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

ATRIBUTOS FISICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO EM UMA PROPRIEDADE NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ – PARÁ

Elisvaldo Rocha Silva

Altamira – Pará
2019

Elisvaldo Rocha Silva

ATRIBUTOS FISICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO EM UMA PROPRIEDADE NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ – PARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Altamira, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Florestal.

Data de aprovação:____/____/_____

BANCA EXAMINADORA

_____

Profª. Dra Sandra Andréa Santos da Silva

Orientadora - UFPA

_____

Eng. Agrônomo Esp. José Farias costa

1° Examinador – FEA/UFPA

_____

Profº. Dr Ronilson de Souza Santos

2° Examinador – FEA/UFPA

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)

S586a Silva, Elisvaldo Rocha
Atributos físicos e químicos do solo em diferentes sistemas de manejo em uma propriedade no município de Pacajá – Pará / Elisvaldo Rocha Silva. — 2019. ix, 37 f. : il. color.

Orientador(a): Profª. Dra. Sandra Andréa Santos da Silva Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Engenharia Florestal, Campus Universitário de Altamira, Universidade Federal do Pará, Altamira, 2019.

1. Compactação. 2. Fertilidade do solo. 3. Profundidades. I. Título.

CDD 631.422

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

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus, que foi minha maior força nos momentos difíceis.

À minha querida orientadora Prof.ª. Dra Sandra Andréa Santos da Silva, que tanta ajuda forneceu para que este trabalho fosse concluído com o êxito esperado

À minha esposa Vera Castro, com muito amor, carinho e gratidão foi uma grande companheira e parceira de todas as horas. Sem ela, cuidando das crianças todos os dias, eu não teria realizado o sonho de concluir meu curso de graduação.

AGRADECIMENTOS

Esta fase da minha vida é muito especial e não posso deixar de agradecer a **Deus** por toda força, ânimo e coragem que me ofereceu para superar as dificuldades e ter alcançado minha meta.

À **Universidade Federal do Pará** quero deixar uma palavra de gratidão por ter me recebido de braços abertos e com todas as condições que me proporcionaram dias de aprendizagem muito ricos.

A seu corpo docente, direção e administração foram eles que me deram recursos e ferramentas para evoluir um pouco mais todos os dias e oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

A minha orientadora **Prof.ª Dra. Sandra Andréa Santos da Silva** por ter me aceitado como orientado e juntos realizarmos esse trabalho de conclusão de curso, por suas contribuições, compreensão, paciência, amizade, por sua orientação ao me instruir, que foi de suma importância para concretização deste projeto; disponibilidade, mesmo atarefada com outros projetos, abdicava de horas de lazer para me orientar.

É claro que não posso esquecer da minha família e amigos, porque foram eles que me incentivaram e inspiraram através de gestos e palavras a superar todas as dificuldades.

Agradeço ao meu pai (in memoriam) a minha mãe **Dalmaria rocha**, heroína que me deu apoio, me fortaleceu e que para mim foi muito importante me incentivou nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

Obrigada minha esposa, filhos, irmãos e sobrinhos, que nos momentos de minha ausência dedicada ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

Meus agradecimentos aos amigos **Sâmia, Jhonatas e Yuri** companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

A toda minha turma 2015, que me proporcionou momentos inesquecíveis e de muita alegria.

Agradeço imensamente a todos que de alguma forma, seja direta e indiretamente, contribuíram para que essa grande vitória.

EPÍGRAFE

"O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis".

(José de Alencar)

SUMÁRIO

RESUMO ..... **VIII**

LISTA DE FIGURAS ..... **IX**

LISTA DE TABELAS ..... **IX**

1 INTRODUÇÃO **11**

2 HIPÓTESES **12**

3 OBJETIVOS **12**

3.1 OBJETIVO GERAL 12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **13**

4.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO 13
4.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO 13
4.2.1 Fósforo (P) 14
4.2.2 Potássio (K) 14
4.2.3 Cálcio (Ca) 15
4.2.4 Magnésio (Mg) 15
4.2.5 Alumínio (Al) 16
4.2.6 Acidez Potencial (H +Al) 16
4.2.7 Potencial Hidrogeniônico (pH) 17
4.2.8 Matéria orgânica (MO) 17
4.2.9 Soma de Bases (SB) 18
4.2.10 Capacidade de Troca Catiônica (CTC) 18

5 MATERIAL E MÉTODOS **19**

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO 19
5.2 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS 19
5.3 CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO 20
5.4 TRATAMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL 20
5.5 CARACTERIZAÇÃO E HISTÓRICO DA ÁREA 20
5.6 COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLOS 21
5.7 ANÁLISE QUÍMICA 21
5.8 ANÁLISE FÍSICA 22
5.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA 23

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO **23**

6.1 ANÁLISE FÍSICA 23
6.2 PARÂMETROS QUÍMICOS 26
6.2.1 Fosforo (P) 27
6.2.2 Potássio (K) 27
6.2.3 Cálcio (Ca) 28

6.2.4 Magnésio (Mg) 28
6.2.5 Alumínio (Al) 29
6.2.6 Acidez Potencial (H +Al) 30
6.2.7 Potencial Hidrogeniônico (pH) 30
6.2.8 Matéria Orgânica (MO) 31
6.2.9 Soma de Bases (SB) 32
6.2.10 Capacidade de Troca Catiônica (CTC) 32
6.2.11 Saturação por Base (V%) 33
6.2.12 Saturação por Alumínio (m%) 34
6.3 ANALISE ESTATISTICA 34
7 CONCLUSÕES 37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 38

RESUMO

ATRIBUTOS FISICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM DIREFERENTES SISTEMAS DE MANEJO EM UMA PROPRIEDADE NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ – PARÁ

A utilização de máquinas em várias operações de preparo, semeadura, tratos culturais, colheita e o pastejo de bovinos e entre outros, tem sido apontada como a principal causa da compactação nos solos brasileiros. Como consequência esse reduz o crescimento e o desenvolvimento radicular, aumenta a erosão do solo pela menor infiltração de água. Diante disso, objetivou-se avaliar os parâmetros físico-químicos do solo sendo eles: densidade, granulometria, P, K, Ca, Mg, Al, CTC, Ph, matéria orgânica (MO), soma de base (SB), saturação por base (V%) e saturação por alumínio (m%). O estudo foi conduzido em uma propriedade rural com 40 hectares de área na vicinal Portel, município de Pacajá- PA, o período de coleta das amostras de solo foi realizado nos meses de fevereiro e outubro de 2018, sendo estes períodos chuvoso e seco respectivamente. Foram coletadas amostras indeformadas para analise físicas e amostras deformadas para análise química, nas camadas de solo (0-20 e 20-40 cm). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), sendo os tratamentos: Vegetação Secundaria, Pastagem e Área mecanizada, aplicando-se o teste t de Wilcoxon (P<0,05) significância. Através da análise de densidade constatou-se que a área de pastagem apresentou maior compactação em ambos períodos de coleta e todos os tratamentos apresentaram baixas condições de fertilidade, destacando-se a área mecanizada, cuja a incorporação da matéria orgânica no solo pela gradagem contribuiu, possivelmente, para tal fertilidade.

Palavras-chave: Compactação; Fertilidade do solo; Profundidades .

ABSTRACT

The use of machines in various operations of preparation, sowing, crop treatment, harvesting and grazing of cattle and others, has been pointed as the main cause of compaction in Brazilian soils. As a result it reduces root growth and development, increases soil erosion through less water infiltration. Therefore, the objective was to evaluate the physical and chemical parameters of soil: density, particle size, P, K, Ca, Mg, Al, CTC, Ph, organic matter (MO), base sum (SB), saturation by base (V%) and aluminum saturation (m%). The study was conducted on a 40-hectare rural property in the vicinal Portel, Pacajá-PA, the period of soil samples was collected in February and October 2018, with rainy and dry periods respectively. Undisturbed samples for physical analysis and deformed samples for chemical analysis were collected in the soil layers (0-20 and 20-40 cm). The experimental design was completely randomized (IHD), being the treatments: Secondary Vegetation, Pasture and Mechanized Area, applying the Wilcoxon t test (P <0.05) significance. Through the density analysis it was found that the pasture area presented greater compaction in both harvest periods and all treatments presented low fertility conditions, especially the mechanized area, whose incorporation of organic matter in the soil. by harrowing possibly contributed to such fertility.

