedicação, apoio, compreensão e paciência durante todas as etapas desta pesquisa, além de me ofertar tantas oportunidade como bolsas iniciação científica, apresentação de trabalho em congressos e minha primeira apresentação em Congresso Internacional.

Ao professor Dr. Rainério Meirelles, por todo seu apoio durante a execução da análise estatística, além de ter sido um amigo e conselheiro nos momentos de aflição.

Ao Sr. Manoel Messias e família, proprietário da Fazenda onde foi realizado o experimento, o qual ajudou de maneira significativa tanto na sua disponibilidade ao acompanhar a pesquisa como também com suas ricas contribuições de conhecimento da área.

A Professora Dra. Alessandra Doce, que me proporcionou minha primeira bolsa de extensão, além de todo o apoio e dedicação durante o curso.

A Professora Dra. Lívia Figueiredo que que foi muita mais que uma professora, foi amiga e conselheira, uma pessoa dedicada que mostrou amor pela profissão em todos os momentos vividos com a turma.

Aos amigos que Deus me presentou durante o curso, Elisvado, Jhonatas, Yuri, Paloma França que contribuíram de forma extraordinária para que essa pesquisa tivesse êxito, dando auxílio durante o ano de coleta do experimento e nas análise de laboratório.

A minha equipe de trabalho em sala de aula Tárta, Wermerson Shimom e Eduarda que no momento o qual mais precisei sempre estiveram do meu lado, me ajudando e juntos realizando corujões de estudo.

A minha amiga Samara Lago, que dedicou todo seu tempo para cuidar da minha família quando por muitas vezes estive ausente, por toda seu carinho e compreensão.

As minhas filhas, que por muitas vezes, sem minha presença, aprenderam a lidar com a ausência e mesmo assim tiveram paciência e cresceram junto comigo, almejando sempre por essa grande conquista.

Ao meu esposo Ademison, que foi sempre companheiro, dedicado, compreensivo e me ajudou a chegar ao topo, quando por diversas vezes achei que não conseguiria.

A minha mãezinha (em memoriam), que acreditou sempre no meu potencial e sonhava me ver formada e sempre me ensinou a levantar a cabeça e seguir em frente, mesmo que a vida nos mostre no caminho algumas adversidades.

“O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez. Desejar é o primeiro passo para a conquista de nossos sonhos.”

(Thomas Edison)

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	14
1. CAPÍTULO 1 - A IMPORTÂNCIA DO MANEJO DO SOLO PARA MELHORIA QUALIDADE DOS ECOSISTEMAS	15
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
1.2.1. Sistemas Agroflorestais – SAF	20
1.2.2. O uso de Adubação verde em sistemas de manejo.....	20
1.2.2.1. Feijão guandu (Cajanus cajan (L.) Mill sp.).....	24
1.3. ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO COMO INDICADORES DA SUA QUALIDADE.....	26
1.3.1. Atributos físicos do solo.....	26
1.3.2. Atributos químicos do solo	26
1.3.2.1. Nitrogênio (N).....	27
1.3.2.2. Fósforo (P)	28
1.3.2.3. Potássio (K).....	28
1.3.2.4. Cálcio (Ca)	29
1.3.2.5. Magnésio	29
1.3.2.6. Potencial Hidrogeniônico – pH.....	29
1.3.2.7. Capacidade de troca catiônica – CTC	30
1.3.2.8. Matéria Orgânica – MO	31
1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
2. O EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA MELHORIA QUALIDADE DO SOLO NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ-PARÁ	36
2.1 INTRODUÇÃO	37
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	39
2.2.1 Caracterização da área experimental.....	39
2.2.2 Histórico de Uso da Área	41
2.2.3 Delineamento experimental.....	43
2.2.4 Análise dos atributos químicos	44
2.2.5 Análise dos atributos físicos.....	45
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
2.3.1 Análise física	46
2.3.2 Análise química.....	49
2.3.3 Análise estatística.....	58

2.4 CONCLUSÃO	60
2.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	61
3. ANEXOS.....	66
4. APENDICES.....	67

RESUMO

Na Amazônia, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) se apresentam como uma das melhores alternativas de agricultura sustentável quando comparados ao sistema tradicional, sendo os mesmos perfeitamente apropriados ao restabelecimento de florestas, além de representar uma forma mais comprometida com as questões ambientais atuais. O cultivo de agrofloresta em pequenas áreas favorece o plantio consorciado de plantas de ciclo curto, de consumo mais imediato ao mesmo tempo em que proporciona a regeneração da área pela permanência do conteúdo arbóreo. Nessas condições é necessária a compreensão dos mecanismos de conservação de nutrientes nas florestas que permitam sua exploração, e também a implantação de sistemas de produção vegetal sustentáveis, especialmente os de sistemas agroflorestais que formam uma estrutura semelhante às de vegetação natural. O trabalho teve como objetivo avaliar as dinâmicas dos atributos físicos e químicos do solo em dois períodos de amostragem (chuvoso e seco) em Sistemas Agroflorestais (SAFs) em comparação com solo em condições de vegetação secundária no município de Pacajá Pará. Os sistemas agroflorestais foram implantados no ano de 2016 em parceria com a Universidade Federal do Pará – Campus Altamira e Fundação Roberto Marinho pelo programa Florestabilidade que utilizaram a área para implantar uma unidade demonstrativa para região. O experimento desta pesquisa, foi realizado em blocos inteiramente casualizados (DIC), com três tratamentos, e esses tratamentos foram divididos em duas repetições denominadas em R1 e R2. As áreas onde foram implantadas os SAFs são de origem de vegetação secundária as quais foram submetidas ao processo de raleamento e parte desse sistema introduzido plantio do feijão guandu. Sendo assim, estão constituída nesta pesquisa os seguintes tratamentos: T1 Veg.Secundária ou testemunha, T2 ou SAF C/G área houve introdução de Guandu com nomenclatura e T3 ou SAF S/G que corresponde também área de SAF porém somente com raleamento sem uso de adubação verde. Os atributos químicos do solo diferiram entre os tratamentos independentemente do período. De modo geral, o T2 apresentou melhores resultados quanto aos atributos químicos no período chuvoso e seco e melhor descompactação do solo quando se avalia a DS de um período para o outro, apesar de não apresentar menor densidade, porém a redução ocorreu de forma mais acelerada quando comparado aos demais tratamentos. Os tratamentos analisados apresentaram melhor fertilidade no período seco em comparação ao chuvoso, sendo as áreas de SAFs superiores em nível de fertilidade em comparação a vegetação secundária. O resultado de melhor fertilidade para áreas de SAFs pode ser explicada pela implantação do sistema além papel importante que o feijão guandu promoveu ao solo, influenciando de forma significativa na fertilidade do local, devido ao aporte de nutrientes e de matéria orgânica deixada pelo desbaste da leguminosa, ocasionando melhor desempenho tanto na avaliação da densidade quanto aos valores dos atributos químicos analisados.

Palavras-chave: Feijão guandu, Produtividade, Recuperação, Descompactação.

ABSTRACT

In the Amazon, Agroforestry Systems (SAFs) are one of the best alternatives for sustainable agriculture when compared to the traditional system, and they are perfectly suited to the restoration of forests, and represent a more committed way to current environmental issues. The cultivation of agroforestry in small areas favors the intercropping of short-cycle plants, which are more immediately consumed while providing the regeneration of the area by the permanence of the tree content. Under these conditions, it is necessary to understand the mechanisms of conservation of nutrients in forests that allow their exploitation, as well as the implementation of sustainable crop production systems, especially those of agroforestry systems that form a structure similar to those of natural vegetation. The objective of this work was to evaluate the dynamics of soil physical and chemical attributes in two sampling periods (rainy and dry) in agroforestry systems (SAFs) compared to soil in secondary vegetation conditions in the municipality of Pacajá Pará. implemented in 2016 in partnership with the Federal University of Pará - Campus Altamira and Roberto Marinho Foundation for the Forestry program that used the area to deploy a demonstration unit for the region. The experiment of this research were performed in completely randomized blocks (DIC), with three treatments, and these treatments were divided into two repetitions named in R1 and R2. The areas where the SAFs were implanted are of secondary vegetation origin which were submitted to the grating process and part of this system introduced guandu bean planting. Thus, the following treatments are constituted in this research: T1 Veg.Secondary or control, T2 or SAF C/G area there was introduction of Guandu with nomenclature and T3 or SAF S/ G which also corresponds to SAF area but only with unused grating of green manure. Soil chemical attributes differed between treatments regardless of period. In general, T2 presented better results regarding the chemical attributes in the rainy and dry season and better soil decompression when evaluating the DS from one period to the other, although it did not present lower density, but the reduction occurred more rapidly when compared to other treatments. The analyzed treatments presented better fertility in the dry period compared to the rainy season, being the areas of SAFs superior in the fertility level compared to the secondary vegetation. The result of better fertility for SAFs areas can be explained by the system implantation besides important role that guandu bean promoted to the soil, significantly influencing the fertility of the site, due to the nutrients and organic matter input left by the legume thinning. , leading to better performance both in the density evaluation and in the values of the chemical attributes analyzed

Keywords: Guandu Bea. Productivity. Recovery. Unpacking.

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1. Mapa de localização do Município.....	38
FIGURA 2. Índice Pluviométrico ano de 2018 no município de Pacajá.....	39
FIGURA 3. Mapa de Localização da Propriedade Fazenda Sempre verde no município de Pacajá	40
FIGURA 4. Desenho esquemático referente ao histórico de implantação do Sistema Agroflorestal ..	41
FIGURA 5. Distribuição dos pontos das amostras coletadas na área	42
FIGURA 6. Croqui representativo dos pontos de coletas dos tratamentos	42
FIGURA 7. Valores médios de DS entre os tratamentos nos dois períodos de amostragem	47
FIGURA 8. Níveis de pH nas duas Profundidades estudadas entre os períodos de amostragem	49
FIGURA 9. Resultado dos teores de Alumínio nas duas profundidades e períodos estudados	50
FIGURA 10. Teores de Potássio comparando as profundidades do mesmo tratamento entre diferentes períodos	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Classificação textural dos tratamentos analisados no período chuvoso.....	45
TABELA 2. Valores médios dos tratamentos analisados em dois períodos de amostragem	46
TABELA 3. Teores médios dos atributos químicos do solo em diferentes sistemas de manejo em dois períodos de amostragem (Chuvoso e Seco)	47
TABELA 4. Comparação dos atributos químicos das amostras de solo nos períodos analisados por meio da aplicação do teste de Wilcoxon ($P < 0,05$), em diferentes tratamentos com a mesma profundidade	57
TABELA 5. Comparação dos atributos químicos das amostras de solo nos períodos analisados por meio da aplicação do teste de Wilcoxon ($P < 0,05$), em diferentes profundidades com o mesmo tratamento.....	14

CAPITULO 1
A IMPORTÂNCIA DO MANEJO DO SOLO PARA MELHORIA
QUALIDADE DOS ECOSISTEMAS.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O cultivo da terra é uma prática milenar, que teve início depois da substituição da caça pela agricultura para produção de alimentos para subsistência humana. Essa necessidade de produção cada vez maior de alimentos devido ao crescimento constante da população, o homem, na necessidade de adequação, vem promovendo o avanço tecnológico e estudos científicos, nos quais hoje se conhece como agricultura moderna, utilizando maquinários movidos à combustão, alimentos modificados geneticamente e o uso agrotóxicos (OLIVEIRA et al., 2017). Todo esse avanço tecnológico proporcionou a maximização do uso dos recursos naturais, sem levar em consideração a capacidade de suporte dos ecossistemas, realizando grandes desmatamentos e a utilização de práticas agrícolas inadequadas que possivelmente sejam impactantes ao meio ambiente.

Durante todo esse tempo que agricultura vem sendo praticada, um dos aspectos marcantes e comuns a grande parte dos agroecossistemas, destaca-se uso intensivo e má gestão dos recursos naturais que tem, ao longo dos anos, contribuindo para o agravamento dos processos de degradação da natureza, principalmente do solo e da água, que consequentemente compromete de forma direta a relação dos mesmos com as plantas. Por esse motivo, a ação antrópica de modo geral, acaba se enquadrando de forma negativa ao ambiente, devido a forma acelerada em que ocorre a perda da biodiversidade e da qualidade de vida da população, seja rural ou urbana.

Tal afirmação é ratificada por Saboya¹ (2008) apud Silva et al. (2015) diz ser [...]:

[...] A falta de um planejamento racional de uso da terra, seja pela falta de conhecimento, seja pela necessidade dos agricultores, tem promovido diversos impactos negativos, muitas vezes chegando a limites críticos em determinadas regiões, resultando em degradação ambiental e redução da qualidade de vida, não só para a comunidade rural, mas também para toda população.

Portanto, todo esse processo de acelerar a produção, sem pensar nas consequências futuras para o meio ambiente, tem contribuído para o desequilíbrio ambiental, contribuindo cada vez mais nos processos de degradação de áreas, causando consequências drásticas para o meio ambiente e a população, principalmente quando se considerada número descontrolado de produtos químicos na agricultura, o qual tem gerado uma crescente preocupação da sociedade atual, e vem alterando o cenário agrícola mundial.

¹ SABOYA, Rita de Cássia Cunha. Identificação de Solos e Paisagem do Assentamento Vale Verde, Gurupi, TO, para fins de Aptidão agrícola. In: **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 227**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, Nov. 2008.

Segundo Sanches (2006), o uso de técnicas agrícolas incorretas, causam alteração nas propriedades do solo, acarretando efeitos negativos sobre várias funções do mesmo. Dentre as técnicas mais utilizadas pelos agricultores destacam-se o desmatamento, as queimadas e o preparo do solo, superpastejo e o plantio desordenado, expondo o solo aos fatores climáticos que intensificam a degradação (SILVA, 2012). Apesar dos impactos negativos provocados pela agropecuária, essa atividade é de extrema importância para a economia e a sociedade, devido à necessidade cada vez maior de fornecendo alimentos para a população. No entanto, se faz necessário o planejamento racional para o uso das terras e uso sustentável dos recursos naturais em conformidade com cada atividade.

Diante disso, a preocupação com as questões ambientais aumentaram, principalmente a partir de meados do século XX, pelas consequências sociais e ambientais da industrialização e do modelo de produção predatório dos recursos naturais, onde desenvolvimento caracterizava-se como progresso a qualquer custo (BERNARDES, 2003). Todo esse cenário tem causado intensas discussões quanto à segurança alimentar e às mudanças climáticas, principalmente pelo comprometimento que esses efeitos causam atmosfera, através da emissão de gases de efeito estufa, desencadeando assim, pois representam importantes desafios para a população mundial e envolvem diretamente o setor agrícola conforme afirmam Nelson² et al. (2014) apud Schembergue et al. (2017).

Diante disso, na década de 1970, a preocupação com o possível esgotamento dos recursos naturais, surge então a necessidade de produções e manejos mais sustentáveis, dando espaço para criação do termo desenvolvimento sustentável, o qual foi criado a partir de diversas teorias, promovendo o debate acerca da relação entre crescimento econômico e preservação do ambiente (MACEDO; NERY JUNIOR; MEDAUAR, 2009). A ideia de um mundo mais sustentável, onde é relevante o reconhecimento que os valores ambientais e a conscientização dos valores econômicos e sociais das florestas possuem, tem levado à necessidade de estudar mudanças cada vez mais significativa na forma de manejar o uso da terra, no intuito de manter por mais tempo solos produtivos, através da implantação e utilização de sistemas sustentáveis. Silveira et al. (2010) ratifica ainda que a adoção de sistemas conservacionistas, tem se apresentado como alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola do solo, principalmente dos Latossolos, tornando o conhecimento das propriedades químicas e físicas

²NELSON, G. C. et al. Climate change effects on agriculture: economic responses to biophysical shocks. **PNAS**. v 111. n 9. p. 3274-3279. 2014.

desse recurso, uma ferramenta fundamental para direcionar as melhores práticas agrícolas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

Diante de diversas técnicas de manejo utilizadas pela agricultura de forma sustentável, que visa a melhoria da qualidade dos recursos naturais, principalmente o manejo do solo de forma correta, surgiu-se então os sistemas agroflorestais (SAFs), o qual é definido segundo Franco et al. (2015) como formas de cultivo em que se consorciavam, em uma mesma área, espécies arbóreas e cultivos agrícolas com ou sem animais. Os sistemas agroflorestais permitem aos produtores melhores condições de vida, e ao mesmo tempo preservação e recuperação de remanescentes florestais, além de propiciar aos produtores, retornos econômicos e maior conservação dos recursos naturais (ARANTES et al., 2017).

Na Amazônia, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) se apresentam como uma das melhores alternativa de agricultura sustentável quando comparados ao sistema tradicional, sendo os mesmo perfeitamente apropriados ao restabelecimento de florestas, além de representar uma forma mais comprometida com as questões ambientais atuais. (FEARNSIDE, 2003). O cultivo de agrofloresta em pequenas áreas favorece o plantio consorciado de plantas de ciclo curto, de consumo mais imediato ao mesmo tempo em que proporciona a regeneração da área pela permanência do conteúdo arbóreo. Nessas condições é necessária a compreensão dos mecanismos de conservação de nutrientes nas florestas que permitam sua exploração, e também a implantação de sistemas de produção vegetal sustentáveis, especialmente os de sistemas agroflorestais que formam uma estrutura semelhante às de vegetação natural (LEÃO; ANGEL³, 2004, p. 63-64 apud SILVA 2011).

Ao aumentar a produção agrícola de forma sustentável, pode-se impactar positivamente a oferta de alimentos usando menos recursos e minimizando os impactos ambientais negativos. Dessa forma, é possível combinar práticas de adaptação, para aumentar a resiliência da agricultura, e de mitigação, visando reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Os sistemas Agroflorestais mostram-se ainda mais favorável quando se troca o uso de adubos químicos por adubação orgânica ou adubação verde, a qual traz grandes benefícios ao solo auxiliando na fixação de nutrientes importantes, além de sequestrar o carbono a ser emitido

³LEÃO, A. L; ENGEL. V. L. Balanço de carbono em SAF's: Argumentos para a redução do efeito estufa. In: Sistemas Agroflorestais, Tendência da Agricultura Ecológica nos Trópicos: Sustento de Vida e Sustento de vida Ilhéus, BA. **Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais**. Universidade Estadual do Norte Fluminense. 2004. p.63- 64.

para a atmosfera que geralmente seja pela deposição de material vegetal resultante dos desmatamentos, ou pela lixiviação de matéria orgânica no solo.