Keywords: Compression; Soil fertility; Depths.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição e classificação textural nas camadas avaliadas das diferentes épocas e áreas de estudo. T1- vegetação secundaria, T2- Pastagem, T3- Área mecanizada 24
Tabela 2: Teores médios dos atributos químicos de solo em diferentes tratamentos em propriedade rural no município de Pacajá - PA..... 26
Tabela 3: Interpretação dos resultados da análise dos atributos químicos de solo baseado a partir dos de os teores de referência de Tomé Jr (1997) 29
Tabela 4: Teores médios dos atributos químicos de solo em diferentes tratamentos em propriedade rural no município de Pacajá – PA. 31
Tabela 5: Interpretação dos resultados da análise dos atributos químicos de solo baseado a partir dos de os teores de referência de Tomé Jr (1997). 33
Tabela 6: Comparação dos atributos químicos das amostras de solo no período chuvoso por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon (P<0,05), analisando diferentes tratamentos com a mesma profundidade. 34
Tabela 7: Comparação dos atributos químicos das amostras de solo no período seco por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon (P<0,05), analisando diferentes tratamentos com a mesma profundidade. 35
Tabela 8: Comparação dos atributos químicos das amostras de solo no período chuvoso e seco por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon (P<0,05), analisando diferentes profundidade no mesmo tratamento..... 36
Tabela 9: Tabela 8: Comparação dos atributos químicos das amostras de solo no período chuvoso e seco por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon (P<0,05), o mesmo tratamento em diferentes períodos, porém com mesma profundidade. 36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da Fazenda Sempre Verde 19
Figura 2: Índices pluviométricos do município de Pacajá do ano de 2018..... 21
Figura 3: Croqui representativo dos pontos de coletas nos tratamentos. 21
Figura 4: Média de densidade e umidade dos tratamentos no período chuvoso e seco..... 24

1 INTRODUÇÃO

O solo constitui um dos mais importantes componentes dos ecossistemas terrestres, sendo indispensável nas atividades humana (CHAVES, 2012). Entretanto, o uso inadequado tem provocado a aceleração da degradação do mesmo, principalmente pelas atividades agropecuárias, que tem aumentado gradativamente nos últimos anos, causando a compactação resultando diretamente no aumento da densidade, além de causar alterações negativas nas demais propriedades físicas e químicas deste recurso.

Segundo Cunha Neto et al. (2018) ,o solo é considerado um dos recursos mais relevantes e imprescindíveis para a qualidade de vida, devido as suas múltiplas funções e a sustentabilidade que o mesmo oferece aos sistemas naturais, porém o conceito de solo está diretamente ligado a sua funcionalidade para que não seja comprometido o desempenho de suas funções.

A compactação é um processo de redução da macroporosidade que aumenta as perdas de nitrogênio por desnitrificação e a erosão, danifica os atributos físicos do solo que exercem papel determinante na produtividade das pastagens e reduz o crescimento, o desenvolvimento radicular e a infiltração de água no solo (COSTA et al., 2013). E pode ocasionar alteração na estabilidade dos agregados pela desagregação ou desestruturação dos mesmos (SANTOS et al., 2010).

O pisoteio dos animais pode afetar várias propriedades físicas, como a resistência à penetração (TORRES et al., 2015), densidade, porosidade total, macro porosidade (SANTOS et al., 2010) , assim o manejo inadequado das pastagens pode ser apontado como um fator relevante para a diminuição da velocidade de infiltração de água no solo.

O uso intensivo do solo para as pastagens tem trazido grandes consequências para a pecuária, sendo que boa parte das áreas de pasto encontram-se degradadas, em processo de evolução da perda do vigor, excluindo a possibilidade de recuperação natural e incapacidade de sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais (CARVALHO et al., 2017). A utilização intensiva do solo o deixa com maior vulnerabilidade a processos erosivos, e consequentemente, ao escoamento superficial e à produção de sedimentos. Por isso, as práticas de manejo e conservação de solo são de grande importância (COSTA et al., 2012).

Os sistemas de produção agropecuários são mais facilmente manejados com o uso da mecanização agrícola, porém, quando empregada sem critérios pode ocasionar a degradação dos solos. As pressões aplicadas sobre o solo pelo elevado trânsito de máquinas podem causar a redução da porosidade e permeabilidade, fenômeno denominado de compactação (Silva et al.,

2000). Elevados valores de resistência à penetração indicam compactação, influenciam negativamente o crescimento das plantas e estão diretamente relacionados ao manejo do solo. Gomes Jr. et al. (2016)

Na medida em que se intensifica o uso agrícola os atributos físico-hídricos do solo sofrem alterações, geralmente adversas ao crescimento vegetal, que ficam mais nítidas quando os sistemas de uso são comparados com o estado do solo ainda sob vegetação natural (SANTOS et al., 2011).

Acompanhar os atributos físicos do solo durante todo o ciclo produtivo é imprescindível ao planejamento das práticas de cultivo a serem adotadas, pois sua observação contínua permite monitorar a eficiência do sistema de manejo adotado (TORRES et al., 2015).

O conhecimento do comportamento dos atributos do solo permite o estabelecimento de práticas adequadas no manejo que propiciam a melhoria da produtividade e a qualidade das culturas (FREITAS et al., 2012). A manutenção e melhoria da qualidade do solo é fundamental para garantir a produtividade agrícola e a qualidade ambiental para as futuras gerações (COSTA et al., 2012).

2 HIPÓTESES

Solos sob o sistema de plantio convencional mecanizado possuem maior capacidade de suporte de carga e são menos suscetíveis à compactação, em relação a solos sob sistema de pastagem. A compactação do solo afeta de diferentes formas as propriedades físicas do solo e desenvolvimento e rendimento de culturas. Se os resultados obtidos forem significativos, a hipótese de nulidade (H0) será rejeitada e, assim, a hipótese alternativa (Ha) será aceita para este estudo, estando a uma margem de 0,05% (para mais ou para menos) de probabilidade de erro.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho, tem como objetivo avaliar o comportamento do solo, através da análise de suas características físicas e químicas, em área de pastagem e área de agricultura mecanizada em distintos períodos climáticos em uma propriedade no município de Pacajá – Pará.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a composição química em três áreas sob diferentes sistemas de manejo;
- Avaliar as propriedades físicas e qual área apresenta menor impacto no solo;

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Os indicadores físicos, do ponto de vista das atividades agrícolas, assumem importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Fatores estes essenciais na manutenção do suprimento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo (ARCOVERDE, 2013).

Segundo Gomes (2016), indicadores físicos estão relacionados ao arranjo das partículas e do espaço poroso do solo, incluindo densidade, porosidade, estabilidade de agregados, textura, condutividade hidráulica e capacidade de armazenagem de água disponível. Estes configuram-se como indicadores de qualidade da compactação, já esta contemplado com a densidade, agindo intensamente no 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.

Na medida em que se intensifica o uso agrícola os atributos físico-hídricos do solo sofrem alterações, geralmente adversas ao crescimento vegetal, que ficam mais nítidas quando os sistemas de uso são comparados com o estado do solo ainda sob vegetação natural (SANTOS, 2010, SANTOS et al., 2011a).

Indicadores físicos da qualidade do solo 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.

Para Szatanik-Kloc et al. (2018), ao discutirem sobre as modificações causadas pela degradação do solo, afirmam que a densidade de carga aplicada a ele influencia diretamente no surgimento de camadas compactadas, e estas afetam diretamente o desenvolvimento das raízes e a capacidade de troca catiônica.

Diante dos fatos expostos, acompanhar a dinâmica dos atributos físicos do solo durante todo o ciclo produtivo é imprescindível ao planejamento das práticas de cultivo a serem adotadas, pois sua observação contínua permite monitorar a eficácia do sistema de manejo adotado (TORRES et al., 2015).

4.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os indicadores químicos são correlacionados com o rendimento das culturas. As variações de um determinado indicador são facilmente interpretadas, permitindo melhorar as condi-

ções químicas do solo para o crescimento e desenvolvimento das plantas, por meio de adubações e calagem. Os indicadores químicos do solo também podem ser úteis ao considerar a capacidade do solo de sustentar a produção e a sustentabilidade da vegetação, mantendo a ciclagem de nutrientes (MANUAL..., 2012; VAN RAIJ, 2011; CARDOSO et al., 2013)

Segundo Cardoso et al. (2013), os indicadores químicos do solo para avaliar a qualidade estão correlacionados com a capacidade do solo de fornecer nutrientes para as plantas e reter elementos químicos ou compostos prejudiciais ao meio ambiente e ao crescimento das plantas. O pH do solo, a capacidade de troca catiônica (CTC), a matéria orgânica e os níveis de nutrientes são os principais indicadores químicos utilizados na avaliação da qualidade do solo.

4.2.1 Fósforo (P)

O fósforo é um não metal essencial a vida dos organismos, sua forma química no solo está associada a três principais frações inorgânicas ligadas ao ferro, cálcio e alumínio, que de modo geral se estabelece nesta ordem de grandeza no solo: P-Fe > P-Al > P-Ca.

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 (JERKE, 2011).

Tanto as formas orgânicas como as inorgânicas de fósforo ocorrem nos solos e são consideradas importantes fontes deste elemento para as plantas. A fração orgânica constitui geralmente 20 a 80% de fósforo total nos horizontes superficiais do solo. Os horizontes mais profundos podem reter grande quantidade de fósforo inorgânico, como fosfato de cálcio, especialmente em solos de regiões áridas e semiáridas (BRADY; WEIL, 2013).

Segundo Carneiro et al., (2011) 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. Araújo et al.., (2012), acrescenta ainda os sintomas de deficiência de fósforo são caracterizados pela redução do crescimento da planta como um todo, menor perfilhamento, atraso no florescimento, redução do número de frutos e sementes, ocasionando ainda pequenas nodulações em leguminosas.

4.2.2 Potássio (K)

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, 2018).

Seu comportamento no solo é influenciado principalmente pelas propriedades de troca catiônica e do intemperismo, o mesmo não causa problemas ambientais fora do local quando sai do sistema solo, não é tóxico e nem causa eutrofização em sistemas aquáticos (BRADY; WEIL, 2013).

Segundo Brady & Weil (2013)., em qualquer época do ano, a maior parte do potássio do solo encontra-se nos minerais primários e em formas não trocáveis, sendo o mesmo muito suscetível à lixiviação, mais que o fósforo.

4.2.3 Cálcio (Ca)

O cálcio tem basicamente quatro funções no solo: corrigir o pH, neutralizar o alumínio e o manganês tóxico, flocular o solo contribuindo para sua melhor agregação e ser um nutriente vegetal. Sendo este também um elemento de equilíbrio entre os cátions (K, Mg, Zn, Mn, B, Cu e Fe), qual aumenta a absorção de nitrogênio nítrico e de potássio, beneficia a absorção de magnésio, sódio e manganês (PRIMAVESI, 2002).

Para Malavolta (1980), 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.

O cálcio é absorvido pelas raízes como Ca^{2+}, podendo sua absorção ser diminuída por altas concentrações de K+, Mg^{2+} e NH^{4+} no meio de cultivo. Uma das funções do cálcio é a absorção iônica, particularmente na correção do efeito desfavorável da concentração hidrogeniônica, pois é indispensável à manutenção da estrutura das membranas celulares, em particular da plasmalema (VITTY; LIMA; CICARONE, 2006).

4.2.4 Magnésio (Mg)

A principal fonte de Mg disponível as plantas, na maioria dos solos, é o compartimento do magnésio trocável no complexo argila-húmus, na qual é disponibilizado lentamente de algumas argilas 2:1, sendo que algumas quantidades são disponibilizadas pela decomposição de resíduos vegetais e matéria orgânica (BRADY; WEIL, 2013).

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), VITTI ET AL., (2006).

A distribuição do magnésio no solo pode ser considerada semelhante à do K e do Ca, sendo predominantemente no solo a fração na forma não-trocável. O Mg trocável é da ordem de aproximadamente 5% do Mg total, esta fração, juntamente com o magnésio solúvel, é da maior importância no suprimento deste nutriente às plantas, esta forma trocável constitui de 4 a 20% da capacidade de troca catiônica - CTC (VITTY; LIMA; CICARONE, 2006).

4.2.5 Alumínio (Al)

O Al é o terceiro elemento mais abundante na litosfera, após o Oxigênio e o Silício, perfazendo um total de 8% na composição da crosta terrestre. Na fase sólida, o alumínio ocorre na forma de minerais primários e secundários, como aluminossilicatos, oxi-hidróxidos, sulfatos e fosfatos (ROSSIELLO; JACOB NETO, 2006).

A maioria dos solos tropicais possui suficiente potássio e igualmente considerável quantidade de alumínio, sendo que o Al é altamente prejudicial à planta, se estiver dominante, causa plasmólise nas células radiculares, impossibilitando a absorção de água e nutrientes (PRIMAVESI, 2002). Assim a acidez do solo em excesso pode ocasionar alterações na química e fertilidade, restringindo o crescimento das plantas (SOUZA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

4.2.6 Acidez Potencial (H +Al)

A acidez ativa denota os íons hidrogênio (H+) desagregados na solução do solo e é determinado pelo índice pH. Por sua vez, ao hidrogênio não dissociado do solo, isto é, “unido” por ligação covalentes e valentes eletrostáticas, denomina-se acidez potencial. A esta acidez também contém o alumínio (Al^{3+}), que neste caso é um cátion trocável, que é nomeada de acidez trocável (SILVA, 2013). Sendo assim, a soma deste H+ com o Al^{3+} é designada de acidez potencial.

Segundo Ronquim (2010) quanto maior for a quantidade de íons Al^{3+} e H+ existentes, maior será a dose de calcário requerida para atingir o efeito desejado, razão pela qual a necessidade da determinação da chamada acidez potencial (soma das cargas devidas ao Al e ao H).

Se grande parte da capacidade de troca catiônica (CTC) está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como H+ e Al^{3+} este será um solo pobre (TOMÉ JR, 1997).

4.2.7 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O termo pH, é definido como a acidez ou alcalinidades relativas de uma solução, variando na intensidade de 0 a 14, sendo o valor 7,0 definido como neutro, teores a baixo são classificados como ácidos e os acima de 7,0 são alcalinos. Os solos variam de pH 3 a 9 (MALAVOLTA, 1981).

O potencial hidrogeniônico (pH) aponta a porção existente no solo, do elemento hidrogênio (H+), qualificando o solo como ácido, devido uma grande quantidade do íon H+ e uma pequena concentração dos cátions cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K+) (RONQUIM, 2010).

O pH do solo também influencia na velocidade de decomposição da matéria orgânica, em valor de pH próximo a neutralidade, a maioria dos microrganismos do solo trabalham mais eficientemente. As alterações do pH podem influenciar o acúmulo de carbono no solo, pelos microrganismos, ou de maneira direta, afetando os processos microbianos, ou indiretamente, através da disponibilidade de nutrientes (RONQUIM, 2010).

4.2.8 Matéria orgânica (MO)

Entre os atributos químicos do solo, a matéria orgânica representa um estoque de nutrientes disponível para mineralização, além de aumentar a capacidade de troca catiônica do solo. A entrada de carbono no solo está relacionada, principalmente, com o aporte de resíduos da biomassa aérea e radicular das plantas, liberação de exsudados radiculares, lavagem de constituintes solúveis da planta pela água da chuva e transformação desses materiais carbonatos pelos macros e micronutrientes do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007).

A matéria orgânica do solo (MOS) apresenta influência reconhecida no comportamento dos solos, nos aspectos físicos, químicos e biológicos. Seus teores e características, resultados da taxa de produção, alteração e decomposição de resíduos orgânicos, são dependentes 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).

A MOS é a principal responsável pela CTC do solo, onde pode desempenhar um papel na diminuição da toxidez de elementos tóxicos as plantas, sendo também fonte de energia para a microbiota do solo, que melhora a agregação, a aeração, a infiltração, a densidade e a retenção de água no solo. Melhorando assim, a qualidade do solo (SOUZA et al., 2019).

4.2.9 Soma de Bases (SB)

A soma de bases representa o número de cargas negativas dos coloides ocupados por bases. O conhecimento da soma de bases e da capacidade de troca de cátions permite determinar a porcentagem de saturação por base (SILVA, 2011).

A Soma de Bases Trocáveis (SB), diz respeito à adição das proporções contidas no solo, de cátions substituíveis, mas desconsiderando o hidrogênio e o alumínio, é obtida pela soma dos cátions cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K+) ou SB = Ca^{2+} + Mg^{2+}+ K^{+} (RONQUIM, 2010),

Segundo Tomé Jr (1997)., a porcentagem dessas bases dentro da CTC (V%) é um excelente indicativo das condições gerais da fertilidade do solo. As porcentagens de saturação por base (V%) e por alumínio (m%) na CTC, são utilizadas como complemento na nomenclatura dos solos, que de acordo com esses parâmetros podem ser divididos em três grupos: Eutróficos → V% ≥ 50%; Distróficos → V ≤ 50%; e Álicos, com Al trocável ≥ 0,3 cmolc/cm3 e m% ≥ 50%.