Comprovações históricas de milhares de anos, demonstram que antigas civilizações como chineses e romanos, na busca por melhores meios de produção, já utilizavam as práticas milenar do adubo verde, os quais era satisfeitos com os resultados obtidos, evidenciando o sucesso na produtividade agrícola (FLORENTIN et al., 2011). No entanto, o uso intenso de insumos químicos e modernos que dão retornos mais rápido economicamente, causou esquecimento por um bom tempo da prática de adubação verde, mas felizmente nos últimos anos a adubação verde volta a ganhar um espaço e tornando-se temas de muitas pesquisas científicas, retomando ao seu lugar nas diferentes condições agroecológicas e nos sistemas de produção de diversos países, contribuindo assim para a melhoria em todos os atributos do solo, principalmente no que diz respeito o aumento da quantidade e da qualidade da matéria orgânica do solo (LIMA, 2012).

Entre as espécies empregadas na adubação verde, as pertencentes à família das leguminosas se destacam por formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N^2 , resultando aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2011), contribuindo com a nutrição das culturas subsequentes, entre elas destaca-se o feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), uma leguminosa da família fabaceae, de ciclo curto e possui como sua principal característica a sua raiz pivotante e agressiva, a qual contribui de forma relevante no processo de descompactação do solo, além de disponibilizar elevada produção de fitomassa, alta taxa de mineralização no solo e maior concentração de nutrientes nas folhas.

Portanto, devido a sua grande rusticidade e multifuncionalidade, o feijão guandu apresenta características desejáveis e indicadas para compor sistemas produtivos desenvolvidos principalmente em pequenas unidades de produção familiar, o mesmo quando utilizado em combinação com áreas de SAFs, proporciona melhor rentabilidade ao produtor, com menor custo e uma forma mais eficiente de recuperação de áreas alteradas.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Sistemas Agroflorestais – SAF

Nos últimos anos, a Amazônia Legal tem sofrido intensa exploração, fato que proporciona altos níveis de desmatamento na região. O estado do Pará foi um dos principais responsáveis pelo desflorestamento na região Norte do Brasil, devido sua alta produção de grãos, madeira, carne bovina e extração de minérios (IBGE, 2016). O manejo inadequado e intensivo do solo pode ocasionar a degradação do mesmo necessitando de muito tempo e recurso para sua recuperação (CHERUBIN et al., 2015). Por esse motivo, há uma certa necessidade em monitorar o manejo do solo para a preservação da sua qualidade e assim manter uma produção mais contínua.

Com intuito conservacionista e no âmbito da sustentabilidade, algumas soluções econômicas e práticas agrícolas tem sido estudadas com objetivo de permitir aos produtores melhores condições de vida, e ao mesmo tempo a preservação e manutenção das florestas, onde uma dessas soluções potenciais são os Sistemas Agroflorestais - SAFs, que podem propiciar aos produtores, retornos econômicos e maior conservação dos recursos naturais (ARANTES et al., 2017).

Segundo a instrução normativa nº 5 de oito de setembro de 2009 do Ministério do Meio Ambiente define esse tipo de manejo como: “sistemas de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras em uma mesma unidade de manejo, de acordo com arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações entre estes componentes”. Ainda de acordo com a Embrapa (2011), os sistemas agroflorestais são consórcios de culturas agrícolas com espécies arbóreas que podem ser utilizados para restaurar florestas e recuperar áreas degradadas.

Esse tipo de sistema segundo Peneireiro (1999) se classifica em diferentes tipos mais utilizados:

Sistemas Agroflorestais Sequenciais - Esses modelos compreendem formas de agricultura migratória com intervenção ou manejo de parcelas de cultivos e uma etapa de descanso. Esse sistema consiste no corte e queima da mata e cultivo da terra por poucos anos. Após um período de cultivo, segue-se uma fase de descanso e manutenção o que permite o restabelecimento da vegetação de forma espontânea e a recuperação da fertilidade dos solos por um período bem mais longo.

Sistemas Agroflorestais Simultâneos - Consistem na integração simultânea e contínua de culturas agrícolas anuais e/ou perenes, espécies florestais para produção de madeira, frutíferas, espécies de uso múltiplo, ou ainda pecuária.

Sistemas Agroflorestais de Cercas Vivas e Cortinas Quebra-Vento, consistem em fileiras de árvores que podem delimitar uma propriedade ou servir ainda de proteção (contra o vento, o fogo, o gado) para outros componentes ou outros sistemas. Podem ser considerados como sistemas complementares aos citados anteriormente. O uso de árvores para a construção de cercas, como mourões vivos, é uma técnica de ampla difusão no setor rural latino americano.

Devido ao caráter de uso múltiplo, os sistemas agroflorestais, nas suas diferentes modalidades, constituem-se em alternativas econômicas, ecológicas e sociais viáveis para o fortalecimento da agricultura. Conseqüentemente promovem uma série de benefícios como aumento da produção, do nível de emprego e da renda dos produtores rurais, sempre primando pelo desenvolvimento sustentável (RIBASKI, 2012). A tecnologia ameniza limitações do terreno, minimiza riscos de degradação inerentes à atividade agrícola e aperfeiçoa a produtividade, ocorrendo melhorias na estrutura e na atividade da fauna do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes e alcança-se um equilíbrio biológico que promove o controle de pragas e doenças (SANTOS, 2012).

Portanto, os sistemas agroflorestais (SAFs) são considerados alternativas de uso sustentável do solo e do ambiente, capazes de alavancar os níveis de produtividade das lavouras de pequenos agricultores, com conseqüentes melhorias na qualidade do solo, onde vem tomando grande impulso como área de pesquisa, seja por suas vantagens produtivas, socioeconômicas e ambientais ou por constituir-se uma das estratégias para a diversificação de cultivos alternativos em diversas regiões do país.

1.2.2 O uso de Adubação verde em sistemas de manejo.

Com o surgimento da agricultura, o homem tem sido uns dos principais responsáveis pelas as mudanças dos ecossistemas, devido ao manejo inadequado do solo e da água. Entretanto, a necessidade de buscar por melhores formas de manejo e manutenção de áreas cultiváveis, o desenvolvimento agrícola, através da pesquisa, vem gerando conhecimento técnico que pode minimizar ou mesmo reverter danos em solos cultivados, evidenciando a preocupação de buscar por uma agricultura com o mínimo de agressão ao meio ambiente, que

preserva ou melhora a qualidade do solo e, ao mesmo tempo, que alcance produções cada vez mais elevadas (SILVA et al., 2018).

A história da adubação teve início na China, na região do Rio Amarelo, 8 mil anos antes de Cristo. Os chineses fabricavam adubos com resíduo vegetal ou animal, húmus dos rios e esterco humano. No Egito, por volta de 600 anos antes de Cristo, a civilização se aproveitava das cheias do rio Nilo, quando se depositava em suas margens uma camada de húmus com 20 m de profundidade, 15 km de largura e 800 km de extensão, para cultivar cevada, trigo e lentilha (DIAS⁴, 2005 apud LIMA et al. 2017).

Muitas pesquisas com adubação verde foram desenvolvidas no Brasil até meados da década de 1960, quando se instalou no país o modelo de agricultura trazido pela revolução verde. Neste novo modelo, a força de produção centrou-se na vertente química e mecânica, relegando a um segundo plano as práticas biológicas e vegetativas. Na contramão desta tendência de modernização da agricultura, alguns cientistas acreditaram que a fixação biológica de nitrogênio (FBN) poderia conseguir competir com os fertilizantes minerais (PEREIRA et al., 2012).

A partir da década de 1970, começaram a surgir sérios problemas decorrentes da adoção de práticas agrícolas relacionadas à “Revolução Verde”. A degradação da capacidade produtiva dos solos, associada à proliferação de pragas e doenças, causou um empobrecimento dos agricultores, devido ao aumento dos custos de produção. Além disso, observou-se uma menor qualidade dos alimentos produzidos. Desta forma, diversos grupos de agricultores e profissionais da área rural têm proposto a adoção de práticas que favoreçam os processos biológicos (fixação biológica de nitrogênio, ciclagem de nutrientes, etc.) encontrados nos agroecossistemas, como uma alternativa ao modelo agrícola da “Revolução Verde” (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA⁵, 1997, apud LIMA et al., 2017).

A adubação verde consiste na utilização de plantas em rotação ou consórcio com as culturas de interesse econômico. Tais plantas podem ser incorporadas ao solo ou roçadas e mantidas na superfície, proporcionando, em geral, uma melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. As mesmas são 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

⁴ DIAS, J. C. Raízes da fertilidade. São Paulo; Calandra editorial, 2005.

⁵ SPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA D. L. **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável**. v 2. São Paulo. 1997.

potencial produtivo. As plantas de cobertura têm como finalidade cobrir o solo, protegendo-o contra processos erosivos e lixiviação de nutrientes (EMBRAPA, 2015).

Atualmente, a adubação verde é considerada uma prática simples e indispensável aos pomares modernos, consistindo em realizar-se o plantio, cultivo e manejo de plantas em consórcio, seja no período de formação do pomar, e/ou na fase de produção de frutas. Para isso, podem ser empregadas e manejadas espécies que crescem espontaneamente no pomar, plantas nativas e/ou introduzidas, tendo o propósito maior de beneficiar as plantas frutíferas.

É importante ressaltar que a adubação verde também recebe a denominação de plantas de cobertura, com ou sem incorporação posterior ao solo, sendo uma técnica de melhoria do solo, que nele incorpora N e compostos orgânicos e proporciona condições de aumentar o seu teor de matéria orgânica (WUTKE et al., 2014), além de conservar a umidade e, conseqüentemente, propiciar condições para maior produção e qualidade das frutas. Essas plantas “adubadoras” são incorporadas ou mantidas em cobertura sobre a superfície do solo, de acordo com seu ciclo produtivo (anual, semiperene ou perene), que, por sua vez, determinaram a forma de cultivo, especialmente no manejo de inclusão ao sistema solo-planta, ou seja, no seu corte (roçadas) e/ou as roladas (“amassadas”).

Dentre as vantagens deste tipo de manejo está o impedimento dos impactos causados pelas chuvas, como a erosão superficial do solo, fator que possui extrema importância na conservação e reestruturação do solo, facilitando a nutrição dos cultivares, pois pode provocar a conversão de micronutrientes que possuem pouca disponibilidade e tornando-os mais abundantes nas áreas cultivadas originando ação protetora fornecida pelos resíduos orgânicos depositados no solo. Todo este processo ocorre pelo fato das misturas de espécies de plantas de coberturas, que controlam a velocidade biológica da decomposição de nutrientes dos resíduos orgânicos (SANTORI et al., 2011). Ainda segundo a autora:

O uso de consórcio (mistura de espécies) entre plantas de cobertura, controla a velocidade de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais. A reciclagem de nutrientes acontece em função do sistema radicular das plantas de cobertura, que retiram os nutrientes de camadas mais profundas do solo, transformando-os em material orgânico, posteriormente liberados na superfície. Os nutrientes são mineralizados e disponibilizados em doses contínuas para o aproveitamento dos cultivos. (SANTORI et al. 2011, p. 4).

As plantas adubadeiras liberam nutrientes no solo, enriquecendo-o, além de formar uma importante cobertura vegetal, ajudando a manter a umidade do solo, além de apresentar um sistema radicular excepcional que facilita o processo de reciclagem dos nutrientes, esta reciclagem acontece pelo fato de que a mineralização dos resíduos que se encontram na

superfície do solo, (resíduos de outras culturas), são reintegradas ao solo por este sistema radicular profundo, pois neste processo as plantas utilizadas retiram os nutrientes do solo, mas também transformam em matéria orgânica, que é liberada sobre a superfície, colaborando para a restauração da fertilidade do solo. Portanto, devido a todos os benefícios que as plantas adubadoras proporcionam de forma natural, a técnica da adubação verde é muito utilizada em sistemas agroecológicos substituindo de maneira eficiente muitos dos adubos sintéticos produzidos em laboratório.

São consideradas plantas adubadeiras as crotalárias (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria paulina*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria gratiana*), mucuna preta (*Mucuna aterrima*), mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*), tremoço (*Lupinus albus*, *Lupinus luteus*, *Lupinus angustifolius*), labe-labe (*Dolichos lablab*), entre outros (EMBRAPA, 2018).

1.2.2.1 Feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.)

O feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.) 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 (GODOY; SANTOS, 2011). A mesma pode ser de origem tropical ou subtropical, com característica rústica e resiliente, pode ser encontrada desde a Região Sul até o Nordeste (AMABILE; FERNANDES et al., 2008). É uma cultura importante para diversos países dos trópicos e subtropicais, principalmente para as nações asiáticas e africanas (AZEVEDO et al., 2007).

Trata-se de uma leguminosa arbustiva da família fabaceae, semiperene, com ciclo de vida curta de até três anos, quando podada anualmente. As flores são amarelas com ou sem estrias avermelhadas/roxas. Vagens de coloração castanho-agudo ou verde ou ainda verde castanho; cada vagem possui 4 a 7 sementes de coloração variável, desde marrom claro ou escuro até acinzentado, as vezes com pintas avermelhadas, creme ou roxa (EMBRAPA, 2004). Dependendo da região brasileira onde é cultivado, o feijão guandu também é chamado de “guandu”, “guandú”, “guando”, “gandu”, “andu” e outros.

Essa leguminosa é de ampla utilidade na adubação verde, possui sistema radicular profundo e ramificado e maior resistência ao estresse hídrico, também chamado de arado biológico porque possui importante papel na descompactação do solo, pois possibilita o rompimento de camadas adensadas do solo. Esta cultura pode ser encontrada em diversas áreas

do Brasil, suas sementes podem ser obtidas facilmente e de acordo com esta disponibilidade o feijão guandu está presente em quintais domésticos e grandes áreas de produção agrícola.

O crescimento dessa leguminosa ocorre rapidamente, cobrindo totalmente o solo aumentando também a biomassa, ou seja, agindo na restauração física deste recurso, além de apresentar grande importância na adubação verde por obter grande quantidade de N que proporciona a restauração química do solo (BELTRAME, 2008). Como planta leguminosa, tem a capacidade de fixar até $170 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrogênio, sendo que a maior parte desse elemento fixado retorna ao solo pela liteira, raízes e nódulos nas raízes.

Assim como outras espécies destinadas a rotação, consórcio ou sucessão, o feijão guandu, fornece uma cobertura do solo com fitomassa viva ou podada, a qual reduz as perdas de nutrientes por lixiviação, restringe a incidência de plantas espontâneas, aumenta a capacidade de troca catiônica do solo e propicia melhor aproveitamento das áreas, as quais já são pequenas por natureza em se tratando de agricultura familiar, diminuindo inclusive os custos de produção.

Esse tipo de leguminosa situa-se entre as mais importantes culturas da família fabaceae, capaz de produzir elevada quantidade de sementes as quais são ricas em proteína, mesmo em solos de baixa fertilidade pois as mesmas se adaptam facilmente à temperaturas que variam numa faixa ótima de 18 a 30°C ou até mesmo a condições mais secas (AMABILE et al., 2008), sendo suficiente um índice pluviométrico de 500 mm anuais, e a solos de baixa fertilidade, com ampla faixa de pH – de 4,5 a 8,4, além de algumas variedades serem bastante tolerantes à salinidade, adaptando-se bem em solos de textura tanto arenosa quanto argilosa (SKERMAN, 1988). Possui numerosas raízes finas secundárias, até 30 cm da superfície, apresentam nódulos que contêm bactérias do gênero *Rhizobium*, que fixam simbioticamente nitrogênio atmosférico e que é cedido à planta para a formação de seus aminoácidos e proteínas (LIMA et al., 2018).

O feijão guandu é considerada uma planta com ótima capacidade de extração de potássio e fósforo do solo, tanto pela ação de rizóbios fixadores de nitrogênio adjacentes às raízes de guandu os quais produzem fosfatases com o poder de solubilizar fosfatos no solo, como também pela produção de ácido psídico nas raízes, o qual tem o poder de solubilizar diretamente fosfatos insolúveis no solo ou mesmo devido ao efeito quelante sobre o ferro o que deixa o fósforo livre na solução do solo para ser absorvido pelo sistema radicular da planta (SIQUEIRA et al., 2010).

1.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO COMO INDICADORES DA SUA QUALIDADE

1.3.1 Atributos físicos do solo

A qualidade física de um solo é de grande importância para a sustentabilidade do sistema, pois as mesmas estão diretamente envolvidas em processos importantes como suporte a planta através do sistema radicular, armazenagem e fornecimento de água e nutrientes, trocas gasosas, e as atividades biológicas (ARAÚJO et al., 2012).

Os indicadores físicos estão relacionados ao arranjo das partículas e do espaço poroso do solo, incluindo densidade, porosidade, estabilidade de agregados, textura, compactação, condutividade hidráulica e capacidade de armazenagem de água disponível. Esses atributos refletem de antemão na limitações ao crescimento radicular, à emergência das plântulas, à infiltração e ou movimento da água no interior do perfil do solo e à disponibilidade de água às plantas (GOMES, 2016).

Mota et al. (2013) ressalta ainda que os atributos como densidade do solo, teor de matéria orgânica, estabilidade de agregados, resistência à penetração e condutividade hidráulica podem ser alterados pelo uso e manejo do solo, sendo bastante utilizados como indicadores da qualidade física do solo, pois são sensíveis às variações do manejo ao qual o solo está submetido. Portanto, podem ser utilizados como fonte para a interpretação da dinâmica de processos físicos do solo no tempo.

Tais Indicadores têm sido investigados nas diferentes condições de uso e manejo e são fundamentais para entender os processos de degradação (RAMOS et al., 2015). O conhecimento das proporções dos diferentes tamanhos de partículas em um solo (ou seja, a textura do solo) é importante para o entendimento do comportamento e manejo do solo. Durante a classificação do solo em um determinado local, a textura dos diferentes horizontes é, em muitas vezes, a primeira e mais importante propriedade a ser determinada e, portanto, a partir desta informação, um cientista do solo pode tirar muitas conclusões importantes. Além disso, a textura de um solo não é prontamente sujeita a mudanças, por isso é considerada uma propriedade básica do solo.