4.2.10 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. Os métodos adotados para a obtenção do valor da CTC envolvem preparação de diversas soluções, lixiviações, titulações e outras operações que tornam a sua determinação relativamente lenta. A CTC pode ser determinada direta ou indiretamente (SILVA et al., 2012)

A Capacidade de Troca de Cátions Totais (CTC ou T) representa a fração de cátions aderidos no solo, mas com possibilidade de haver trocas. Este fator, leva em consideração os teores de hidrogênio e alumínio trocável. O índice CTC é revelado pela somatória dos cátions cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K+), hidrogênio (H^{+}) e alumínio (Al^{3+}) ou CTC = Ca^{2+} +Mg^{2+}+K^{+} H^{+} + Al^{3+} (RONQUIM, 2010).

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).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

As áreas de estudo estão localizadas na Fazenda Sempre Verde, propriedade rural total de 40 hectares, na vicinal Portel, no município de Pacajá o qual foi fundado em 1988 e 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 (SEMMA,2017). O mesmo possui uma população estimada em 44.778 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 3,38 hab./km². De acordo com o último censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), 65% da população reside na zona rural.

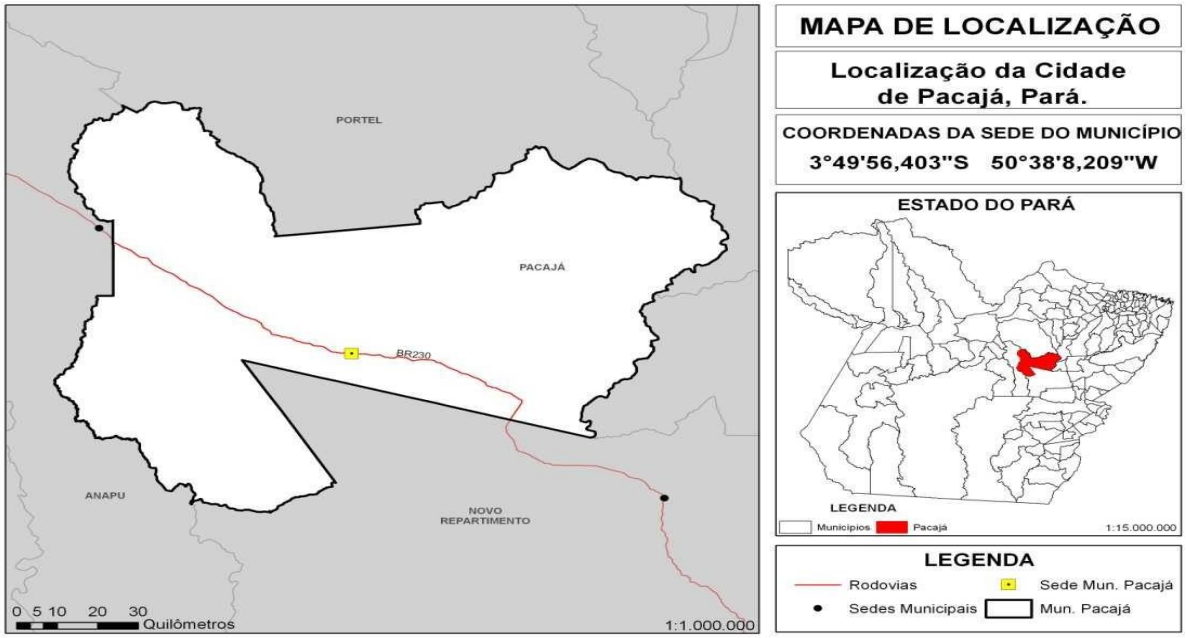


Figura 1: Mapa de localização da Fazenda Sempre Verde
Fonte: Rezende (2013).

5.2 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS

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. 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 (SEMMA, 2017).

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).

5.3 CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO

Predomina no município de Pacajá a vegetação de Terra Firme, de acordo com as variações de relevo e solo, nos subtipos seguintes: vegetação Densa dos Platôs, pequena ocorrência a noroeste do Município; vegetação Densa Submontana, na superfície arrasada da serra de Carajás; vegetação Densa dos Vales, ao longo dos cursos d'água; vegetação Aberta Latifoliada cipoal, nas encostas das colinas e outeiros; e vegetação Aberta Mista cocal, nos topos aplainados do relevo residual. A presença de cultivos agrícolas e da pecuária favorece a remoção da cobertura vegetal primitiva e o desenvolvimento de vegetaçãos Secundárias e Pastagens, ao longo da Rodovia Transamazônica (SEMMA, 2017).

5.4 TRATAMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), e a coleta realizada nas três áreas distintas, sendo os tratamentos: (T1): Vegetação secundaria; (T2): Pastagem; (T3): Area de agricultura mecanizada nas profundidades (0-20 e 20-40cm).

5.5 CARACTERIZAÇÃO E HISTÓRICO DA ÁREA

O histórico de uso da área remete a atividades agrícolas e pecuárias de subsistência, sendo essa a fonte de renda há mais de duas décadas. A mesma foi adquirida no final dos anos 80, onde inicialmente foi realizado o plantio de culturas anuais como milho *(Z. mays)*, arroz *(Oryza sativa)*, mandioca *(Manihot esculenta).*

Após a ocorrência de incêndio acidental , parte da area foi destinada para implantação de pastatem, que se encontra atulamente com 24 anos, uma parte da area de pastagem apartir do ano de 2011 passou a ser ultilizada para plantio de culturas anuais como: milho (*Z. mays*), feijao (*Phaseolus vulgaris*) e mandioca (*Manihot esculenta*) que sofre rotações de culturas todos os anos, recebendo mecanização duas vezes ao ano nos meses de maio e outubro, do tipo gradagem com duas passadas na area com arado de 12 discos na profundidade de 0-20cm , que prevalece até os dias atuais, a vegetação secundária se encontra em pousio desde desde o ano de 1990.

Atualmente a área de estudo encontra-se dividida (T1): Vegetação secundaria com area de dois hectares; (T2): Pastagem com 15 hectares; (T3): Area de agricultura mecanizada com area de 1,5 hectares.

5.6 COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLOS

As coletas foram realizadas em duas épocas diferentes, em função da maior e menor intensidade de chuva, sendo a primeira coleta foi realizada no mês de fevereiro 2018 e a segunda no mês de outubro de 2018, período chuvoso e seco, respectivamente conforme representado na (Figura 2).

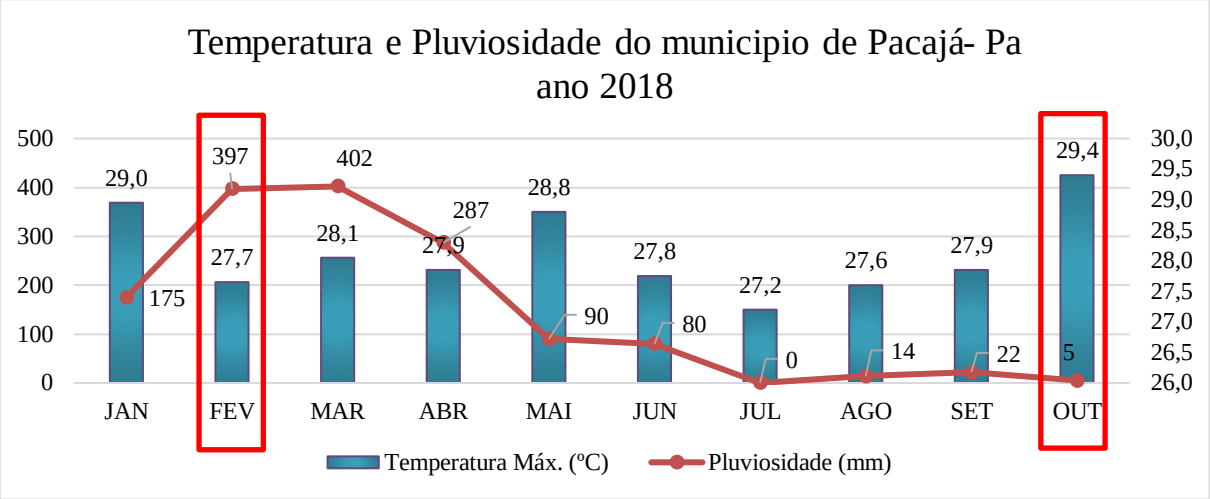


Figura 2: Temperatura e pluviosidade do município de Pacajá do ano de 2018.
Fonte: Próprio Autor.

Foram realizadas coletas de amostras indeformadas para análise física e deformadas compostas para análise química e granulometrica, seguindo a metodologia proposta por Santos et al. (2015), conforme croqui representado na (Figura. 3).

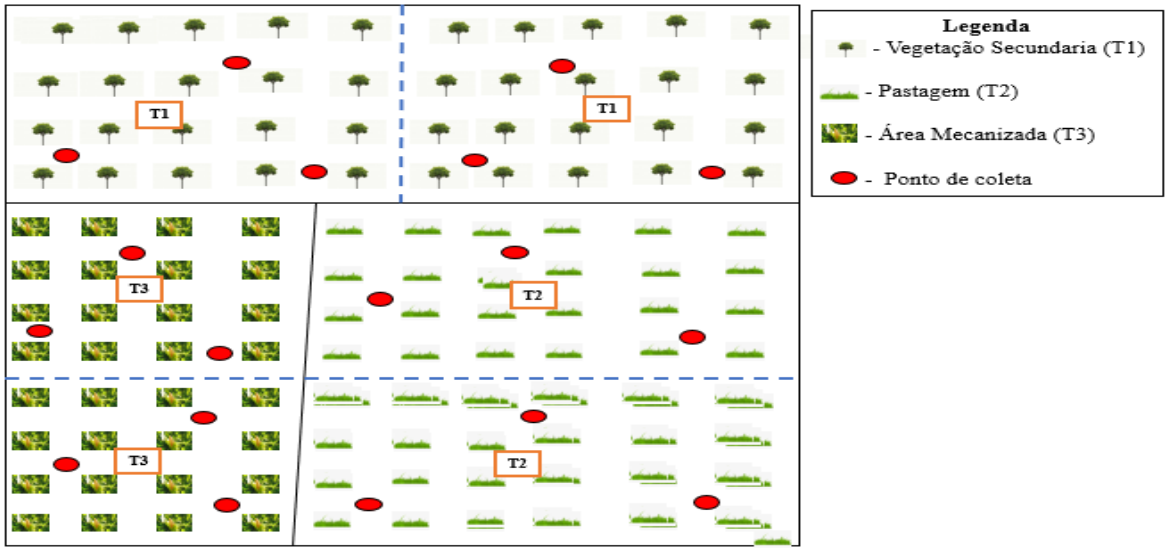


Figura 3: Croqui representativo dos pontos de coletas nos tratamentos.

5.7 ANÁLISE QUÍMICA

Para formação das amostras deformadas, foram coletadas 3 (três) amostras simples para formar uma composta, nos 3 (três) tratamentos, cada tratamento composto de 2 (duas)

repetições e duas profundidades de (0-20 e 20-40cm), totalizando 12 amostras por período, 24 amostras na pesquisa. As mesmas foram submetidas ao preparo da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), e posteriormente encaminhadas para análise química no Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental - FULLIN, localizada no município de Linhares, no Espírito Santo, onde foram determinados os seguintes parâmetros seguindo a metodologia da Embrapa (2017). pH (H_2O) e (KCl), matéria orgânica (MO), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al) e Acidez potencial (H+Al), com esses resultados foi calculada a soma de bases trocáveis (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC a pH 7) do solo foi obtida pela soma dos cátions trocáveis do solo (Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^{+}, H^{+} e Al^{+3}) .

Os teores da saturação por bases (V%) foram calculados pela seguinte equação:

$$V = [(Ca + Mg + K) / (Ca + Mg + K + H + Al)]. 100$$

Onde:

V = saturação por bases, em %;

Ca = teores de Ca trocável, em cmolc dm^{-3};

Mg = teores de Mg trocável, em cmolc dm^{-3};

K = teores de K trocável, em cmolc dm^{-3};

H+Al = teores de H+Al, em cmolc dm^{-3}.

Os teores de saturação por alumínio (m%) foram calculados pela seguinte equação:

$$m\% = [(Al) / (Ca + Mg + K + H + Al)]. 100$$

Onde:

m% = saturação por alumínio, em %;

Al= teores de Al trocável, em cmolc dm^{-3};

Ca = teores de Ca trocável, em cmolc dm^{-3};

Mg = teores de Mg trocável, em cmolc dm^{-3};

K = teores de K trocável, em cmolc dm^{-3};

H+Al = teores de H+Al, em cmolc dm^{-3}.

5.8 ANÁLISE FÍSICA

As amostras indeformadas foram coletadas com anéis de aço inox volumétricos com auxílio de trado uhland, seguindo metodologia proposta por Santos et al. (2015), e posteriormente encaminhadas para o laboratório de solos da Universidade Federal do Pará (UFPA), campus de Altamira, para análise de densidade. Para análise granulométrica, utilizou-se amostras deformadas no qual foi realizado através do método da pipeta e a classificação textural, através do triangulo textural, Embrapa (2009), ambas análises também foram realizadas no

laboratório de Solos da Universidade Federal do Pará, Campus de Altamira – UFPA/CALT, seguindo a metodologia proposta por Embrapa (2017).

Os anéis foram coletados somente na camada superficial do solo, foram utilizados para a determinação da Ds, conforme metodologia da Embrapa Solos (EMBRAPA, 2011).

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

Onde:

Ds – densidade do solo, em kg dm-3 (equivalente a g cm-3).

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

V – volume do cilindro, em cm3.

5.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a realização da análise estatística foi utilizado o teste não-paramétrico de Wilcoxon ($P<0,05$), onde será analisada a média aritmética dos valores dos teores dos nutrientes obtidos das repetições das amostras de solo nas duas profundidades.

Caso os resultados obtidos para o teste t de Wilcoxon em relação aos teores mínimos e máximos obtidos dos parâmetros avaliados não estiverem dentro do intervalo de tabulação dos graus de liberdade, a hipótese de nulidade (H0) será rejeitada e, consequentemente, a hipótese alternativa (Ha) é aceita, com a margem de 0,05% de probabilidade de erro, para mais ou para menos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ANÁLISE FÍSICA

A classificação textural e classificação granulométrica do solo nas profundidades 0-20 e 20-40 cm, sob os tratamentos estudados encontram-se representados na (Tabelas 1) referente aos períodos chuvoso e seco, respectivamente. Percebe-se que há uma diferença na classificação granulométrica entre os tratamentos e profundidades, mas existe predominância da fração franco siltoso na maioria deles. Quanto a classificação textural do solo, todos os tratamentos são de textura média segundo classificação da Embrapa (2009).

Segundo Silva e Castro (2013), solos de textura média e arenosa são menos predispostos a compactação quando comparados com solos argilosos, devido à alta plasticidade e coesão entre partículas, onde a resistência decresce com a umidade.

Tabela 1: Composição e classificação textural nas camadas avaliadas das diferentes épocas e áreas de estudo. T1- vegetação secundaria, T2- Pastagem, T3- Área mecanizada

Período	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classe textural (EMBRAPA)	Classificação Granulométrica
	cm		g kg-1			
			Floresta secundaria			
Chuvoso	0-20	388,5	603,2	8,2	Média	Franco SIltoso
	20-40	292,0	698,5	9,5	Média	Franco SIltoso
Seco	0-20	384,7	604,4	11,0	Média	Franco SIltoso
	20-40	268,9	717,9	13,2	Média	Franco SIltoso
			Pastagem			
Chuvoso	0-20	607,7	386,9	5,5	Média	Franco SIltoso
	20-40	487,1	481,2	31,7	Média	Franco SIltoso
Seco	0-20	683,8	298,7	17,5	Média	Franco SIltoso
	20-40	478,2	514,1	7,7	Média	Franco SIltoso
			Área Mecanizada			
Chuvoso	0-20	605,4	388,1	6,5	Média	Franco Arenoso
	20-40	457,5	532,5	10,0	Média	Franco SIltoso
Seco	0-20	696,9	299,3	3,7	Média	Franco Arenoso
	20-40	560,9	433,6	5,5	Média	Franco Arenoso

A densidade do solo (Ds) apresentou médias no período chuvoso para T1- 1,32 g/cm³, T2- 1,51 g cm³e T3- 1,38 g cm³. No período seco apresentaram as seguintes (Ds) T1 - 1,44 g/cm³, T2- 1,54 g cm³ e T3- 1,49 g cm³, respectivamente, estão acima dos valores médios considerados ideais para Ds, os quais segundo Camargo e Alleoni (1997), estão compreendidos na faixa de 1,0 e 1,2 g cm-³. Esses maiores valores para a densidade podem resultar numa maior degradação do solo nas áreas em estudo (Figura 4).