1.3.2 Atributos químicos do solo

A exploração agrícola com o passar do tempo conduz ao aumento da heterogeneidade do solo por meio de modificações, como desmatamento, preparo da terra, alternância de

culturas, uso de fertilizantes e incorporação de resíduos orgânicos fazendo com que uma mesma área com cultivo ou não em distintos sistemas de manejos apresente variação nos atributos químicos do solo (MILINDRO et al., 2016).

O tipo manejo adotado nos solos podem manter, melhorar ou até mesmo piorar seus atributos químicos, de modo a interferir de maneira direta na sua capacidade produtiva. Por exemplo, o uso intenso de insumos químicos pode causar aumento na quantidade de metais pesados disponíveis as plantas o que tem gerado preocupação devido as possíveis consequências ambientais e a saúde humana (MORAIS et al., 2015). Segundo Zanon(2013), o uso intensivo do solo, sem controle e planejamento, ocasiona a redução da sua fertilidade, tornando necessário, portanto, adubações cada vez mais elevadas, com a intenção de alcançar as mesmas ou maiores produtividades nos cultivos.

Entre diversos atributos químicos do solo, merecem evidência para estudos os teores de pH (Potencial Hidrogeniônico), os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e Alumínio (Al) trocáveis, Fósforo (P) e Matéria Orgânica (MO). Por meio desses e outros atributos, é possível calcular a Soma de Bases Trocáveis (SB), a Capacidade de Troca Catiônica Potencial (CTC ou T), a Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (CTC EFETIVA ou t), a Acidez Potencial (H^+Al), a Saturação por Alumínio (m%) e a Saturação por Bases (V%), também importantes para avaliação da fertilidade do solo (ZANON, 2013).

1.3.2.1 Nitrogênio (N)

O Nitrogênio representa 78% dos gases da atmosfera, porém quando se fala em abundância desse nutriente em disponibilidade para planta, esse nutriente encontra-se em escassez, algo preocupante para ciência uma vez que o mesmo é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento, fazendo parte de proteínas, ácidos nucleicos, constituintes celulares e diversos hormônios vegetais (SOUZA; FERNANDES, 2006).

Cantarella (2007), afirma que o ciclo do nitrogênio no sistema solo-planta é bastante complexo, a maior fração do N do solo está na forma orgânica, presente na matéria orgânica em diferentes moléculas e com variados graus de recalcitrância, ou como parte de organismos vivos, este ciclo é controlado por fatores físicos, químicos e biológicos e afetados por condições climáticas.

Na natureza, o nitrogênio sofre várias modificações, no intuito de manter e promover a disponibilidade deste elemento no solo, geralmente através dos ajustes químicos e reações de

oxidações e redução, além de transformação biológica, gerando compostos amoniacais (NH_4^+) nítricos (NO_3^-) e orgânicos que serão utilizados na formação da biomassa vegetal (CASSINI, 2005).

1.3.2.2 Fósforo (P)

O Fósforo (P) é um elemento indispensável à vida, porém a sua forma de distribuição na natureza é irregular, sendo esse elemento limitante em muitas regiões a produção agrícola logo, as adições periódicas se fazem necessárias para produção alimentos ou fibras. Esse macronutriente, apesar de essencial, é menos absorvido pelas plantas, porém mais utilizado no Brasil para a adubação de manutenção e correção de grandes culturas. Tal controvérsia se dá pela intensa interação que o fósforo apresenta com os solos altamente intemperizados (VILAR; VILAR, 2013).

O Fósforo inorgânico que é adicionado ao solo como fertilizante, tem baixa solubilidade em água e grande interação com partículas do solo. Sendo assim, a recomendação de adubação fosfatada é maior que a necessidade da cultura (KLEIN; AGNE, 2012), pois segundo Pereira (2009), o Fósforo é considerado um nutriente de baixa mobilidade no solo, comportamento atribuído à sua “fixação” pelos minerais da argila, e esse elemento tem presença relevante nos solos tropicais que apresentam elevados teores de óxidos de ferro e de alumínio com os quais o P tem grande afinidade.

Normalmente, entre 20% e 30% do fósforo aplicado como fertilizante é aproveitado pelas culturas anuais em solos tropicais, sendo necessária a aplicação de quantidades que, em geral, superam em muito as extrações dessas culturas. A dinâmica do fósforo no solo está associada a fatores ambientais que controlam a atividade dos microrganismos, os quais imobilizam ou liberam os íons ortofosfato, e às propriedades físicoquímicas e mineralógicas do solo (CARNEIRO et al., 2011).

Silva et al. (2007) acrescenta ainda, que o fósforo é um dos elementos mais críticos para a produção agrícola, pois apesar de ser requerido em quantidades significativas para o desenvolvimento do plantio, sua disponibilidade é limitada devido a sua relativa escassez edáfica, elevada retenção por parte da matriz do solo, falta de reposição natural e à progressiva escassez das fontes naturais.

1.3.2.3 Potássio (K)

O potássio é um dos elementos mais abundantes, contudo somente na natureza ocorre sob a forma de compostos. Além de típicos minerais de minério, formados por cloretos

e sulfatos, o potássio encontra-se na composição de inúmeros outros; com teores acima de 10% de K^2O , em nove dezenas: entre 2% e 10% de K^2O , em mais duas centenas, em particular nos grupos de feldspato e das micas (NASCIMENTO; LAPIDO-LOUREIRO, 2004).

Esse micronutriente é um dos elementos mais absorvidos pelas plantas, perdendo essa grande quantidade de absorção apenas para o nitrogênio, o mesmo é encontrado em grandes quantidades de 7 a 15.000kg/há em solos cultiváveis, porém, desse total, apenas 1 a 2% que corresponde a 70 a 300kg, são encontradas em forma trocável ou solúvel, isto é, em forma assimilável pelas plantas (SILVA, 2011).

1.3.2.4 Cálcio (Ca)

O cálcio é absorvido do meio (solução do solo) na forma divalente (Ca^{2+}), e a maior parte dos solos possuem quantidade adequadas deste elemento (maiores que as de K). O cálcio possui baixa mobilidade no solo e, na planta, sua exigência pelo nutriente varia grandemente nas diferentes espécies, e pode variar de 10 até 200 kg ha⁻¹.

A principal função do cálcio está diretamente relacionada com a composição estrutural de macromoléculas, com a capacidade de coordenação, que estabelece ligações intermoleculares estáveis mais reversíveis, na parede celular e na membrana plasmática. Por isto, os baixos níveis de Ca no floema e a baixa ou nula redistribuição do Ca na planta, fazem com que os sintomas de carência do elemento apareçam em órgãos e partes mais jovens como gemas (meristemas) e pontas de raízes (MALAVOLTA, 1981).

1.3.2.5 Magnésio (Mg)

Conforme Vitti et al. (2006), a absorção do magnésio da solução do solo é feita na forma de Mg^{2+} e a sua função na planta está relacionada com a sua capacidade para interagir com ligantes nucleofílicos, através de ligações iônicas, e atuar como um elemento de ligação e ou formar complexos de diferente estabilidade; está envolvido na regulação do pH celular, faz parte da molécula de clorofila (cerca de 10% do magnésio total) e na ativação de enzimas (mais do que qualquer outro elemento).

1.3.2.6 Potencial Hidrogeniônico – pH

O termo pH, é definido como a acidez ou alcalinidade relativa de uma solução variando na amplitude de 0 a 14, sendo o valor 7 definido como neutro, valores abaixo são classificados

com ácidos e os acima de 7,0 são alcalinos. Os solos geralmente variam de pH 3,0 a 9,0. O alumínio pode agir como elemento acidificante e ativa o H^+ e os íons básicos Ca^+ e Mg^{+2} tornam o solo menos ácidos ou quando em excesso, mais alcalinos (MALAVOLTA, 1981).

O grau de acidez ou de alcalinidade do solo, representado pelo pH, é uma importante variável que afeta várias propriedades químicas e biológicas do solo. A variável química influencia bastante na disponibilidade de muitos elementos que devem ser absorvidos pelas raízes, seja eles nutrientes ou toxinas. O conjunto de plantas e até de espécies de bactérias que dominam uma paisagem, em condições naturais, são com frequência reflexos do pH do solo (BRADY; WEIL, 2013).

O pH afeta a mobilidade de muitos poluentes encontrados no solo, influenciando nas suas taxas de decomposição bioquímica, solubilidades e adsorções pelos colóides. Vários autores estabelecem o pH adequado entre 5,5 – 6,5, entretanto não existe um valor considerado ótimo para o desenvolvimento de todas as culturas, sendo esta variável em função das necessidades nutricionais de cada espécie (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Portanto, o pH da solução do solo é um fator ambiental decisivo para o crescimento de todos os organismos que vivem no solo, incluindo plantas, animais e microrganismos (BRADY; WEIL, 2013).

1.3.2.7 Capacidade de troca catiônica – CTC

A capacidade de troca de cátions (CTC) é utilizada tanto para a caracterização pedológica como para a avaliação da fertilidade do solo. A CTC pode ser determinada direta ou indiretamente. O processo direto baseia-se na saturação do complexo de troca com um cátion, seguida por sua extração e determinação. Indiretamente, pode-se determinar a CTC pela soma de bases trocáveis, extraídas com um extrator apropriado, com a acidez ativa, extraída por soluções tamponadas (SILVA, 2011).

A fração de argila dos latossolos e Argissolos, predominante na região amazônica, é usualmente determinada por gibssita, caulinita e óxido de ferro e alumínio. Esses elementos têm baixas quantidades de cargas negativas e, portanto, a maioria da CTC (85% - 95%) desses solos é dependente do pH, oriunda da matéria orgânica (SENA, 2006).

A CTC de um solo representa a quantidade total de cátions retidos à superfície do complexo de trocas ($Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + H^+ + Al^{3+}$), representando, portanto a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes.

Uma porcentagem elevada de CTC é ocupada por cátions essenciais, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , em condições de equilíbrio catiônico, pode-se concluir que o solo em questão apresenta condições propícias ao pleno desenvolvimento vegetal (RONQUIM, 2010).

1.3.2.8 Matéria Orgânica - MO

A matéria orgânica do solo (MOS) é um componente fundamental no desenvolvimento das plantas e na capacidade do solo de sequestrar carbono da atmosfera, sendo um dos agentes responsáveis pela formação e estabilização de agregados, além de exercer papel importante na definição dos sistemas agrícolas a serem utilizados. A Matéria Orgânica é responsável por 75 a 85% da capacidade de troca de cátions (CTC), não obstante sua pequena participação no volume total do solo (SATO, 2013).

Os teores de matéria orgânica influencia diretamente nos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo e sua disponibilidade depende de uma série de fatores, como temperatura, aeração, pH e disponibilidade de água e nutrientes, muitos deles condicionados pelo uso e manejo do solo (NASCIMENTO et al., 2010).

Em solos sob vegetação natural, a preservação da matéria orgânica tende a ser máxima, pois o revolvimento do solo é mínimo, sendo mais elevado aporte de carbono nas florestas mais elevado que em áreas cultivadas. A decomposição do material orgânico, com liberação de compostos orgânicos tanto de baixa como de alta massa molecular, exerce influência sobre a disponibilidade de nutrientes no solo. Essa influência está muito relacionada a adsorção de íons competidores, inibindo a ação dos grupos funcionais do solo, deixando, assim, os nutrientes mais livres em solução (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMABILE, R. F.; FERNANDES, F. D.; PIMENTEL, A. do P. M. Avaliação da resposta de genótipos de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na região do Cerrado. **Revista Ceres**. v. 55. n. 3. p. 231-235. Viçosa-MG. Maio/Jun. 2008.
- AMBROSANO, E.J. TRIVELIN, P.C.O. CANTARELLA, H. AMBROSANO, G.M.B. SCHAMMASS, E.A. MURAOKA, T. GUIRADO, N. ROSSI, F. Nitrogen supply to corn from sun hemp and velvet bean green manures. **Sci. Agric**. n66. 386-394p. 2009.
- AZEVEDO, Ruberval Leone; RIBEIRO, Genésio Tâmara; AZEVEDO, Cláudio Luiz. Feijão guandu: uma planta multiuso. **Revista da Fapese**, Sergipe, v. 3, n. 2, p. 81-86, 2007.
- ARANTES, P.B.; RIGHI, C.A.; BOSI, C.; DOMENICO, C.I.; GALVEZ, V.A.R. Agroflorestas familiares no vale do Ribeira: diagnóstico produtivo, estratégias e desafios. REDD – **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, Araraquara. 2017.
- ARAÚJO et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.
- BELTRAME, Tiago Pavan; RODRIGUES, Efraim. Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no ponto Paranapanema, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, V. 36, n.80, p. 317-327, 2008.
- BERNARDES, Julia Adão. **A Questão Ambiental**. 2ª ed. São Paulo. ed. Bertrand Brasil. 2003.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7ª ed. São Paulo: Ícone. 2010.
- CANTARELLA et al. Fertilidade do solo em sistemas intensivos de manejo de pastagens. In: **Simpósio Sobre Manejo de Pastagens**. Inovações tecnológicas no manejo de pastagens, 2002. **Anais ...**Piracicaba: FEALG, 2002, p. 99-132.
- CARNEIRO, L. F. VILELA de R. Á. FURTINI Neto, LOPES, A. SANTOS, J. Z. CURI, N. PEREIRA, T.H. RIBEIRO, L. A. Frações de fósforo no solo em resposta à adubação fosfatada em um latossolo com diferentes históricos de uso. **R. Brasileira de Ciências do Solo**, v 35. 483-491. 2011.
- CASSINI, S. T. **Ciclo do Nitrogênio**. Livro-Texto. Universidade Federal do Espírito Santo, ES, 2005.
- CHERUBIN, Romério et al. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Rev. Bras. Ciência do Solo**. v. 39. 2015. : 615-625p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5 Ed. Revista ampliada. Brasília, DF-Embrapa. 2017.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas agroflorestais**. 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/112/sistemas-agroflorestais-safs>. Acesso em: 06 outubro 2018.

FEARNSIDE, P. M. **A floresta Amazônica nas mudanças globais**. Manaus: INPA. 2003. 134 p.

FRANCO, F.S. TONELLO, K. C. SILVA, F.N. **Sistemas Agroflorestais**. Sorocaba. Edição do autor. 2015. 27p.

FLORENTIN, A.T.N.; ARAÚJO, E. de L.; ALBUQUERQUE. Contribuição de quintais agroflorestais na conservação de plantas da Caatinga, Município de Caruaru. PE. Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. 21(1): 37-47

Instrução Normativa MAPA nº 46, de 06/10/2011. **Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal**. Anexos I a VII. Diário da República Federativa do Brasil. Brasília, 07 out. 2011.

KASTNER, T; RIVAS, M. J. I; KOCH, W; NONHEBEL, S. Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v. 109. 2012. p. 6868-6872.

KLEIN, Claudia; AGNE, Sandra Aparecida Antonini. Fósforo: De nutriente à poluente. **Rev. Eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**. v.8. Cascavel. 2012. p. 1713-1721.

LIMA et al. Consórcio de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) e milho (*Zea mays* L.) cultivado agroecologicamente. **Cadernos de Agroecologia**– Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF. v 13. n 1. 2018. – ISSN 2236-7934.

LIMA et al. Diversidade e capacidade simbiótica de rizóbios isolados de nódulos de *Mucuna*-Cinza e *Mucuna*-Anã. **R. Bras. de Ciência do Solo**. Viçosa. v. 36. n. 2. p. 337-348. 2012.

LIMA et al. Efeito da adubação verde nos atributos do solo. **Rev Conexão eletrônica**. v14. n1. Três Lagoas. 2017. 515-523p.

MACEDO, Clarissa Ferreira. NERY JR, Nelson; MEDAUAR, Odete. Políticas Públicas Ambientais. Estudos em homenagem ao Professor Michel Prieur. São Paulo: **Revista dos Tribunais**. 2009.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 1981. 594p.

MOTA, J. C. A.; FREIRE, A. G.; ASSIS JÚNIOR, R. N. de. Qualidade física de um cambissolo sob sistemas de manejo. **Rev. Bras. Ciências do Solo**. v 37. n 5. Universidade Federal do Ceará. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v37n5/09.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2019.

NASCIMENTO, M. E.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. **Fertilizantes e Sustentabilidade. O potássio na Agricultura brasileira**. 2004. 64p. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicações/Séries>. Acessado em 07/03/2019.

NASCIMENTO et al. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. **Rev. Bras. Ciências do Solo**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v37n5/09.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2019.

OLIVEIRA et al. Comparative assessment of the food purchase program and the national school feeding program's impact in Ubá, Minas Gerais, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, 47: 0106. 2017.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo -decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32. n. 3, p.911-920. 2008.

PENEREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão: um estudo de caso**. Piracicaba, 1999. 138 p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 1999.

RAMOS, M. R.; FAVARETTO, N.; UHLMANN, A.; DIECKOW, J.; VEZZANI, F.; ALMEIDA, L. de,. Produção de hortaliças no sistema orgânico: efeito nos atributos físicos do solo. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 58, n. 1, p. 45-51, jan./mar. 2015.

RIBASKI, J. RADOMSKI, M. I. RIBASKI, S. A. G. Potencialidade dos sistemas silvipastoris para a produção animal sustentável no Brasil. In: II **CONGRESO COLOMBIANO Y 1er Seminario internacional de silvopastoreo**. 2012.

RIGHI, C.A; BERNARDES, M.S. Sistemas Agroflorestais: definição e perspectivas. **Cadernos da Disciplina de Sistemas Agroflorestais**, v.1. 2015.

RONQUIM, C.C. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, 2010.

ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 59-168.

SATO, J. H. Métodos para determinação do carbono orgânico em solos do cerrado. 90f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SANTOS, M. J. C., PAIVA, S. N. Os Sistemas Agroflorestais como Alternativa Econômica em Pequenas Propriedades Rurais: Estudo de Caso. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 135-141. Santa Maria, 2012.

SANTORI, Valdirene Camatti et al., **Cartilha para agricultores: adubação verde e compostagem: Estratégia de manejo para a conservação das águas**, Caxias do Sul, RS: Educs, 2011.

SCHEMBERGUE, A. CUNHA, D.A. CARLOS, S. M. PIRES, M.V. FARIA, R.M. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural - RESR**, Piracicaba-SP. vol. 55, Nº 01, p. 009-030. 2017.

SENA, W. L. de; SILVA, G. R.; SILVA JUNIOR, M. L. Avaliação dos atributos químicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso da terra. **Revista de Ciências Agrárias**. n. 48. p. 25-40, 2006.