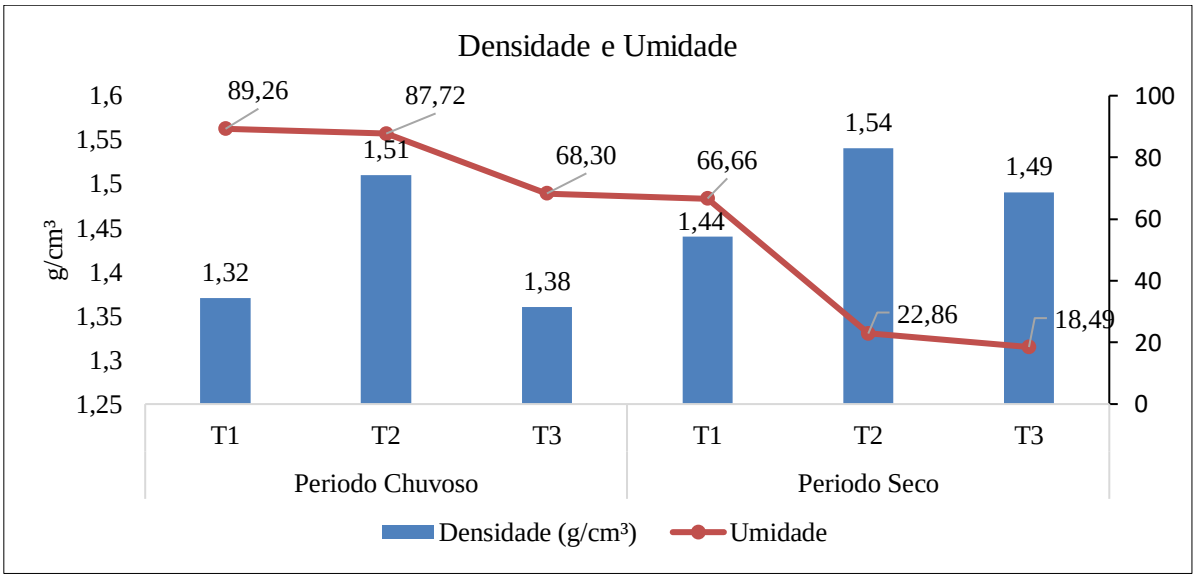


Figura 4: Média de densidade e umidade dos tratamentos no período chuvoso e seco.

O tratamento T1 apresentou menores resultados de densidade em todos os períodos analisados de 1,32 g/cm³ e 1,44 período chuvoso e seco respectivamente, os autores Silva et al. (2015) também encontraram resultados de baixa densidade em áreas com vegetação e maiores resultados de matéria orgânica. Segundo Gomes et al. (2016), a matéria orgânica tem o poder de flocular o solo, abrir espaços e, evitar a compactação, por isso, diminui a massa em relação ao volume.

A densidade do solo em todos os tratamentos foi maior no período seco, de acordo com Souza et al. (2006), a baixa umidade presente no solo tende a sofrer redução nos valores de densidade em função da perda de sua estruturação. Os maiores valores de umidade e densidade foram observados para os tratamentos T2 e T3. Os maiores valores de densidade do solo nestas áreas em comparação ao T3, devem-se à exposição do solo frente a compactação pelas gotas de chuva, utilização de implementos agrícolas; e no caso do T2, a compactação causada ao solo pelo pisoteio de animais exatamente no período de maior umidade do solo, quando este normalmente está acima do seu ponto de friabilidade, portanto, com susceptibilidade máxima à compactação pelo efeito de pressão externa

Resultados inferiores foram obtidos por Correia, (2014) ao estudar a avaliação do estado de compactação do solo em área de eucalipto em uma fazenda experimental e estação ecológica da universidade de Brasília, observaram que o solo de agricultura apresentou médias de densidade aos demais tratamentos de 0,63 g cm³ na camada correspondente a 0-20 cm, Roni et al. (2014), em seus estudos com atributos químicos e físicos do solo sob pastagem e estádios sucessionais no município de Pinheiral, região do Médio Vale do Paraíba do Sul obtiveram resultados semelhantes com resultados de Ds variando entre 1, 41 a 1,67 em solos de pastagem, esses resultados corroboram com os resultados encontrados nessa pesquisa em área de pastagem.

Resultados superiores foram obtidos por Nascimento et al. (2017) ao estudarem atributos físicos do neossolo regolítico distrófico sob pastagem submetido a colheita mecanizada da forragem e pastejo animal Fazenda Roçadinho, uma propriedade comercial de criação de bovinos de leite localizada no município de Capoeiras, região agreste do estado de Pernambuco, observaram que o solo de área de pastagem apresentou médias de densidade de 1,64 g cm³, na camada correspondente a 0-20 cm do solo o autor justifica que o pisoteio continuo causa maior compactação que a área mecanizada.

Observa-se que a área de pasto causou maior compactação no período chuvoso e a área mecanizada no período seco, avaliando os ambientes neste estudo, observa-se que a área de

pasto e área mecanizada apresentam resultados de 1,51 a 1,54 e 1,32 a 1,49 g cm³, respectivamente este aumento representa o processo da compactação do solo, o que dificulta o reestabelecimento natural da vegetação. Roni et al. (2014) destacam que solos de pastagem em função do excessivo pisoteio de animais ou outras modalidades de pressão favorecem a maior compactação.

6.2 PARÂMETROS QUÍMICOS

Os resultados obtidos para os parâmetros avaliados nos dois períodos de coleta nesta pesquisa estão descritos na Tabela 2 na Tabela 4, nas Tabelas 3 e 5 constam as interpretações destes resultados baseados de acordo com os teores de referência de Tomé Jr (1997)

Tabela 2: Teores médios dos atributos químicos de solo em diferentes tratamentos em propriedade rural no município de Pacajá - PA

Área	Prof.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
	Período Chuvoso						
	cm	**mg/dm³**		**cmol c/dm³**			
T1	0-20	2,3	23,5	0,6	0,4	2,2	8,1
	20-40	0,9	11,7	0,4	0,5	2,1	6,9
T2	0-20	3,7	33,2	1,4	0,6	0,5	4,2
	20-40	1,0	17,7	1,3	0,6	0,5	4,0
T3	0-20	2,6	29,3	1,3	0,7	0,4	4,6
	20-40	1,7	17,6	1,2	0,5	1,0	3,9
	Período Seco						
T1	0-20	3,0	18,0	0,6	0,2	1,0	6,1
	20-40	2,0	14,5	0,4	0,1	3,4	5,9
T2	0-20	3,5	41,5	1,5	0,4	0,5	5,4
	20-40	2,5	21,5	0,8	0,3	0,7	5,0
T3	0-20	3,5	37,5	1,6	0,4	0,3	3,6
	20-40	2,0	16,5	0,6	0,2	0,9	5,1

T1= Floresta secundária; T2= Pastagem; T3= Área mecanizada

Observa-se que os teores de P, K e Mg não apresentam teores satisfatórios. Estes valores nas sazonalidades variaram de 1,0 mg/dm³ a 3,7 mg/dm³; 11,7 mg/dm³ a 41,5 mg/dm³; e 0,4 $cmol_c$/dm³ a 1,6 $cmol_c$/dm³, respectivamente, sendo considerados baixos em ambos períodos. Corroborando com os estudos de Silva Junior et al. (2012b) os níveis de referência apresentaram

variação em relação à pastagem apenas na primeira camada do solo, porém os resultados encontrados por estes autores foram superiores aos desta pesquisa, que apresentou teores considerados muito baixos de acordo com a classificação de (TOMÉ JR. 1997).

6.2.1 Fosforo (P)

Na área de pastagem foram observados os maiores teores de P disponível em todas as camadas avaliadas, 1,0 a 3,7 (0-20 cm), 0,9 a 2,5 mg kg^{-1} (20-40 cm). Isto pode estar relacionado, ao reduzido revolvimento do solo, aos dejetos animais, à liberação desse nutriente pela decomposição de resíduos de plantas e à competição dos ácidos orgânicos com o fósforo pelos sítios de adsorção, aumentando os teores de P disponível na solução do solo, conforme citado por (LEITE et al., 2013).

Os menores teores foram verificados no T1 nos períodos e profundidades estudados, em todas as camadas realçando as limitações em termos de disponibilidade de P no solo. A baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente de fósforo, é comum nos solos amazônicos (MAIA et al, 2015).

Estudos de Silva Jr., Boechat e Carvalho (2012) avaliando os atributos químicos do solo sob conversão de floresta amazônica em diferentes sistemas na região norte também encontrou diferenças significativas de P, que apresentaram teores de 2,2 e 1,6 mg dm^{-3} na Floresta. Brady e Weil (2013) explicam que grandes quantidades de óxidos de Fe e Al, presentes em muitos solos, torna possível a fixação de grande quantidade de fósforo por intermédio dessa reação.

6.2.2 Potássio (K)

Pode-se observar que na primeira camada, o potássio tendeu a apresentar maiores teores de concentração deste nutriente, em pesquisa com diferentes culturas de cobertura, Silveira et al., (2010) constata que a maior presença de resíduos culturais na superfície do solo pode ter propiciado o acúmulo de K na primeira camada do solo.

Segundo Silva Junior et al.,(2012a), maiores teores de K em pastagem têm sido atribuídos à grande capacidade do sistema radicular das gramíneas de absorção e acúmulo de K e à rápida velocidade de liberação, uma vez que o K está presente nas plantas em forma iônica sendo liberado mais rapidamente para o solo por meio da ciclagem, promovendo disponibilização desse nutriente no solo.

Para Torres e Pereira, (2008), esses resultados podem ser associados ao aporte de palhada somado ao grande volume de raízes em profundidade proporcionado pelas gramíneas

evidenciando o fato de espécies forrageiras serem eficientes no aproveitamento de nutrientes como o P e o K.

6.2.3 Cálcio (Ca)

Independente do período e profundidade os teores de cálcio (Ca), foram encontrados em todos os tratamentos são considerados baixos, menores 1,5 $cmol_c$ dm^{-3}, no T3 na profundidade 0-20 no período seco foi considerado médio, maior que 1,5 $cmol_c$ dm^{-3} (TOMÉ JR. 1997). Os menores teores foram encontrados no T1 de 0,4 e 0,6 cmol c/dm³. Segundo Barreto et al., (2006) os menores teores de cálcio na mata já são esperados uma vez que neste sistema o que está disponível no solo provavelmente esteja sendo absorvido pela vegetação, que por sua vez retorna para o solo novamente.

Na primeira camada 0-20 cm, os teores de cálcio foram maiores em todos os períodos, enquanto na camada mais profunda, em todos os tratamentos, os teores diminuíram. Silva (2011) também encontrou maiores teores de cálcio na primeira camada do solo, sendo estes em período chuvoso.

6.2.4 Magnésio (Mg)

Observa-se que não houve diferença entre os tratamentos T2 e T3 nas duas profundidades e períodos estudados. Leite et al., (2013) estudando Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem encontrou resultados aproximados a esta pesquisa em área de pastagem e vegetação nativa nas duas profundidades, com médias de 0,1 e 0,9 $cmol_c$ dm^{-3}. Brady e Weil (2013) confirmam que o aumento deste nutriente pode estar associado à decomposição da matéria orgânica, favorecida pela melhoria das condições de fertilidade do solo.

Segundo Lima e Montanari, 2011, a superioridade nos teores de Mg na área de pastagem em relação aos demais sistemas é devida, provavelmente, ao aporte desses elementos pelos resíduos orgânicos e à liberação por meio da decomposição da matéria orgânica e dos resíduos vegetais da forragem pré-existente.

Na área de pastagem avaliada os animais são criados sob sistema extensivo, os animais permanecem a maior parte do tempo no local estudado, o que implica em um aporte considerável de excrementos para o solo. Os baixos teores na área de vegetação secundária são associados ao fato de que os nutrientes disponibilizados pela decomposição da matéria orgânica são absorvidos pela vegetação antes de se acumularem no solo, em razão da eficiência de utilização dos nutrientes pelas plantas de vegetação nativa, como citado por Faria et al. (2010).

6.2.5 Alumínio (Al)

Analisando os dados do alumínio no solo, verificamos que os maiores teores de alumínio foram encontrados no T1 (tabela 4), em todos períodos e profundidades 0-20 e 20-40 cm, respectivamente, de 1,0 a 2,2 e 2,1 a 3,4. $cmol_c\ dm^{-3}$, da qual acompanhou a redução do pH nas camadas avaliadas, fato coerente observado por Leite et al., (2013), segundo Brady e Weil (2013) a concentração de Al diminui quando os teores de pH estão acima de 5,5.

Tabela 3: Interpretação dos resultados da análise dos atributos químicos de solo baseado a partir dos de os teores de referência de Tomé Jr (1997)

Area	Prof.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
	cm	mg/dm³		cmol c/dm³			
Período Chuvoso							
T1	0-20	B	B	B	M	A	A
	20-40	B	B	B	B	A	A
T2	0-20	B	B	B	B	M	M
	20-40	B	B	B	B	M	M
T3	0-20	B	B	B	M	M	M
	20-40	B	B	B	B	A	M
Período Seco							
T1	0-20	B	B	B	B	A	A
	20-40	B	B	B	B	A	A
T2	0-20	B	B	B	B	M	A
	20-40	B	B	B	B	M	A
T3	0-20	B	B	B	B	B	M
	20-40	B	B	B	B	M	A

MB= Muito Baixo; B=baixo; M= Médio; A= Alto; E= Elevado

Os dados obtidos se assemelham aos encontrados por Roni et al. (2014), na qual os teores de alumínio cresceram com a profundidade, variando de 0,6 a 3,18 $cmol_c\ dm^{-3}$. Estudos realizados por Sena, Silva e Silva Jr. (2007), em diferentes SAF's e floresta secundária, encontraram aumento dos teores de Al trocável, com o aumento da profundidade.

Segundo Leite et al., (2013) o efeito tóxico do alumínio depende da proporção dos outros cátions e da sensibilidade da espécie, as culturas tropicais e subtropicais são comumente tolerantes ao alumínio trocável. Observa-se que os teores de alumínio encontrado no T2 e T3, foram considerados médio, entre 0,4 a 1,0 $cmol_c\ dm^{-3}$, já os teores encontrado no T3 foram considerados altos , sendo maior que 1,0 $cmol_c\ dm^{-3}$ (TOMÉ JR., 1997).

6.2.6 Acidez Potencial (H +Al)

A acidez potencial (H+Al) encontrou-se, de acordo com os valores de referência, em níveis médio e alto que variaram entre 3,9 a 8,1 $cmol_c/dm^3$ para as sazonalidades e profundidades, isto deve-se ao alto teor de alumínio encontrado no presente trabalho.

Os maiores teores de acidez potencial estão presentes na primeira camada do solo, em todos os tratamentos. Silva Júnior et al., (2012), estudando atributos químicos do solo sob conversão de floresta amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará, encontrou teores que se assemelham variando de 6,2 a 8,83 cmolc dm^{-3} na área de vegetação nativa, o qual justifica a tendência de aumento da acidez potencial em áreas de floresta é acompanhada pelos maiores teores de matéria orgânica.

Moreira et al. (2013), ressalta que a acidez do solo provocado pelos altos níveis dos teores de Al^{3+} acaba comprometendo o desenvolvimento das raízes, diminuindo a capacidade das plantas em absorver água e nutrientes do solo e bloqueia a absorção de macronutrientes, tais como P, Ca^{2+} e Mg^{2+}.

6.2.7 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Na tabela 4, os teores de pH encontrados variam de 4,1 a 5,4 sendo considerados solos de acidez média e elevada onde esses valores são abaixo ao requerido para a maioria das culturas. Estes teores de pH refletem no alto nível de toxidez de alumínio presente no solo. Vale ressaltar que o teor de Al nesta pesquisa apresenta-se de médio a alto. Ele é um elemento altamente tóxicos para a maioria das plantas, e muitas vezes é o responsável pelos problemas na acidez do solo (BRADY E WEIL, 2013).