SILVA, Evelize Nayara Santana da et al. Variabilidade de atributos físicos e químicos do solo e produção de feijoeiro cultivado em sistema de cultivo mínimo com irrigação. **Rev. Bras. Ciências do Solo**. V.39, n.2, p.598-607. 2015. ISSN 0100-0683

SILVA, Dalva Damiana Estevam da. **Avaliação da degradação ambiental a partir da prática da cultura do feijão no município de Tavares – PB**. Monografia (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Tecnologia e Ciência da Paraíba – PB. 92p. 2012.

SILVEIRA et al. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40. p.283-290. 2010.

SILVA, Sergio Aparecido et al. Indicadores de sustentabilidade da qualidade do solo em agroecossistemas sombreados na Amazônia. **Cadernos de Agroecologia**. Anais do VICLAA, X CBA e V SEMDF. V. 13, n 1, Jul. 2018. ISSN 2236-7934.

SILVA, C. R.; PEREIRA, J. M.; ARAÚJO, Q. R.; PIRES, A. J. V.; DELREI, A. J. Alterações nas propriedades químicas e físicas de um Chernossolo com diferentes coberturas vegetais. **Rev. Bras. de Ciências do Solo**, v. 31, p. 101-107, 2007.

SOUZA, S. R; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG. 2006. p. 215-252.

VILAR, Cesar Crispim Vilar; VILAR, Flavia Carolina Moreira. Comportamento do Fósforo em solo e planta. Campo Digital: **Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, V. 8, n. 2, p. 37 - 44, dez, 2013.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. **Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso**. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J. v 9. 2011.

Capítulo 2

O EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA MELHORIA QUALIDADE DO SOLO NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ-PARÁ

2.1 INTRODUÇÃO

O solo é considerado um dos recursos mais relevantes para a qualidade de vida do planeta, devido a sustentabilidade que o mesmo oferece aos sistemas naturais (MELO et al., 2017⁶, apud BUENO, 2018 p.43). Um solo fértil e produtivo é aquele que contém quantidades suficientes e balanceadas de todos os nutrientes essenciais em forma assimilável (SILVA, 2011), este deve estar razoavelmente livre de materiais tóxicos e possuir propriedades físicas e químicas que atendam a demanda dos vegetais e deve estar localizado numa zona climática capaz de proporcionar suficiente umidade, nutriente e estrutura para o melhor desenvolvimento das raízes e das espécies nele cultivadas (RONQUIM, 2010).

Os atributos do solo, sejam eles químico, físico ou biológico, são afetados por inúmeros fatores ambientais como aeração, cobertura vegetal, fauna edáfica, entre outros. A preservação da produtividade dos solos agrícolas é uma necessidade constatada ao longo da história, pois o mesmo é considerado como recurso natural e dinâmico, porém não renovável, levando a necessidade de práticas agrícolas adequadas para seu manejo e assim evitar o esgotamento dos solos produtivos (NOGUEIRA; TINEL; VASCONCELLOS, 2012).

No entanto, as técnicas de manejo inadequadas provocam uma série de impactos em sua maioria visíveis na paisagem, principalmente nos solos, quando os mesmos se encontram desprovidos de vegetação e nutrientes, levando ao processo de desertificação de algumas áreas. Diante de uma série de fatores degradantes da natureza, observa-se principalmente os cuidados escassos com o preparo e manuseio do solo, motivados certamente pela falta de maiores informações para os agentes produtivos e pela falta de assistência técnica direta. O número descontrolado de produtos químicos na agricultura tem gerado uma crescente preocupação da sociedade atual quanto aos riscos à saúde humana e ao meio ambiente, o que vem alterando o cenário agrícola mundial.

Portanto, devido as práticas agrícolas inadequadas, as quais fazem com que os solos esgotem suas reservas de nutrientes, a reposição nutricional se faz necessária e o enfoque em uma agricultura mais sustentável e conservacionista. Essa conscientização tem levado a implementação de técnicas mais racionais de conservação, fertilização e manejo, abrindo espaço para sistemas mais próximos do natural para assim evitar a perda e indisponibilidade da potencialidade desse recurso.

⁶MELO et al. Chemical and biological quality of the soil in different systems of use in the savanna environment. *Revista Agroambiente*. v 11.101-110. 2017.

A regeneração natural de florestas tropicais ocorre de forma lenta e muitas vezes incerta, norteadas por inúmeros fatores como a agressividade e dominância de gramíneas, a recorrência das queimadas, as condições microclimáticas desfavoráveis, a baixa disponibilidade de nutrientes no solo e a escassez de banco de sementes, por esses e outros fatores nota-se a necessidade de manejar de uma forma mais acelerada a recuperação de áreas alteradas, utilizando sistemas que melhor promovam de forma acelerada e eficaz a recuperação e a qualidade do solo. Entre os sistemas de manejo do solo mais racionais e sustentáveis destaca-se o Sistema Agroflorestal (SAF), caracterizado pela combinação de espécies agrícolas e florestais, adicionados ou não às atividades pecuárias (LIMA et al. 2010).

O SAF é bastante semelhante aos sistemas naturais, pois segundo Costa et al., (2015) o mesmo quando comparado aos sistemas convencionais, apresenta-se de forma potencialmente mais produtiva e sustentável, devido a rápida ciclagem de nutrientes, ao maior acúmulo de matéria orgânica, melhor retenção de água e conseqüentemente melhor umidade do solo. Sendo assim, é correto afirmar que a implantação de um SAF proporcionará uma boa condições ao solo, devido principalmente a combinação da microbiologia do solo, sem que haja grandes perturbações sucedidas do manejo intensivo, podendo até mesmo favorecer o restabelecimento de atributos que sofreram possíveis perturbações.

Uma das principais características do SAF é o acúmulo de matéria orgânica que a combinação dessas espécies oferece, um componente fundamental na manutenção da qualidade do solo, estando envolvida em diversos processos físicos, químicos e biológicos (BRADY e WEIL, 2013). Quando se realiza a introdução de adubos orgânicos, como é o caso do uso das leguminosas, os benefícios são ainda maiores aos solo, desempenhando um importante papel principalmente no que diz respeito ao aumento da quantidade e da qualidade deste material orgânico. A adubação verde é uma prática milenar cujo o objetivo é melhorar a capacidade produtiva do solo, que aportam quantidades adicionais de resíduos vegetais, contribuindo na redução significativa de processos erosivos, além de aumentar os teores de matéria orgânica, gerando efeitos positivos na agregação, estrutura e densidade do solo (EMBRAPA, 2014).

O Monitoramento da melhoria dos atributos do solo, tem sido uma ferramenta cada vez mais útil para compreender a capacidade dos sistemas agroflorestais, devido as relevantes informações a respeito da área à adequação das recomendações de adubação e manejo, de modo a aumentar a rentabilidade do produtor, assim como a sustentabilidade ambiental, além da facilitação para melhor entender o comportamento das culturas no decorrer do seu tempo de desenvolvimento, pois, a avaliação das características tanto químicas quanto físicas do solo

proporcionará o conhecimento da qualidade do aporte orgânico e da disponibilidade de nutrientes. Portanto, levando em consideração todos os benefícios que a adubação verde proporciona, o estudo sobre a inclusão de plantas adubadeiras como o feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.) em sistemas agroflorestais é de grande relevância para região, de modo a convalidar estudos que comprovem a rapidez como as mesmas se desenvolvem na descompactação e no aumento da fertilidade do solo.

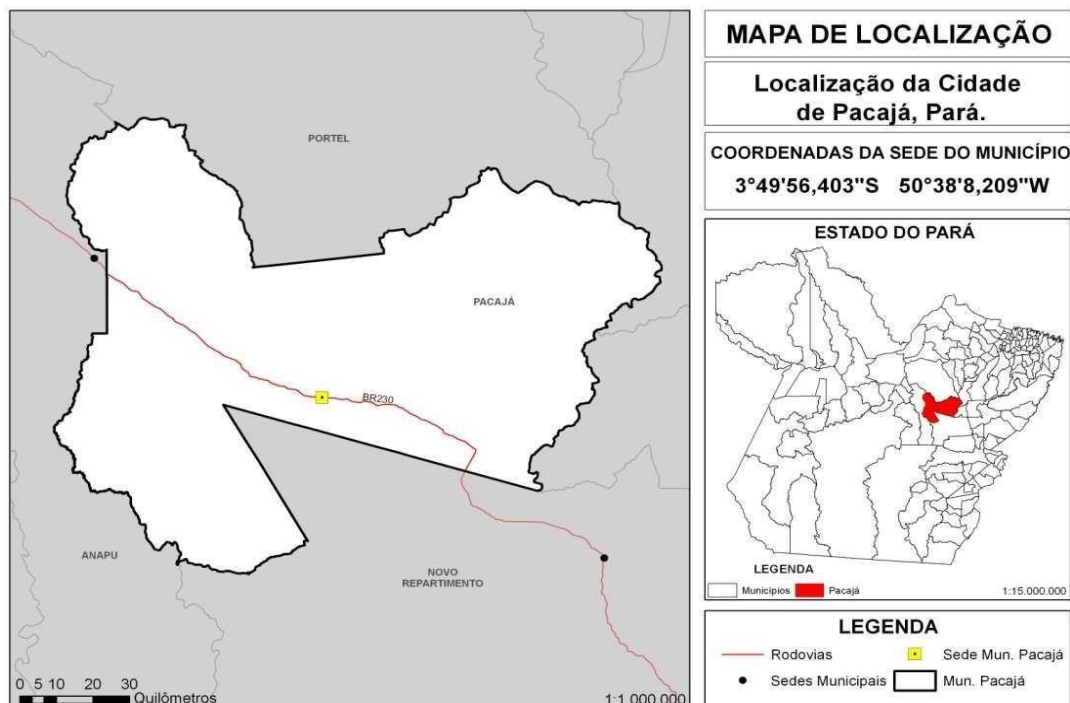
Logo, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as dinâmicas dos atributos físicos e químicos do solo em dois períodos de amostragem (chuvoso e seco) em sistemas agroflorestais (SAFs) em comparação com solo em condições de vegetação secundária no município de Pacajá Pará.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área experimental

O município de Pacajá está localizado às margens da BR-230 (Rodovia Transamazônica) no sudoeste do estado do Pará (Figura 1), possuindo uma extensão territorial de 11.832 km² (IDESP, 2018).

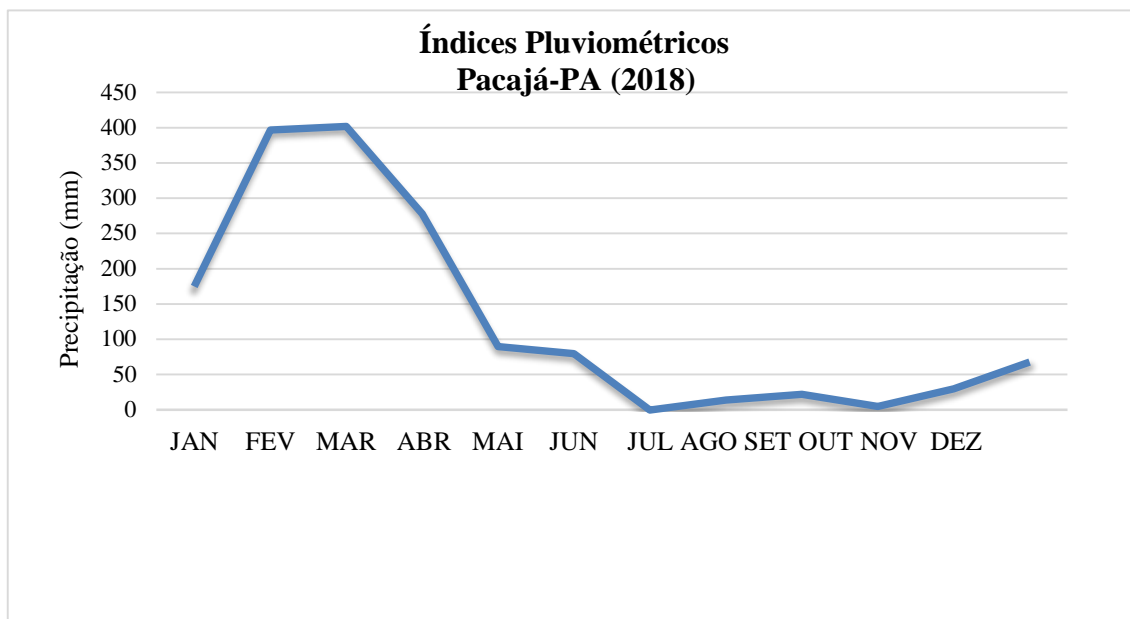
Figura 1 - Mapa de localização do município de Pacajá



Fonte: REZENDE (2013).

As características climáticas do Município de Pacajá correspondem ao clima tropical úmido Af, de acordo com a classificação de *Köppen-Geiger*, apresentando temperatura mínima de 21°C e máxima de 32°C, umidade relativa do ar de 85 a 90% e índice pluviosidade anual de 2.300 mm (SEMMA, 2017). A precipitação climática é mais frequente entre os meses de fevereiro a abril, chegando a coletar 350 mm no mês de abril e entre os meses de agosto a outubro, período mais seco, este valor cai para 70 mm no mês de outubro (Figura 2).

Figura 2 - Índice Pluviométrico ano de 2018 do município de Pacajá.



Fonte: Próprio autor

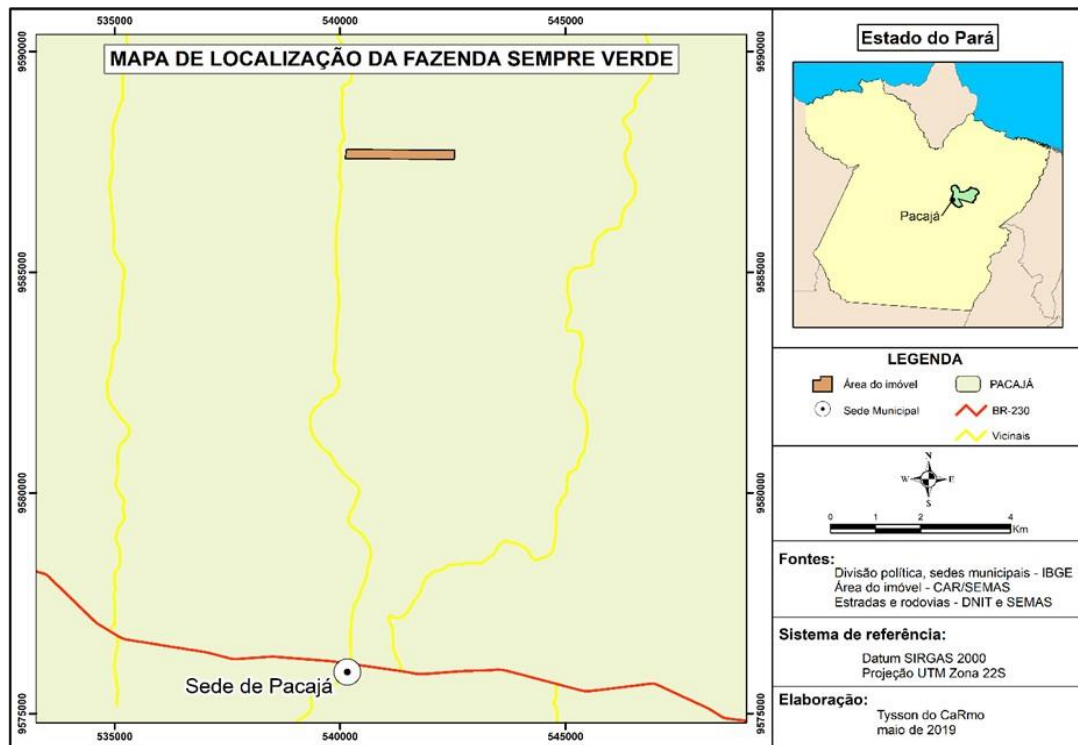
Os solos predominantes no Município de Pacajá estão em associações nas seguintes classes de solos: Podzólico Vermelho-Amarelo, textura argilosa; Podzólico Vermelho-Amarelo Plíntico, textura argilosa; Latossolo-Amarelo distrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado e ondulado; Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa; e Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, relevo ondulado e forte ondulado (SEMMA, 2017).

Predomina no município de Pacajá a Floresta de Terra Firme, de acordo com as variações de relevo e solo, nos seguintes subtipos: Floresta Densa dos Platôs, pequena ocorrência a noroeste do Município; Floresta Densa Submontana, na superfície arrasada da serra de Carajás; Floresta Densa dos Vales, ao longo dos cursos d'água; Floresta Aberta Latifoliada cipoal, nas encostas das colinas e outeiros, e Floresta Aberta Mista coccol nos topos aplainados do relevo residual (SEMA, 2017).

2.2.2 Histórico de uso da área

O estudo foi realizado na propriedade rural Fazenda Sempre Verde, localizada na vicinal portal, doze quilômetros da sede do município de Pacajá, identificada pelas coordenadas geográficas latitude 03° 43'49.4" e longitude de 050°37'56.3"W (Figura 3).

Figura 3 - Mapa de localização da propriedade Fazenda Sempre Verde no município de Pacajá.

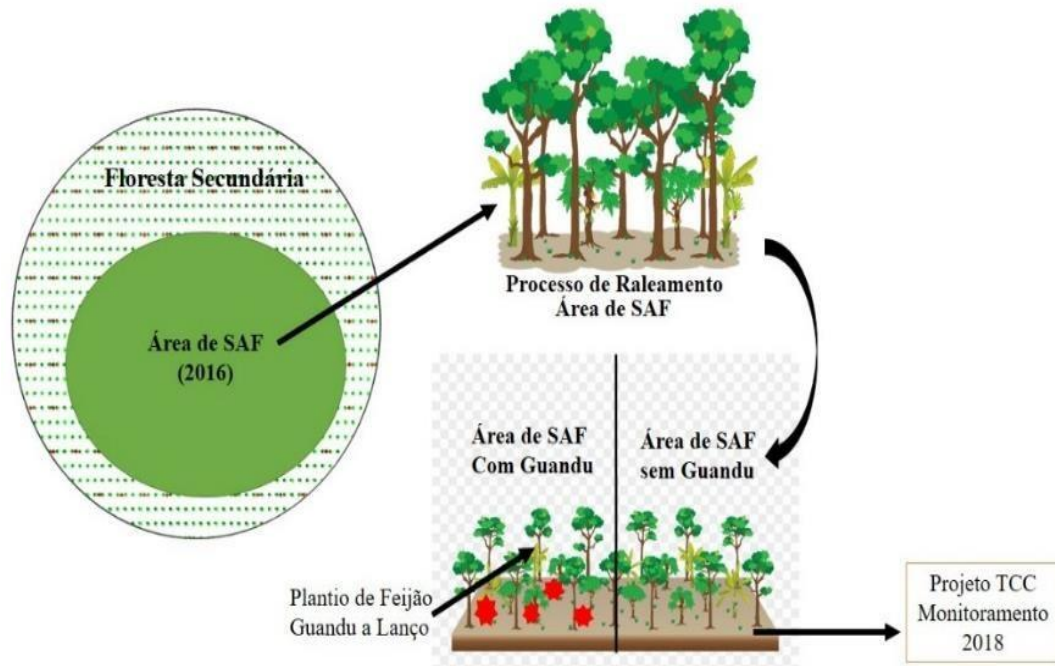


Fonte: (Projeção SIRGAS 2000, CARMO, 2018)

O histórico de uso da área remete à atividades agrícolas e pecuárias de subsistência, sendo estas as fontes de renda há duas décadas. A mesma foi adquirida no final dos anos 80, onde inicialmente foi realizado o plantio de culturas anuais como milho (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), mandioca (*Manihot esculenta*). Após alguns anos intensificou-se somente plantação de café (*coffea sp.*), que permaneceu predominante por sete anos e em seguida foi abandonado, dando lugar a vegetação do tipo capoeira. Atualmente a área agrícola encontra-se divididas em diferentes agroecossistemas, entre elas Sistema Agroflorestal – SAF.

O Sistema Agroflorestal foi implantado em 2016, com parceria entre a Universidade Federal do Pará – Campus Altamira e o programa Florestabilidade da Fundação Roberto Marinho, que utilizou o local do projeto de SAF como unidade demonstrativa para a região de Pacajá (Figura 4).

Figura 4 - Desenho esquemático referente ao histórico de implantação do Sistema Agroflorestal.



Fonte: Próprio autor

A escolha das culturas foi realizada de acordo com o interesse do produtor, sendo tal área primeiramente condicionada à implantação do feijão guandu e posteriormente a realização do cultivo de culturas agrícolas. Tanto a área da floresta secundária quanto a área de SAF, realizou-se o monitoramento dos atributos químicos e físicos do solo durante o ano de 2018 período em que foi realizada implantação do experimento do presente estudo.

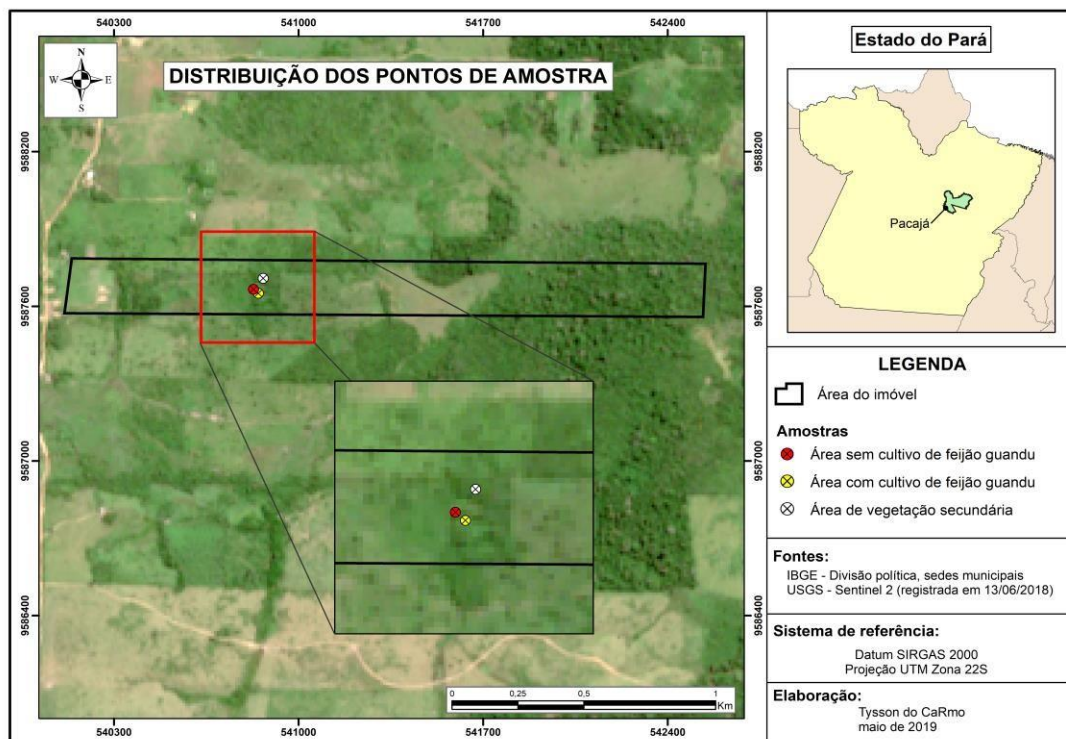
O Sistema Agroflorestal é formado pelas culturas de Banana (*Musa spp.*), cacau (*Theobroma cacao*), açai (*Euterpe oleracea*), café (*coffea sp.*), mandioca (*Manihot esculenta*) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) com a presença de importantes espécies florestais como tatajuba (*Maclura tinctoria*), jatobá (*Hymenaea courbaril*) e Cedro (*Cedrela fissilis*).

2.2.3 Delineamento experimental

As coletas foram realizadas em duas épocas diferentes, em função da maior e menor intensidade de chuva, sendo a primeira coleta realizada no mês de fevereiro 2018 e a segunda no mês de outubro de 2018, período chuvoso e seco, respectivamente.

O delineamento experimental da presente pesquisa foi inteiramente casualizado (DIC) e a distribuição dos pontos das amostras foi realizada em três áreas distintas conforme mostra a figura 5.

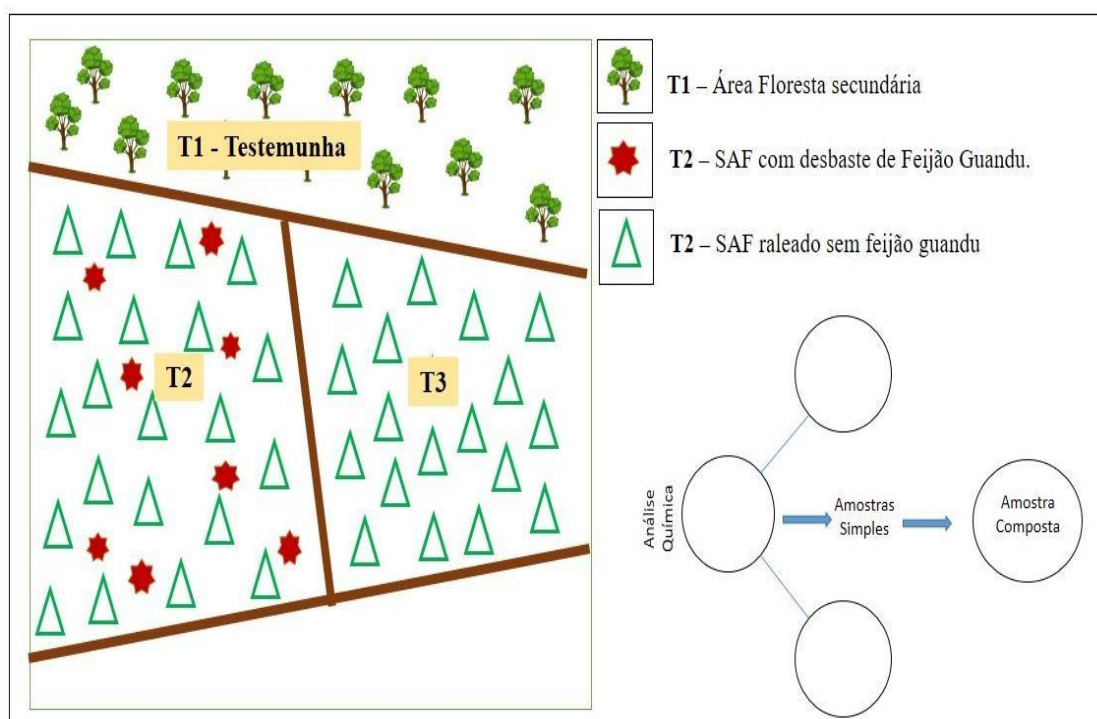
Figura 5 - Distribuição dos pontos das amostras coletadas na área



Fonte: (Projeção SIRGAS 2000, CARMO, 2018)

Os ambientes de estudo foram definidos com base nas características atuais de manejo da área, sendo assim, delimitados três tratamentos conforme croqui representado na Figura 6.

Figura 6 - Croqui representativo dos pontos de coletas nos tratamentos.



Fonte: CARMO (2018).

As diferentes áreas representadas acima corresponde aos três tratamentos que compõe o presente estudo as quais estão submetidas à diferentes tipos de manejo no solo, sendo: Área de Vegetação secundária que foi utilizada como testemunha definida como T1 ou VS, formada por vegetação do tipo capoeira com uma idade aproximada de 12 (doze) anos de pousio, área de SAF jovem definido com a nomenclatura T2 ou SAF C/G, que apresenta-se com uma idade aproximada três anos de implantação, onde o mesmo, além do processo de raleamento, foi submetido a inserção da leguminosa com um desbaste parcial ocorrido no início do período chuvoso e outro no início do período seco no ano de 2018 e a área de SAF denominada de T3 ou SAF S/G, caracterizada pelo processo de raleamento da vegetação porém sem introdução de leguminosas ou qualquer outro tipo de adubação verde. Em todas as áreas descritas, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para realização das análises química e física, respectivamente, seguindo a metodologia proposta por Santos et. al (2015).

2.2.4 Análise dos atributos químicos

Cada tratamento foi dividido em duas repetições denominadas de R1 e R2 e em forma de zigue-zague foram coletadas porções de solo de cada repetição, sendo necessária a coleta de três amostras simples (sub-amostras) colhidas ao acaso para formação de uma amostra composta pra cada profundidade (0-20, 20-40cm). As mesmas foram acondicionadas em sacos plásticos e enviadas para Universidade Federal do Pará – Campus Altamira e submetidas ao preparo de secagem de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) no laboratório de solos e posteriormente peneiradas em malhas de 2mm para realização da respectiva análise.

A análise química foi realizada no Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental - FULLIN, localizada no município de Linhares, no Espírito Santo, onde foram determinados os teores de Fósforo (P), Potássio (K^+), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Alumínio (Al^{3+}), Acidez Potencial ($H+Al^{3+}$), Soma de Bases trocáveis (SB), porcentagem de Saturação por Bases (V%), porcentagem de Saturação por Alumínio (m%) e a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Todas as análises foram realizadas conforme metodologia prescrita pela Embrapa (2009), sendo:

- Os teores de Fósforo (P), Potássio (K^+), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), pelo extrator Mehlich-1.
- Matéria Orgânica (MO) pelo mesmo método de carbono orgânico (Walkley-Black (EMBRAPA, 2009) com fator equivalente igual a 1,724.

- Potencial Hidrogeniônico (pH) em potenciômetro de eletrodo combinado (água e cloreto de cálcio) na relação solo.

2.2.5 Análise dos atributos físicos

A classificação textural foi determinada no laboratório de Solos da Universidade Federal do Pará, Campus de Altamira – UFPA/CALT, onde foram as frações das amostras deformadas foram submetidas ao método da pipeta utilizando-se uma metodologia adaptada do Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 2011). A interpretação dos resultados foram baseados na classificação do Sistema brasileiro de solos proposta pela Embrapa (2010), e os teores de frações granulométricas do solo (areia, silte e argila) forma quantificados de acordo com mas fórmulas abaixo:

<p>Teor de argila = [argila (g) + dispersante (g)] - dispersante (g) x 1.000 Teor de areia fina = areia fina (g) x 20 Teor de areia grossa = [areia fina (g) + areia grossa (g)] - areia fina x 20 Teor de silte = 1.000 - [argila (g) + areia fina (g) + areia grossa (g)]</p>

Fonte: Embrapa (2010), adaptações Próprio autor (2019).

Para determinação da densidade do solo (DS), foram utilizadas amostras indeformadas na camada superficial do mesmo, as quais foram coletadas em anéis volumétricos com auxílio de trado Uhgland, seguindo a metodologia proposta por Santos et al., (2015), posteriormente as mesmas foram encaminhadas ao laboratório de Solos da Universidade Federal do Pará, Campus de Altamira – UFPA/CALT, para realização da referida análise. Para obtenção do valor de Densidade do solo, seguiu-se o método proposto por Embrapa (2017), onde:

$$D = \frac{m}{V}$$

Em que:

D_s = Densidade do Solo, em kg/dm³ (equivalente a g cm⁻³).

m_a = massa da amostra de solo seco a 105 °C até peso constante, em g.

V = volume do cilindro, em cm³

2.2.7 Análise estatística

A análise estatística será realizada através do teste não-paramétrico de Wilcoxon (P<0,05), considerando a média aritmética dos valores dos teores dos nutrientes obtidos das repetições das amostras de solo nas duas profundidades. Neste caso, quando duas amostras de solo (X_i e Y_i) são comparadas e ambas apresentam a mesma similaridade ($X_i = X_i$) em suas propriedades químicas, tem-se a hipótese de nulidade (H_0). Já quando duas amostras de solo

(X_i e Y_i) são comparadas e ambas apresentam diferentes similaridade ($X_i \neq X_i$) em suas propriedades químicas, tem-se a rejeição da hipótese de nulidade (H_0) aceitando-se então a hipótese alternativa (H_1) a uma margem de 0,05% de probabilidade de erro, caracterizando assim que as duas amostras de solo avaliadas são mutuamente independentes.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Análise física

A qualidade física do solo é um importante elemento de sustentabilidade, sendo uma área de estudo em contínua expansão já que as propriedades físicas e os processos do solo estão envolvidos no suporte ao crescimento radicular, armazenagem e suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e atividade biológica (ARAÚJO et al., 2012).

As frações de areia, silte e argila determinam a textura dos solos e a classificação do mesmo. Nesse sentido a classificação textural do solo nas profundidades 0-20 e 20-40 cm, sob os tratamentos estudados encontram-se representados na tabela 1 referente aos períodos chuvoso e seco.

Tabela 1 - Classificação textural dos tratamentos analisados no período chuvoso.

TRATAMENTOS	CLASS. GRANULOMÉTRICA*	CLASS. TEXTURAL**
PERÍODO CHUVOSO		
T1	Franco Siltosa	Média
T2	Franco Siltosa	Média
T3	Franco Siltosa	Média
PERÍODO SECO		
T1	Franco Siltosa	Média
T2	Franco Siltosa	Média
T3	Franco Siltosa	Média

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

* Triângulo Textural do Sociedade Internacional da Ciência do Solo (ANEXO 1).

** Classificação Geral de Embrapa (2017)

Observa-se no presente estudo a predominância da textura média em todos os tratamentos e profundidades estudadas. A textura tem grande influência no comportamento físico e químico do solo e sua avaliação é de suma importância para determinar o tipo de manejo adequado a ser implantado (BEUTLER⁷ et al., 2005 apud STEFANOSKI, 2013). Entretanto, o uso e manejo do solo, afetam muito pouco a textura de um solo, implicando no fato que em

⁷BEUTLER et al. Intervalo hídrico ótimo no monitoramento da compactação e da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1223-1232, 2007.

nível de propriedade rural, em áreas com classe textural similar, as variações da qualidade física estão associadas à variação de outras propriedades físicas do solo.

No que se refere a densidade do solo (Ds), no período chuvoso os valores médios obtidos foram de 1,35 g/cm³ em T1, 1,43 g/cm³ em T2 e 1,39 g/cm³ em T3 e no período seco os valores reduziram atingindo as faixas de 1,30, 1,31 e 1,27 g/cm³ para T1, T2 e T3, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios dos tratamentos analisados em dois períodos de amostragem

TRATAMENTOS	PERÍODO CHUVOSO	PERÍODO SECO
T1	1,35 g/cm ³	1,30 g/cm ³
T2	1,43 g/cm ³	1,31 g/cm ³
T3	1,39 g/cm ³	1,27 g/cm ³

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Os valores de DS encontram-se dentro da média adequada para o tipo de textura uma vez que, segundo Brady e Weil (2013), solos classificados como franco siltosos cultivados de textura média, devem apresentar valores de densidade na faixa de 0,9 a 1,5 g/cm³, o autor ainda ratifica que solos francos siltosos com teor de matéria orgânica adequada, geralmente possuem densidade menor quando comparados aos arenosos. Solos com textura fina organizam melhor suas partículas estruturais, uma vez que os mesmos quando bem agregados apresentam porosidade total maior, fazendo com que a densidade desse solo seja mais baixa.

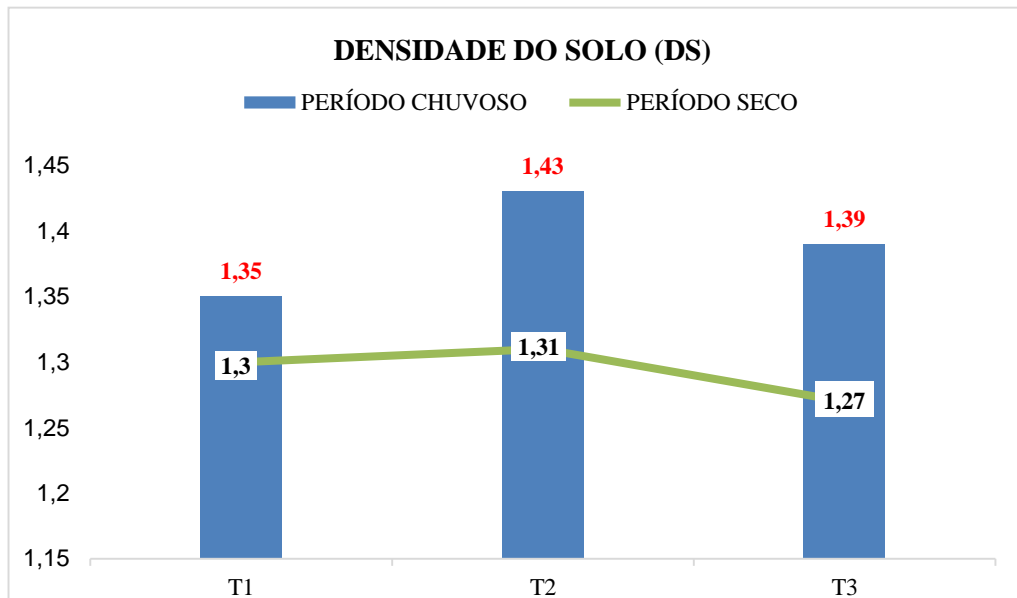
Souza et al., (2018), em seus estudos em áreas de floresta no município de Brasil Novo, também obtiveram valores semelhantes, corroborando com os encontrados nesta pesquisa, o qual também indica que o possível resultado ocorre em virtude do maior aporte de Matéria O. Lisboa e Miranda (2014), contribuem na mesma linha, ratificando que a Ds reflete o arranjo das partículas que, por sua vez, define as características do sistema poroso, assim maiores densidades do solo refletem menores valores para porosidade total.

Negreiros Neto et al., (2014) encontrou valores superiores em estudo com sistema plantio direto em áreas do cerrado tocantinense, onde obtiveram o valor de 2,47 g/cm³, sendo esse bastante elevado comparado aos encontrados nesse estudo. Logo, os mesmos atribuíram esses resultados ao adensamento natural devido a ausência de revolvimento solo e também pela compactação provocada pelo tráfego de máquinas no Sistema de Plantio Direto – SPD.

A área de vegetação secundária (T1), apresentou-se com menor valor de densidade em comparação as outras áreas no período chuvoso, porém no período seco a menor DS foi atribuído a área de T3 e o tratamento que apresentou o processo mais acelerado de compactação

foi o T2 conforme mostra a figura 7.

Figura 7 - Valores médios de DS entre os tratamentos nos dois períodos de amostragem



Fonte: Próprio autor

O resultado de menor densidade para área de vegetação secundária pode ser explicado por se tratar de uma área de regeneração natural, a qual se encontra em pousio há mais de doze anos, sem uso de máquinas ou qualquer atividade antrópica, porém a mesma apresentou uma descompactação mais lenta quando se analisou o período chuvoso, com o valor de densidade maior que o tratamento de SAF S/G. Tal resultado mostra que o manejo com SAF inclui benefícios mais relevantes ao solo, devido a constante adição de matéria orgânica na área de implantação que este tipo de sistema oferece pois, Betioli Júnior et al., (2012), ratifica que uma das formas de incrementar a estrutura do solo é por meio da adição e conservação da matéria orgânica. Cunha et al. (2011), contribui também explicando que aporte de materiais orgânicos no solo, reduz a densidade e eleva o número de poros, favorecendo a infiltração e a aeração para o desenvolvimento das plantas.

Apesar do T2 ter apresentado valor maior de densidade em todos os períodos analisados, é importante destacar que numericamente, a maior redução de um período para o outro ocorreu neste tratamento, diminuindo de 1,43 para 1,31 g/dm³ do chuvoso para o seco. Tal resultado implica afirmar que a área onde ocorre o manejo com uso de leguminosas como o feijão guandu, a probabilidade de diminuição da densidade do solo é bem maior, visto que as suas raízes de característica agressiva, promoveu a descompactação de forma natural no solo,

bem como a inserção do material orgânico proveniente da parte aérea da cultura, uma vez que parte do cultivo do feijão guandu foi desbastado e utilizado como cobertura morta do solo.

Portanto, vale ressaltar a relevância do manejo com uso do feijão guandu, pois foi o único tratamento observado capaz de reduzir a densidade do solo no período seco. Os resultados descritos acima indicam que esse tipo de manejo deve ser recomendado para recuperação dos atributos físicos do solo, favorecendo a produção de outras espécies dentro do SAF.

2.3.2 Análise Química

Quanto a análise química, os resultados obtidos nesta pesquisa estão descritos na tabelas 3, referente aos dois períodos de coleta, e para interpretação dos resultados atribuiu-se aos valores de referência de Embrapa (2009).

Tabela 3 - Teores médios dos atributos químicos no solo em diferentes sistemas de manejo em dois períodos de amostragem (Chuvoso e Seco).

TRAT	P -mg/dm ³ --	K	Ca	Mg	Al	H+Al	pH	MO H ₂ O dag/kg	SB	CTC --Cmolc/dm ³ --	m%	V%
PERÍODO CHUVOSO / PROFUNDIDADE 0-20cm												
T1	2,3	11,7	0,6	1	2,1	8,1	4,1	2,5	1,6	9,8	56	17
T2	3,3	22,4	1,6	0,6	0,7	7,1	4,3	3	2,3	9,5	25	25
T3	2,8	14,5	1,2	0,4	1,8	7,3	4,1	2,4	1,7	9	53	19
PERÍODO CHUVOSO / PROFUNDIDADE de 20-40cm												
T1	0,8	11,7	0,3	0,5	2,0	6,8	4,1	2,0	0,8	7,7	71	11
T2	1,3	29,3	0,6	0,5	1,0	6,9	4,2	1,8	1,1	8,2	43	15
T3	1	11,3	0,5	0,2	0,7	6,5	4,3	1,9	0,7	7,3	47	11
PERÍODO SECO / PROFUNDIDADE 0-20cm												
T1	3	18	0,5	0,1	1	6,1	4,7	2	0,7	6,9	57,0	13
T2	6	59	0,9	0,3	0,4	3,4	5,4	2,5	1,3	4,7	24	28
T3	6,5	61	0,9	0,2	0,3	3,6	5,3	1,9	1,2	4,9	18,0	28
PERÍODO SECO / PROFUNDIDADE de 20-40cm												
T1	2	10	0,6	0,1	1,2	6,2	4,6	2	0,7	6,6	71,5	8
T2	3	29	0,9	0,2	0,3	2,9	5,3	1,5	1,1	4,2	22	29
T3	3 ⁸	22	1	0,2	0,2	3,1	5,4	1,3	1,2	4,4	16,5	30

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

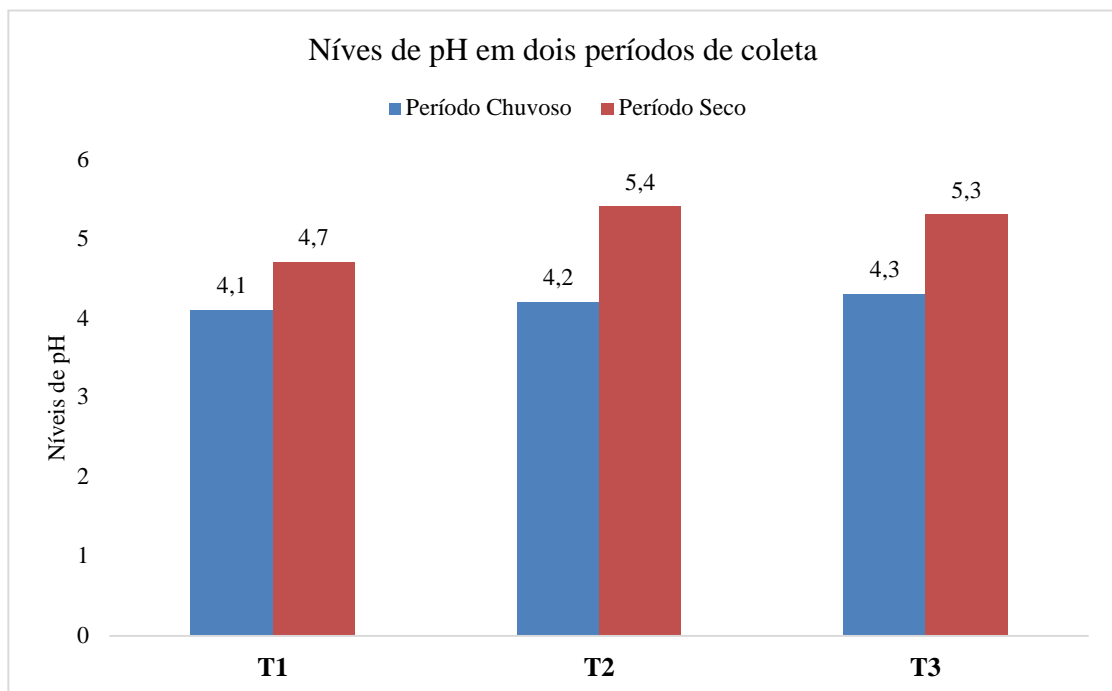
De modo geral, os teores dos parâmetros químicos foram considerados mais baixos no período chuvoso e melhores no período seco, porém, observa-se que mesmo no intervalo de tempo de um período para o outro, as variáveis analisadas ainda se encontram-se abaixo do recomendado. Segundo NOLLA et al. (2013 apud GONÇALVES et al., 2015), a

⁸ NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; SILVA, C. A. T.; SILVA, T. R. B.; ZUCARELLI, V.; SILVA, M. A. G. Correcting soil acidity with the use of slags. African Journal of Agricultural Research, África, v.8, n.41, p.5174-5180, 2013.

disponibilidade de nutrientes está relacionada com o pH do solo, onde solos com pH baixo (<5,5) a disponibilidade de macronutrientes também é baixa.

Sendo assim, para haja uma melhor disponibilidade de nutrientes, evitando ainda a toxidez promovida por alguns elementos, o pH ideal para as plantas deve permanecer dentro da faixa que varia de 5,5 a 6,5, apesar dos valores variarem entre as culturas, uma vez que algumas crescem melhor na faixa 6,0 a 7,0 e outras se desenvolvem em condições levemente ácidas. Considerando as informações acima, os resultados do valores de pH durante o período chuvoso foram bastante críticos, apresentando acidez elevada na faixa de 4,1 a 4,3 porém aumento ocorreu de forma significativa no período seco tanto no T2 como também para T3, saindo da referência de elevado para teor médio variando entre 5,3 a 5,4 (Figura 8).

Figura 8 - Níveis de pH nas duas profundidades estudadas entre os períodos de amostragem.



Fonte: Próprio Autor

A área T1 apresentou valores elevados de pH, variando entre 4,1 a 4,7 entre os períodos. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2018) em áreas de capoeira, nas profundidades de 0-20cm e 20-40cm, com valores de pH em nível de acidez elevados, variando entre 4,1 e 4,8. Já em estudos realizados por Freitas et., al (2015) em latossolo vermelho submetido a diferentes manejos, os resultados foram inferiores, variando de 3,7 a 3,8 na área de mata, sendo esse resultado apresentado provavelmente em consequência da maior lixiviação promovida pelo intenso regime hídrico associado às melhores condições de drenagem em área de mata. Mantovanelli et al. (2016), ratificam ainda que em decorrência das

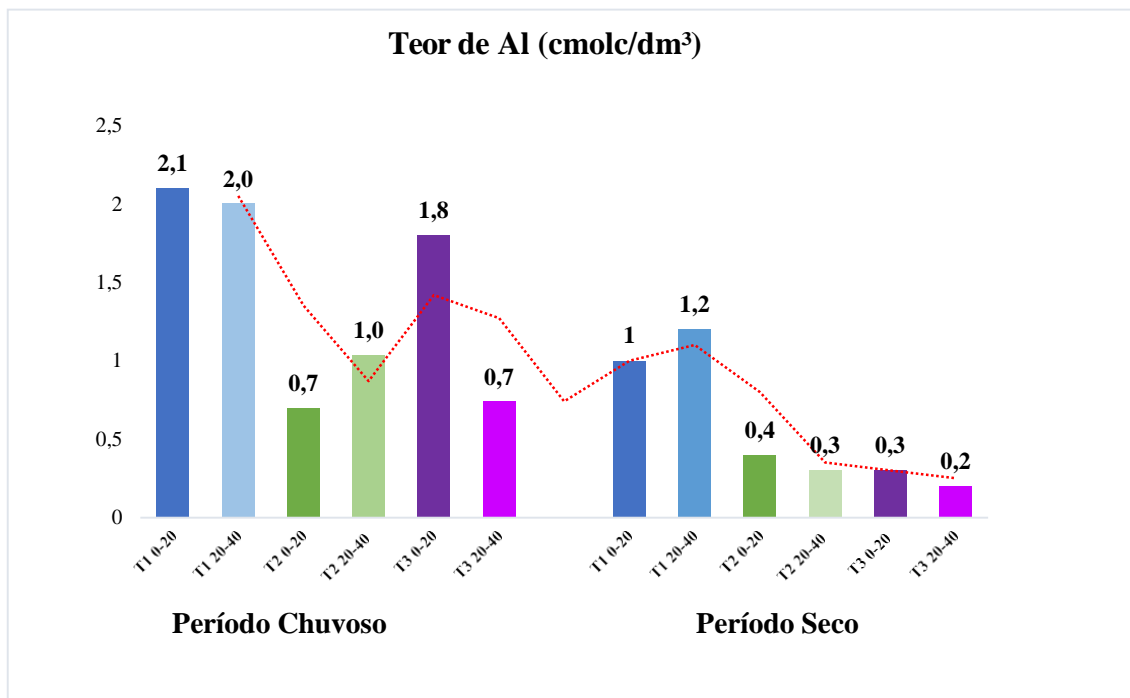
elevadas taxas de lixiviação, os solos amazônicos são altamente intemperizados, caracterizando-se por apresentar acidez elevada, alta saturação por alumínio e baixa concentração de nutrientes.

Apesar dos valores obtidos em T2 e T3 não atingirem a faixa ideal, os mesmos são satisfatórios, uma vez que não foi realizado nenhum processo de calagem no local e o aumento do pH evidencia que a área com manejo com SAFs tem realizado o mesmo trabalho porém de forma natural. Vale ressaltar, que quando o pH atinge a faixa de 5,2 a 5,3, o Alumínio trocável está quase na sua totalidade insolubilizado e não causa mais danos as raízes (Tomér Jr, 1997).

Outro fator que contribui para aumento do pH é o processo de capacidade de tamponamento da solução no solo. Essa característica está ligada à elevada CTC do húmus e à baixa dissolução de íons H^+ dos ácidos orgânicos, logo, o poder tampão é diretamente proporcional ao teor de MOS, ou seja, quanto maior o teor desta, maior será a resistência do solo à mudança de pH (SOUSA NETO, 2013).

Logo, nota-se que, com o aumento do pH entre os períodos estudados, os teores de Alumínio (Al^{+3}) apresentaram uma relevante redução do período chuvoso para o período seco em todos os tratamentos (Figura 9).

Figura 9 - Resultado dos teores de Alumínio nas duas profundidades e períodos estudados .



Fonte: Próprio autor

O teores de alumínio nos tratamentos estudados variaram de 0,7 a 2,1 Comlc/dm³ no período chuvoso, e média de 0,2 a 1,2 Cmolc/dm³ no período seco. Pelos valores de referencias

de Embrapa (2009), os teores de Al são considerados altos, pois quando os teores se encontram acima de $0,3 \text{ cmolc/dm}^3$ implicando no início de um processo de toxidez no solo, podendo inibir o crescimento radicular, pois quando o alumínio penetra na raiz a maior parte dele permanecerá na parte radicular danificando as células e restringindo a expansão de suas paredes, impedindo assim o seu crescimento.

Segundo Lopes et al. (2011), os processos de degradações dos solos estão ligados à elevada acidez, propiciada pela alta quantidade de Al^{3+}H . Os íons Al^{3+} e H adsorvidos na CTC exercem influencia negativa na alcalinidade, devido a capacidade de aumentar a concentração de íons H na solução do solo, isso ocorre devido ao processo de hidrólise⁹ do $\text{Al}^{3+}\text{H}_2\text{O}$, formando $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, e cada molécula de $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ formada a partir desse processo, pode novamente se hidrolisar com outra molécula de H_2O , formando uma $\text{Al}(\text{OH})_3$ e conseqüentemente liberando outra molécula de H na solução do solo e assim permite o aumento da acidez ativa, possibilitando aos solos ácidos permanecerem mais ácidos (BRADY, 1989).

No entanto, no período seco os teores de Al reduziram consideravelmente, sendo os melhores resultados favorecidos ao T2 variando de 0,2 a $0,4 \text{ Cmolc/dm}^3$. O resultado encontrado corroboram com estudos de Freitas et al. (2015), em latossolo vermelho submetido a diferentes manejos, onde os maiores valores foram encontrados na área de mata acompanhando as variações de pH assim como Cunha Neto et al. (2018), que relacionou o baixo valor de pH encontrado em sua pesquisa com ao alto teor de Al no solo, uma vez que seus valores de pH também variaram entre 4,2 a 4,8 e os valores de Al entre 1,6 a $2,3 \text{ Cmolc/dm}^3$.

Em decorrência dos teores de alumínio, a acidez potencial (H^+Al), também variaram entre os tratamentos, apresentando comportamento similar ao Al^{3+} , mostrando redução entre profundidades do período seco para o chuvoso. Os melhores valores no período seco foram obtidos na área de T2 com variação de 2,9 a $3,4 \text{ Cmolc/dm}^3$ entre as duas profundidades. A redução pode ser explicada pelo aumento do valor do pH, pois da mesma forma como ocorre no alumínio, o valor do pH aumentando valor da acidez potencial diminui (LIMA FILHO et al., 2014). O resultado também pode está relacionado ao teor de matéria orgânica encontrada nas duas profundidades da área de floresta, pois segundo Freitas et al. (2017), a matéria orgânica do solo apresenta vários grupos funcionais, especialmente os grupos carboxílicos e fenólicos, que podem liberar o H^+ que irá compor os íons envolvidos na capacidade de troca de cátions do solo (CTC).

⁹**Hidrólise:** hidro (água), lise (quebra), corresponde a um processo químico que envolve a quebra de uma molécula em presença de água (MARCONE, 2019).

Além da Acidez potencial, o teor de Al^{+3} , está diretamente ligado na saturação do solo por este elemento (m%), pois a alta toxidez no solo ocorre quando o m% encontra-se $>50\%$, caracterizando um solo álico. Logo, considerando os resultados encontrados nesse estudo, é possível observar que os valores de m% foram maiores em áreas de vegetação secundária nos dois períodos e nas duas profundidades estudadas onde apresentou percentual variando de 57 a 71% . Os resultados corroboram com os encontrados por Stocker et al. (2017), quando os mesmos realizaram um diagnóstico das condições químicas do solo sob sistemas agroflorestais e obtiveram valores semelhantes em área de mata nativa de 53%, onde pressupõe-se que essa toxidez ocorra devido a liberação de alumínio que ocorre em matas nativas influenciado pelo pH baixo, gerando assim um acréscimo na porcentagem de m (%).

Em todas as áreas, os teores matéria orgânica (MO), foram considerados médios, variando entre 1,7 e 3 dag/kg no período chuvoso e 1,5 a 2,5 dag/kg no período seco corroborando com os valores encontrados por Bezzera et al. (2018) em áreas de SAF no município de Brasil Novo, o qual obteve média de 2,1 dag/kg.

Pesquisa realizada por Neves (2013), confirma que os maiores valores de matéria orgânica do solo foram encontrados nos horizontes superficiais do solo, decrescendo com o aumento da profundidade. A manutenção da matéria orgânica é essencial para sustentabilidade da agricultura, uma vez que os aumentos nos seus níveis conduzem, geralmente, a uma maior produtividade das culturas, e aumento na eficiência de utilização dos nutrientes. Brady e Weil (2013), relata ainda que a MO quando presente em maiores quantidades, a mesma influencia e promove significativamente a manutenção das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente em seus horizontes mais superficiais, auxiliando no processo de reversão e melhoria do estado de compactação do mesmo.

Observa-se que os teores de MO reduziram em todos os tratamentos na camada superficial, quando se compara os valores do período chuvoso para o seco, evidenciando o efeito do processo de mineralização nas áreas estudadas, inclusive vale ressaltar que o mesmo acontece na mesma proporcionalidade para todas as áreas. No entanto, o resultado do processo de decomposição da matéria orgânica, de modo geral, beneficiou o T2 onde ocorre o manejo com feijão guandu, uma vez que propiciou o incremento nos teores de potássio e cálcio o qual apresentaram em maiores teores no referido tratamento, além da diminuição do Al e aumento do pH da área estudada.

Os teores de Fósforo (P), aumentaram na camada superficial em todos os tratamentos. O resultado obtido nas duas áreas de SAFs foram superiores a área de vegetação secundária,

demonstrando. Loro et al., (2016), obtiveram valores inferiores em área de SAF quando esse avaliou os atributos químicos do solo em cinco sistemas de manejo distintos no município de Dourado – MS, com uma média de $2,5 \text{ mg/dm}^3$ de P na camada superficial de 0-20cm.

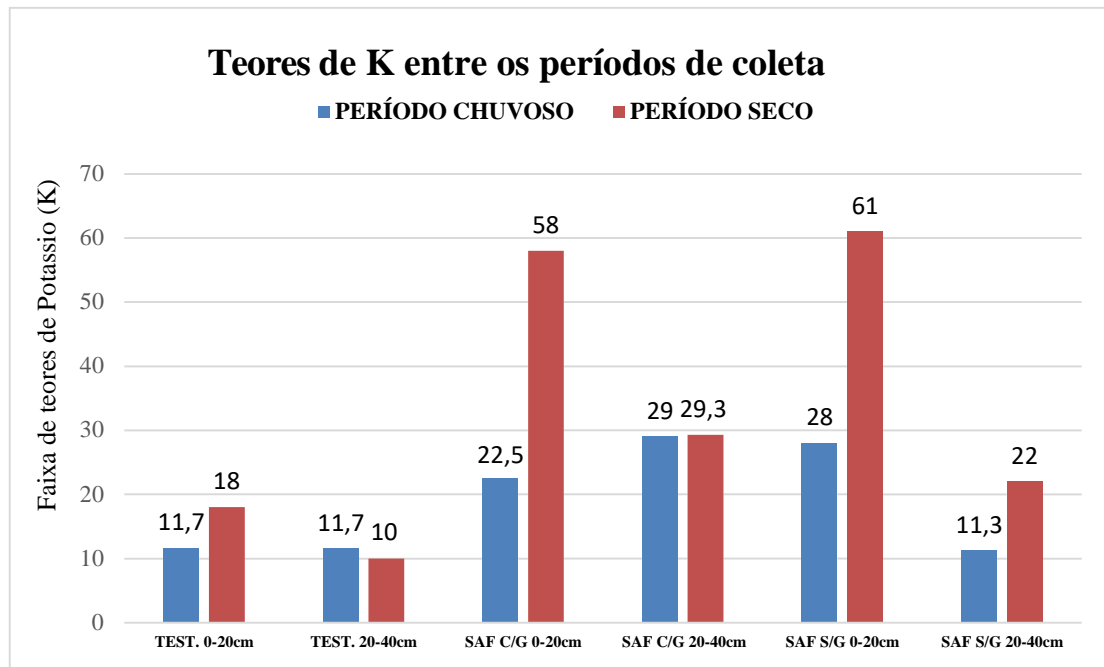
O aumento dos teores de fósforo nos dois tratamentos citados acima, pode ser explicado pela variedade de espécies encontradas na área de SAF tanto no T1 como também no T2, além do processo de desbaste do feijão guandu ocorrido na área do T2, os quais vem influenciando no acúmulo maior de matéria orgânica ocasionando assim o aumento de fósforo no local, pois segundo Embrapa (2009), o P é um elemento de baixa mobilidade e tende a diminuir quando teor de matéria orgânica também reduz, tal fato ainda se explica no presente estudo, quando se correlaciona o valores de fósforo com de matéria orgânica para as profundidade de 20-40cm.

Malavolta (1981), ainda ratifica que o fósforo também pode ser afetado pela variação do pH, pois este elemento tem a sua maior solubilidade a um pH em torno de 5,5 – 6,0. A medida que o pH vai atingindo valores menores que 5,0, o fósforo vai se insolubilizando na forma de fosfato de ferro e de alumínio, no processo conhecido como “adsorção específica”. Em pH muito elevado (igual ou maior que 7,0), há formação de fosfato cálcicos [CaHPO_4 e $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$], insolúveis. A disponibilidade máxima do fósforo geralmente acontece em uma faixa de pH de 6,0 a 7,0.

O feijão guandu é considerada uma planta com alta capacidade de extração de potássio e fósforo do solo, tanto pela ação de rizóbios fixadores de nitrogênio ligados as raízes dessa leguminosa, como também pela produção de ácido psídico nas raízes, que se destaca pelo poder de solubilizar diretamente fosfatos insolúveis no solo ou mesmo devido ao efeito quelante sobre o ferro o que deixa o fósforo livre na solução do solo para ser absorvido pelo sistema radicular da planta (SIQUEIRA et al., 2010).

Com relação aos teores de potássio (K^+), observou-se aumento relevante dos valores na camada superficial, do período chuvoso para o seco em todos os tratamentos, variando entre 18 a 61 cmolc/dm^3 sendo ainda considerados, de modo geral baixos segundo os valores de referência de Embrapa (2009). Os valores de potássio encontrados nos tratamentos 1 e 2 foram semelhantes entre si e superiores aos valores encontrados na área de vegetação secundária (Figura 10).

Figura 10 - Teores de Potássio comparando as profundidades do mesmo tratamento em diferentes períodos



Fonte: Próprio autor

O resultado melhor apresentado nesses tratamentos (T1 e T2), pode está correlacioando a grande quantidade e diversificação de biomassa e a eficiente ciclagem de nutrientes que ocorre em áreas manejadas com sistemas agroflorestais. Entretanto, quando se compara os teores de potássio quanto as profundidades analisadas, observa-se um decréscimo na camada de 20-40cm em todos os tratamento, exceto o T2 no período chuvoso que mostrou um incremento de 22,4 a 29,3 cmolc/dm³. Silveira et al., (2010), em seus estudos sobre diferentes coberturas vegetais, afirma que a maior presença de resíduos culturais na superfície do solo propicia o acúmulo de K na camada de 0-5cm, sendo essa afirmação convalidada com o presente estudo, uma vez que todos os tratamentos mostraram-se comportamentos semelhantes no que diz respeito a análise por profundidades. Sendo assim, pressupõe que o fato ocorrido apenas no T2, pode estar relacionado ao corte parcial dessa leguminosa durante esse período.

O potássio é especialmente importante para ajudar as plantas a se adaptarem aos estresses ambientais, pois Segundo Brady e Weil (2013), uma boa nutrição em potássio implicará em uma ótima resistência dos vegetais a estiagem e ataques de insetos, assim como a estresse causado pelo inverno fortes e determinadas doenças fúngicas. Apesar de se apresentar com grande disponibilidade no solo, sendo um dos elementos com maior quantidade, o potássio é muito suscetível à lixiviação podendo perder até 25 a 50kg/há (EMBRAPA, 2015).

Quanto aos teores de cálcio (Ca), os mesmos também foram melhores na camada superficial da área de T2 na coleta em época chuvosa, o qual apresentou teor médio de 1,6

Cmolc/dm³. No período seco, nota-se uma redução de cálcio na profundidade de 0-20cm e aumento do mesmo na camada de 20-40cm no período, mostrando assim resultado inverso ao primeiro período de amostra. Os maiores teores de Cálcio (Ca) encontrados na época chuvosa, deve-se a maior atividade dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica e na solubilização de compostos minerais que contém cálcio nesse período, o qual está diretamente relacionado ao teor de umidade do solo existente no período de maior precipitação pluvial (SANCHES; BANDY, 1983; BESSHO; BELL, 1992). Segundo Madi et al., (2015), o cálcio apresenta como uma de suas principais funções a ligação direta aos processos celulares, contribuindo para os ajustes aos estímulos externos causadores de estresse vegetal.

O magnésio possui função importante na composição da estrutura do solo, juntamente com outros cátions polivalentes, especialmente o cálcio, formando pontes entre os minerais de argila carregados negativamente e assim, facilitando a formação de uma estrutura de solo estável e friável, a qual irá evitar a formação de crostas superficiais, porém, os teores desse elemento reduziram em todos os tratamentos e profundidades estudadas no período seco.

Em observância aos valores numérico na tabela desse elemento, nota-se que as menores perdas do nutriente ocorreu no T2 onde os valores variam de 0,2 a 0,6 Cmolc/dm³. Pesquisas recentes, em floresta secundária com 20 anos de regeneração no Vale do Paraíba, obteve teores de Magnésio na camada de 0-10 cm do solo de 1,1 cmolc/dm³ e 0,7 cmolc/dm³ para a profundidade 10-20cm (RONI et al., 2014), isso mostra que os teores de magnésio na área de SAF C/G apesar de serem considerados baixos, assemelham-se a resultados onde ocorre a regeneração natural, sendo que esse tipo de sistema de manejo ainda é considerado.

Em decorrência disso, os valores de Soma de Base (SB), a qual é composta pelos elementos P, K, Ca e Mg, também encontram-se baixos segundo os teores de referência de Embrapa (2010) para os dois períodos analisados, mostrando que o solo apesar de apresentar melhoria em alguns dos atributos, ainda não satisfaz nível de fertilidade, uma vez que a mesma é uma das principais variáveis que indica a condição da qualidade da fertilidade do solo (FERREIRA et al., 2013). O melhor valor obtido na Soma de Base, foi encontrado no T2 tanto no período chuvoso como no período seco na camada superficial variando de 1,3 a 2,4 cmolc/dm³ corroborando com Bezerra et al. (2018). No entanto, na camada mais profunda a área de T3 apresentou valores superiores aos demais tratamentos na época de seca apesar de não diferenciar estatisticamente da área com guandu.

A capacidade de troca de cátions (CTC) corresponde à capacidade que o solo possui em reter os cátions trocáveis, ou seja, quanto maior for à quantidade de cargas negativas existentes na superfície das partículas sólidas do solo, maior será a CTC (EMBRAPA, 2010).

Os valores obtidos nos tratamentos estudados, foram considerados médios em todas as

profundidades durante o período chuvoso para CTC (T), variando de 7,3 a 9,8 cmolc/dm^3 .

Entretanto, no período seco os valores de CTC foram menores variando 4,2 a 6,9 Cmol/dm^3 . Esses valores assemelha-se aos encontrados por Silva Jr., Boechat e Carvalho (2012) que variam de 4,5 e 5,3 Cmolc/dm^3 em SAF e de 6,34 a 8,83 Cmolc/dm^3 em área de Floresta, onde o autor justifica a redução da capacidade de troca de cátions pela influência da acidez potencial.

A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos. Os índices de V% indica se o solo é eutrófico ou distrófico sendo necessário uma avaliação do seu resultado em porcentagem. O Solo é considerado eutrófico (fértil) quando seu resultado apresentar valor igual ou superior à 50%, e distrófico (não fértil) quando o seu V% for menor que 50% (EMBRAPA, 2010). Os valores do V% das áreas avaliadas variaram entre os dois períodos estudados, com médias de 11,2% a 29%, ou seja, bem abaixo do recomendado para a maioria das culturas, valores semelhantes foram encontrados por Oliveira et al., (2018), em estudo realizado em áreas de vegetação secundária no município de Brasil Novo-Pará, com valores variando entre 21,3% e 33,17% para as áreas de capoeira e vegetação de Área de Preservação Permanente - APP, respectivamente.

Um índice V% baixo significa que há pequenas quantidades de cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , saturando as cargas negativas dos coloides e que a maioria delas está sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} e o solo, nesse caso provavelmente será ácido e contém alto teor de alumínio em nível tóxico às plantas (LIMA FILHO et al., 2014).

Quando se observa os valores encontrados nos tratamentos, nota-se que o menor valor de V% atribuiu-se a área de vegetação secundária devido a maior toxidez de alumínio e menor valor de pH, logo, analogicamente entende-se, que em áreas de SAFs (T2 e T3) a melhoria da qualidade do solo no período seco ocasionado pelo aumento do pH e redução do Al no solo, contribuíram para o aumento da saturação por base, mostrando de forma positiva o comportamento do referido manejo no solo.

2.3.3 Análise estatística

Nas Tabelas 4 e 5, constam os resultados do teste de Wilcoxon ($P < 0,05$), que apresentam as comparações das amostras de solo nos dois períodos analisados.

Tabela 4 - Comparação dos atributos químicos das amostras de solo nos dois períodos analisado por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon ($P < 0,05$), analisando diferentes tratamentos com a mesma profundidade.

PROFUNDIDADE	TRATAMENTO	RANK	PR=> S	RESULTADO
PERÍODO CHUVOSO				
0-20cm	T1xT2	-41,5	0,0017*	Rejeita H ₀
	T1xT3	-23,5	0,1112 ^{ns}	Aceita H ₀
	T2xT3	45,5	0,0002*	Rejeita H ₀
20-40cm	T1xT2	-37	0,0015*	Rejeita H ₀
	T1xT3	-20,5	0,1147 ^{ns}	Aceita H ₀
	T2xT3	22,50	0,1272 ^{ns}	Aceita H ₀
PERÍODO SECO				
0-20cm	T1xT2	-37,5	0,0061*	Rejeita H ₀
	T1xT3	-36	0,0090*	Rejeita H ₀
	T2xT3	-10,5	0,0238*	Rejeita H ₀
20-40cm	T1xT2	-32,5	0,0215*	Rejeita H ₀
	T1xT3	-28	0,0255*	Rejeita H ₀
	T2xT3	-11	0,0356*	Rejeita H ₀

^{ns}Os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si quando comparados na mesma profundidade.

*Os tratamentos diferiram estatisticamente entre si quando comparados na mesma profundidade.

Na tabela 4, foi realizado a análise estatística para indicar se houve diferença significativa entre os tratamentos na mesma profundidade, assim como no mesmo tratamento em diferentes profundidades.

Avaliando estatisticamente as camadas superficiais do solo (0-20 cm) nas três áreas estudadas durante o período chuvoso, observa-se que ocorreu uma diferença significativa nos atributos químicos do T2 em relação aos demais tratamentos, ou seja, a hipótese de nulidade (H₀) foi rejeitada e aceitou-se a hipótese alternativa (H₁), já na camada de 20-40cm, o T2 também apresentou diferença significativa em relação ao T1, porém quando comparado ao T3 os mesmos não se diferenciam estatisticamente entre si, aceitando-se assim a hipótese de nulidade (H₀).

No período seco, a diferença foi significativa entre todos os tratamentos e profundidades analisadas, rejeitando a nulidade H₀ e aceitando-se H₁. mostrando assim uma mudança notória nos tratamentos de um período para o outro.

O motivo da área de floresta, apresentar resultado inferior aos demais tratamentos, pode está ligado ao acúmulo de Alumínio encontrado no solo, o qual, conseqüentemente influenciou no aumento da acidez potencial e m%, além de contar com um pH bem abaixo do esperado, influenciando numericamente nos resultados encontrados.

Quando se analisa diferentes profundidades no mesmo tratamento, conclui-se que o T1 apresentou semelhança no período chuvoso não se diferenciando estatisticamente, enquanto os demais tratamentos as diferenças foram consideradas significativas rejeitando a hipótese H_0 , porém, quando se analisa o período seco, o resultado foi inverso, mostrando diferença apenas no T1 e não se diferiram nos tratamentos 2 e 3, conforme demonstrada na tabela 5.

Tabela 5 - Comparação dos atributos químicos das amostras de solo nos dois períodos analisado por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon ($P < 0,05$), analisando diferentes profundidades no mesmo tratamento.

PROFUNDIDADE	TRATAMENTO	RANK	PR>= S	RESULTADO
PERÍODO CHUVOSO				
0-20cm x	T1xT1	27,5	0,0574 ^{ns}	Aceita H_0
	T2xT2	36,5	0,0081*	Rejeita H_0
20-40cm	T3xT3	45,5	0,0002*	Rejeita H_0
PERÍODO SECO				
0-20cm X	T1xT1	41	0,0020*	Rejeita H_0
	T2xT2	7	0,7101 ^{ns}	Aceita H_0
20-40cm	T3xT3	2,5	0,8555 ^{ns}	Aceita H_0

^{ns}Os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si quando comparados na mesma profundidade.

*Os tratamentos diferiram estatisticamente entre si quando comparados na mesma profundidade.

De modo geral, a área de SAF onde estão inseridos os tratamentos 1 e 2 apresentaram-se vantajosos quando comparados às áreas de vegetação secundária, mostrando que futuramente a tendência é de proporcionar alterações significativas de forma gradativa em novas análises, visto que no curto período de sazonalidade ambos os tratamentos demonstraram diferenças significativas em relação aos atributos do solo analisado nesse estudo. Quando se pensa em fertilidade a longo prazo, as áreas de floresta secundária pode apresentar resultados positivos porém, para realização de cultivo na área fazem-se necessárias intervenções antrópicas

imediatas para acelerar o processo de ciclagem de nutrientes e melhor fertilização do local.

2.4 CONCLUSÃO

A área de Sistema Agrflorestal com desbaste de Feijão Guandu, apresentou um processo mais acelerador no que diz respeito a diminuição da Densidade do solo, mostrando uma redução significativa de um período pro outro e ratificando a importância de adubos verdes como uso de Feijão guandu no processo de descompactação do solo.

Os teores de P, Ca, K foram superiores em áreas de Sistemas Agroflorestais, tanto com desbaste como sem destaste do feijão gundu, quando comparado a vegetação Secundária.

Os teores de Al reduziram expressivamente nas profundidades analisadas do período chuvoso para o período seco, tanto no T2 como no T3 e os valores de pH aumentaram mostrando-se mais adequados para a introdução de outras culturas agrícolas nas áreas de SAF.

A matéria orgânica aportada no solo em áreas de SAF, contribuiu para os efeitos positivos nutricional no solo. De modo geral, pode-se inferir que a diversificação das espécies, bem como a qualidade e a quantidade de material orgânico depositado, promoveram resultados mais satisfatórios ao solo, além de evidenciar que o uso de adubos verdes em combinação com Sistemas Agroflorestais, é de suma importância para a melhoria da qualidade do solo.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTARA, F.A. de; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B de; MESQUITA, H.A. de; MUNIZ, J.A. 2000. Green manuring in the recovery of the fertility of an Oxisol dark red degraded. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 277-288.

BARBOSA, Thiago Rodrigues Lyrio. **Atributos Físicos do Solo sob espécies florestais da mata atlântica na região serrana fluminense**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2012.

BARRETO, A.C; LIMA, F. H. S; FREIRE, M. B. G. S; ARAÚJO, Q. R; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga**, v. 19. 415-425p. 2006.

BATISTA, W. J; GASPAR JÚNIOR, L. **Análise comparativa entre as voçorocas da Serra da Fortaleza em Campos Gerais, no sul de Minas Gerais**. Anais da 4.^a Jornada Científica da Geografia, Alfenas: UNIFAL-MG, 2016.

BEZERRA, D. A. SILVA, S.A.S; SILVA, R. M. da; ALVES, P. H. C dos S; MORAES, R. B; Avaliação dos atributos químicos do solo em Sistemas Agroflorestais e Pastagem no Município de Brasil Novo – PA. **Agrarian Academy**. v.5. n9. 83-93p. 2018.

BRADY, N.C. Natureza e propriedade dos solos. 7ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.

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

BUENO, P. A. A; OLIVEIRA, V. M. T; de. GUALDI, B. L; SILVEIRA, P. H. N; PEREIRA, R. G; FREITAS, C. E. S. de; BUENO, R. de O; SEKINE, E. S; SCHWARCZ, K. D. Indicadores microbiológicos de qualidade do solo em recuperação de um sistema agroflorestal. **Acta Brasiliensis** 2. 2018.

CENTENO, L. N.; GUEVARA, M. D. F.; CECCONELLO, S. T.; SOUSA, R. O. D.; TIMM, L. C. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 31-37, jun. 2017.

CHERUBIN, M.R. SANTI, A.L. EITELWEIN, M.T. AMADO, T.J.C. SIMON, D.H. e DAMIAN. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Rev. Bras. Ciência do Solo**. v. 39. 2015. 615-625p.

COSTA, N. R., ANDREOTTI M., LOPES K. S. M., YOKOBATAKE, K. L., FERREIRA J. P., PARIZ C. M., BONINI, C. dos S. B. B., LONGHINI, V. Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Rev. Bras. Ciências do Solo**, 39:852-863, 2015.

COSTA, A. A. Teor e estoque de C, Nt, Ca e Mg em solos de diferentes agroecossistemas: Bioma Semi-árido e Bioma Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v.7, n.12, p.1-6, 2011.

CUNHA NETO, F. V. da; PEREIRA, M. G. P. LELES, P. S. dos S.; ABEL, E. L. da S. Atributos químicos e físicos do solo em áreas sob diferentes coberturas florestais e pastagem em além paraíba – **Rev. Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 13-24, jan. - mar. 2018. ISSN 1980-5098 - DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509831569>

CUNHA, E. Q.; et al. Atributos físicos, químicos e biológicos desolo sob produção orgânica impactados por sistema de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.56-63, 2012.

DERNADIN, R. B. N. et al., Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó- SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.1, p. 59-69, 2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/534/53430144006/>. Acessado em: 24 jun 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. Ed. revista ampliada. Brasília, DF: Embrapa, Informação Tecnológica, 2009, 627p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de método da análise do solo**; Centro Nacional de pesquisas do solo –2. Ed. revista atual. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa, 2010. 212p.

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

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Leguminosa para controle de mato, adubação verde do solo e alimentação animal. **Revista ampliada**. Brasília, DF- Embrapa. 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª edição. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2009. 627 p.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. de; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. **Manejo sustentável de fitonematóides**. Viçosa, MG:UFV. 2010. 306 p

FERREIRA et al. **Caracterização física do solo**. In: Lier, Q. J. van (ed.). Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2010. p.1-27.

FERREIRA et al. Avaliação da fertilidade dos solos cultivados com café conilon (*Coffea canephora*) no município de Santa Teresa – ES. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia. v.9. n 16. p.356-366. 2013.

FREITAS et al. Atributos químicos de latossolo vermelho submetido a diferentes manejos. **Rev. Floresta**. Curitiba. v. 45. n 2. p. 229 – 240. 2015.

FREITAS et al. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**. v. 26, n. 1-2, 2017. Disponível em: <http://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/511>>

FREITAS, L. de; CASAGRANDE J C; OLIVEIRA, I. **Rev. Afloresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, p. 229-240. 2015. DOI: 10.538030104

GONÇALVES, A.G; FERREIRA, A.C.T; GONÇALVES, E. S; ORTIS R. C.T; GONÇALVES, E. S; ORTIS R. C; SILVA, L. J. Fertilidade de solos em transição cerrado - floresta amazônica, cultivados com pastagens por vários anos no nordeste do estado de Mato Grosso. **Enciclopedia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 1276, 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_158

GODOY et al. Avaliação Agronômica de Linhagens selecionadas de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, 2005. p. 7-19.

IBGE. Instituto Brasileiro Geográfico Estatístico. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 2018.

IDESP. **Síntese econômica, social e ambiental do município de Pacajá**. Belém - PA, 2018. 50p.

INPE. **Dados do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia referentes ao Município de Pacajá**. Disponível em: Acesso em: 05 de novembro de 2018.

Instrução Normativa MAPA nº 46, de 06/10/2011. **Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal**. Anexos I a VII. Diário da República Federativa do Brasil. Brasília, 07 out. 2011.

LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J; ROSSI, F; CARLOS, J. A. D; **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil – Fundamentos e práticas**. Ed. revista atual. v.1, Brasília-DF, EMBRAPA, 2010. 212p.

LIMA et al. Estoques da serrapilheira acumulada e teores de nutrientes em Argissolo sob manejo agroflorestal no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.34. p.75-84. 2010.

LIMA et al. Consórcio de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) e milho (*Zea mays* L.) cultivado agroecologicamente. **Cadernos de Agroecologia**– Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF. v 13. n 1. 2018. – ISSN 2236-7934.

LISBÔA, F. M.; MIRANDA, P. B. Análise de atributos físicos e químicos de solo submetido a diferentes manejos no sudeste paraense. **Agroecossistemas**. v. 6, n. 1, p. 1-9, 2014.

LORO et al. Caracterização de atributos químicos do solo em diferentes sistemas de manejo. **Cadernos de Agroecologia** v. 11. n. 2. 2016.

LOPES J.; EVANGELISTA A. R.; FORTES, C. A.; PINTO, J. C.; FURTINI NETO, A. E.; SOUZA, R. M. Nodulação e produção de raízes do estilosantes mineirão sob efeito de calagem, silicatagem e doses de fósforo. **Ciência Agrotécnica**, Lavras-Mg, v.35, n.1, p.99-107, 2011.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 594p.

MANTOVANELLI, B. C.; SILVA, D. A. P.; CAMPOS, M. C. C.; GOMES, R. P.; SOARES, M. D. R.; SANTOS, L. A. C. Avaliação dos atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas. **Rev de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 122-130, 2015. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1822>

MARTINS et al. Alterações dos atributos físico-químicos da camada superficial do solo em resposta à agricultura com soja na várzea do Tocantins. **Biota Amazônia**. v. 5. n. 4. p. 56-62, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n4p56-62>

MILINDRO, I. F; RODRIGUES, R. A. SANTOS, M. K. A; Atributos químicos como indicadores de qualidade do solo sob manejo agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, Belém. v. 10. n. 3. p. 1-5. 2016.

MOLINE, E. F. V.; COUTINHO, E. L. M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. **Rev. Ciência Agronômica**, v. 58. n. 1. p.14-20. 2015.

MOREIRA et al. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: UFLA. 2013. 352 p.

MOREIRA et al. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico em sistema de integração lavoura-pecuária. **Ver. Bras. de Ciência do Solo**, v.36, p.389-400, 2012.

NEGREIROS NETO et al. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em sistema plantio direto. **Ciências Agrárias**. v. 35. n 1. 2014. Doi: 10.5433/1679- 0359.2014v35n1p193.

NEVES, Y. Y. B. Características de diferentes sistemas de uso do solo em Cruzeiro do Sul, Acre. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras: UFLA, 2013. 103p.

NOGUEIRA, E. D; TÍNEL, C. JR. J. I; VASCONCELLOS, B. M. C. Atributos químicos do solo sob diferentes coberturas vegetais em áreas do platô de Neópolis-SE. *Scientia Plena*.V.8. São Cristovão. 2012.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, A. N.; SILVA, K. R.; SILVA, L. J. A.; MELLO, A. H. Atributos químicos de solo sob diferentes sistemas de uso e manejo no Projeto de Assentamento Veneza - São Domingos do Araguaia, PA. *Agroecossistemas*, v 9. n 1. p. 170-179. 2017.

OLIVEIRA et al. Determinação das propriedades químicas e físicas do solo em Áreas de Preservação Permanente (APP) com ocorrência de voçoroca, no município de Brasil Novo Pará. **Revista Tree dimensional**, Pro Floresta - Goiânia, v.3 n.5. 2018. p. 52.

PALUDO, Rafael; COSTABEBER, Jose Antonio, Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Santa Maria. v. 7. 63-76p. 2012.

PARROTTA, J. A.; TURNBULL, J. W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v.99, n.1, p.1-7, 1997.

PAUL et al. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.164, p.14-22, 2013.

PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F.; Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. *Sci. Agr.*, v. 57, n. 3, p. 531-537, jul./set. 2000.

REZENDE, P. H. R. de; Mapa de Localização, Cidade de Pacajá-Pará, 2013. 1 mapa, color. Escala indeterminável. Disponível em: <<http://rezendephr.zip.net>>. Acesso em: 26 nov. 2013.

RONQUIM, C.C. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, 2010.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86 p.

ROCHA, S. P. da, PREVEDELLO, J., REINERT, D. J, FLEIG, F. D., Eduardo Saldanha, VOGELMANN, J. C. SOARES, W. S. HEINZ, B. B. Propriedades físicas do solo e crescimento de eucalipto implantado em diferentes métodos de preparo do solo. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 965-977, dez. 2015 DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v43n108.20](https://doi.org/10.18671/scifor.v43n108.20)

RONI, F. G.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G.; ANJOS, L. H. C.; CORREIA, M. E. F. Atributos químicos e físicos do solo sob pastagem e estágio sucessionais de floresta estacional. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, v.113, p. 47-57, 2014.

RONQUIM, Carlos Cesar. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas – SP. 2010. ISSN 1806.3322

ROSOLEM, C. A.; MATEUS, G. P.; GODOY, L. J. G.; FELTRAN, J. C. & BRANCALIÃO, S. R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. **Rev. Brasileira de Ciências do Solo**. v. 27, p. 875-884, 2003.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Recuperação de Áreas Degradadas: Um campo multidisciplinar de pesquisas**. In: Seminário Unesp. Rio Claro, 2006.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6ª ed. Revisada e ampliada. SBCS. Viçosa. p. 100, 2015.

SATO, J. H. **Métodos para determinação do carbono orgânico em solos do cerrado**. 90f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

STEFANOSKI et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** vol.17 no.12 Campina Grande Dec. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008>. Acessado em: março 2019.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE - SEMA. **Plano Municipal de Meio Ambiente**. Pacajá-Pará. Março, 2017. Disponível em: <http://pacaja.pa.gov.br/portal-da-transparencia/estrutura-organizacional/secretaria-municipal-de-meio-ambiente/> acessado em: 01 de julho de 2018.

SILVA, S. A. S da. SILVA, A.C.M e. GONÇALVES, D.B. LEÃO, F.M. Avaliação da matéria orgânica e pH do solo em sistemas agroflorestais localizados na região de altamira-pa. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.1, n.02; p. 2014

SILVA, D. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SOUZA, F. S.; MARTINS, S. G.; MACEDO, R. L. G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de Estudos Ambientais**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p.77-86, 2011.

SILVA et al. Indicadores de sustentabilidade da qualidade do solo em agroecossistemas sombreados na Amazônia. **Cadernos de Agroecologia**. Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF. v.3, n.1, Jul. 2018. ISSN 2236-7934.

SILVA, I. R. da.; MENDONÇA, E. de S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES R. L. F. F.; CANTARUTII, R. B. C.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG, p. 275-374, 2007.

SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; PIRES, A. J. V.; BERNARDES, T. F.; ROTH, M. T. P. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.103-112, 2010.

SOUZA, D. M. P.; SOUZA, M. L. P. Alterações provocadas pelo florestamento de Pinus sp. *Revista Floresta*, v. 12, n. 2, p. 36-50, 1981.

SOUZA, W.J.O. & MELO, W.J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. Viçosa, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.885-896, 2000.

SOUZA NETO, O. N. de. Análise multivariada dos atributos físicos e químicos de um Cambissolo cultivado sob práticas de manejo sustentável da caatinga. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) Área de concentração em Manejo e conservação do solo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2013.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; Podzólicos/ Argilisolos. Disponível em : http://www.agência.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_97_10112005101957.html Acessado em: 30 jan. 2018.

SOUZA, L. A. de; LIMA, R. M. B. de. **Métodos para produção de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* Linnaeus) e Colubrina (*Colubrina glandulosa* Perk) em condições de viveiro na Amazônia**. In: 64ª Reunião Anual da SBPC, 2012, São Luíz-MA, **Resumos...** São Luíz-MA: SBPC, 2012.

SOUZA, W. R S. SILVA, S. A. S. SILVA, R. M da, ALVES, R. F., SILVA, J R. Atributos físico-químicos do solo em uma área de voçoroca no município de Brasil Novo – Pará: um estudo de caso. *Revista Tree dimensional, Pro Floresta - Goiânia*, v.3 n.5. 2018. 14p.

STÖCKER, C. M.; MONTEIRO, A. B.; BAMBERG, A. L.; CARDOSO, J. H.; LIMA, A. C. R. de. Diagnóstico das condições químicas do solo sob sistemas agroflorestais. CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, Pelotas. Anais, 2017.

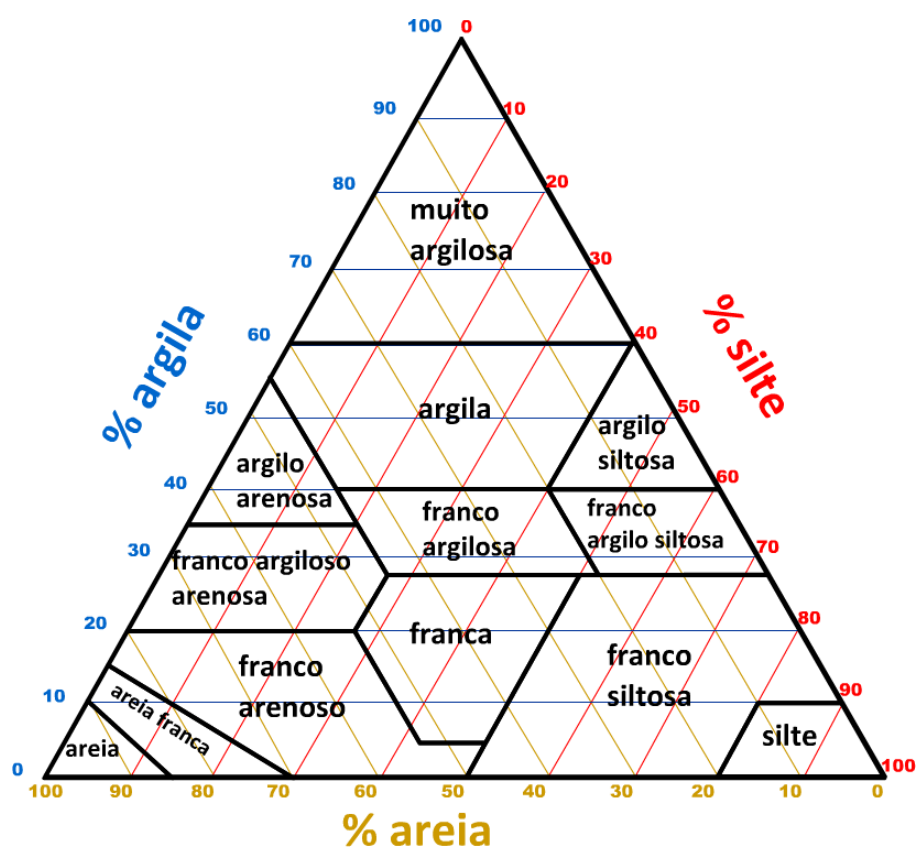
TOMÉ JR., J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba, Agropecuária, 1997, 247 p.

WASTOWSKI, A. D.; DA ROSA, G. M.; CHERUBIN, M. R.; RIGON, J. P. G. Caracterização dos níveis de elementos químicos em solo, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo,

utilizando espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (edxf). *Quim. Nova*, v. 33, n. 7, p. 1449-1452, 2010.

ZANON, C. A. F. **Atributos físicos e químicos do solo sob diferentes coberturas vegetais no sul do Estado do Espírito Santo**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.

3 ANEXOS



ANEXO 1 - Triângulo textura de classificação da Sociedade Internacional de Ciência do solo.

4. APÊNDICE



Apêndice 1 - Coleta das amostra indeformadas em áreas de SAFs (A,B).



Apendice 2 – Área de SAF com cultivo do feijão guandu.



Apêndice 3 – Coleta de solo para análise química e preparo das amostra simples para formação das compostas (A,B) .



Apêndice 4 – Coleta de solo para análise química e preparo das amostra simples para formação das compostas (A,B).