Resultados semelhantes foram encontrados por Aquino et al. (2014), com teores de 4,8; 5,1 para área vegetação secundaria e área com pastagem, respectivamente. Da qual o autor confirma que os solos sob mata geralmente apresentam menores teores de pH, uma vez que a mineralização da matéria orgânica e os exsudatos ácidos liberados pelas raízes das plantas contribuem para aumentar a acidez do solo, caracterizam-se como um solo extremamente pobre, em que o seu potencial nutricional está bastante reduzido.

O potencial hidrogeniônico apresentou elevado nível de acidez em todos os tratamentos, o valor de pH em solos tropicais é naturalmente ácido, sendo ≤ 5 (Embrapa, 2010). Os baixos teores de pH são definidos com uma alta concentração de íons H+ (BRADY; WEIL, 2013).

Nos tratamentos, foi observada pouca variação dos índices de pH em profundidade do solo, isso se deve à alta precipitação da região amazônica que causa lixiviação de nutrientes da camada superficial para o restante do perfil do solo (CRAVO et al., 2012)

O menor valor de pH encontra se na área de vegetação secundária, segundo Menezes et al., (2010) áreas de vegetação apresentam maior deposição de serapilheira e consequentemente no processo de decomposição ocorre maior liberação de ácidos, o que diminui os teores de pH.

Segundo Natale et al. (2012), afirmam que a água da chuva contribui para a acidificação do solo por meio dos processos de lixiviação dos cátions básicos Um fator que pode contribuir para a acidez do solo é a água da chuva, visto que a coleta do trabalho se realizou em período com grande quantidade de chuva.

Tabela 4: Teores médios dos atributos químicos de solo em diferentes tratamentos em propriedade rural no município de Pacajá – PA.

Area	Prof.	P.H	M.O	SB	CTC (t)	CTC (T) PH	(M%)	(V%)
				Período Chuvoso				
	cm	H2O	dag/kg	cmol c/dm³			%	%
T1	0-20	4,1	2,5	1,7	3,8	9,8	56,3	16,9
	20-40	4,2	1,6	0,9	3,0	7,8	71,1	11,2
T2	0-20	4,9	1,8	2,1	2,6	6,3	19,0	33,1
	20-40	4,7	0,9	1,8	2,4	5,8	24,3	31,8
T3	0-20	4,7	1,4	2,1	2,5	6,6	16,1	31,4
	20-40	4,5	1,3	1,7	2,7	5,5	37,7	30,7
				Período Seco				
T1	0-20	4,7	2,2	0,9	1,8	6,9	57,0	11,2
	20-40	4,6	2,1	0,5	1,7	6,7	71,5	7,6
T2	0-20	5,0	3,2	2,0	2,5	7,4	22,0	26,1
	20-40	4,9	2,0	1,2	1,8	6,1	37,0	18,6
T3	0-20	5,4	2,7	2,0	2,3	5,6	11,5	35,9
	20-40	4,8	1,7	0,9	1,8	5,7	53,0	13,7

T1= Floresta secundaria; T2= Pastagem; T3= Área mecanizada

6.2.8 Matéria Orgânica (MO)

Analisando os dados de matéria orgânica no solo, verifica-se que os maiores foram encontrados nas camadas superficiais de todos os tratamentos. Observa-se que os teores de matéria organica encontrado no T1 e T2, foram considerados médio, entre 1,6 a 3,0 dag/dm^{-3}, já os teores encontrado no T3 foram considerados baixos , sendo menor que 1,6 dag/dm^{-3} (TOMÉ JR., 1997).

Resultados semelhantes foram encontrados por Gomes et al. (2014), ao estudarem teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais, apresentaram em suas pesquisas

que o teor de matéria orgânica é maior em área de vegetação com teores de 1,8 a 3,2 dag/dm^{-3}, ressalta que as coberturas das árvores em decomposição favorecem o aumento da mesma e dificultam a compactação do solo.

Para Salton e Tomazi (2014), o crescimento vigoroso de sistemas radiculares de espécies, principalmente braquiárias, auxilia na formação de estruturas em forma de agregados no solo e no aumento da matéria orgânica.

Bezerra et al. (2018), em seus estudos sobre avaliação dos atributos químicos do solo em sistemas agroflorestais e pastagem, no município de brasil novo-Pará encontraram teores inferiores de 0,95; 1,95 em área de pastagem. Por sua vez, na vegetação e sistemas de pastagens tem sido comum observar maiores teores de matéria orgânica quando a pastagem atinge a estabilidade do crescimento, acima de seis anos, Loss et al., (2014), o que é corroborado pelos dados deste trabalho.

Silva et al. (2018b) concluiu que devido ao considerável acúmulo de biomassa que contribui para a decomposição da matéria orgânica, é de extrema importância manejar as áreas de vegetação secundária de forma adequada, caso este sistema seja apara fins de conservação ou produção.

6.2.9 Soma de Bases (SB)

Para os teores médios de soma de bases do solo não houve diferenças entre T2 e T3 nas duas profundidades e períodos analisados o T1 apresentou teores inferiores aos demais tratamentos, a soma de bases (SB) é dada pela soma dos teores de Ca, Mg e K, observa-se nessse estudo que em todos os tratamentos foram considerados baixo < 2,1 cmol c/dm (TOMÉ JR., 1997).

Os teores da soma de bases variaram de 0,9 a 2,1 cmol$_c$ dm^{-3} no T2 e T3 e de 0,5 a 1,70 cmol$_c$ dm^{-3} no T1, estudos sobre atributos químicos do solo sob conversão de floresta amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará, por Silva Junior (2012), apontam teores obtidos de 1,58 a 2,22 cmol$_c$ dm^{-3} no pastagem, e teores de 1,37 a 1,63 cmol$_c$ dm^{-3} na floresta nativa; estes teores são superiores aos encontrados no T2 e T3 e inferiores ao T1 nesta pesquisa.

6.2.10 Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

Os dados obtidos nesta pesquisa mostram que houve diferença entre os tratamentos T1 em relação a T2 e T3 no período chuvoso no período seco não diferem na profundidade em

ambas profundidade e tratamentos (Tabela 5), considerados baixo < 2,6 e medio entre 2,6 e 6 sengundo (TOMÉ JR, 1997).

A CTC dos solos variou de 7,8 a 9,8 $cmol_c$ dm^{-3} no T1 e de 5,7 a 7,4 $cmol_c$ dm^{-3} no T2 e T3. Esses teores são superiores aos encontrados por Silva Jr., Boechat e Carvalho (2012), que obtiveram teores de 4,92 e 5,56 $cmol_c$ dm^{-3} área de pastagem e de 6,34 a 8,83 $cmol_c$ dm^{-3} na floresta, na qual os autores justificam a redução da capacidade de troca de cátions pela influência da acidez potencial.

Resultados semelhantes aos observados nesse estudo, foram relatados por Roni et al, (2014) ao avaliarem Atributos químicos e físicos do solo sob pastagem e estádios sucessionais de floresta estacional que ao avaliarem os atributos químicos do solo sob área de pastagem e áreas de povoamentos vegetação, também constataram baixos teores de CTC em área de pastagem de 5,4 a 6,7 e vegetação secundaria de 7,2 a 9,6.

Estes resultados foram semelhantes aos da MO, segundo Silva et al. (2014) em seus estudos relatam que a matéria orgânica disponível no solo é responsável por grande parte da capacidade de troca catiônica do mesmo.

Tabela 5: Interpretação dos resultados da análise dos atributos químicos de solo baseado a partir dos de os teores de referência de Tomé Jr (1997).

Área	Prof.	P.H	M.O	SB	CTC (t)	CTC (T) PH	(M%)	(V%)
				Período Chuvoso				
	cm	H2O	dag/kg	cmol c/dm³			%	%
T1	0-20	E	M	B	M	M	A	MB
	20-40	E	M	B	M	M	A	MB
T2	0-20	E	M	B	M	M	B	B
	20-40	E	B	B	B	M	M	B
T3	0-20	E	B	B	B	M	B	B
	20-40	E	B	B	M	M	M	B
				Período Seco				
T1	0-20	E	M	B	B	M	A	MB
	20-40	E	M	B	B	M	A	MB
T2	0-20	E	A	B	B	M	M	MB
	20-40	E	M	B	B	M	M	MB
T3	0-20	M	M	B	B	M	B	B
	20-40	E	M	B	B	M	A	MB

MB= Muito Baixo; B=baixo; M= Médio; A= Alto; E= Elevado

6.2.11 Saturação por Base (V%)

Observa-se que em relação à saturação por base no solo houve diferenças entre as profundidades e períodos nos tratamentos em pesquisa. Os tratamentos em todos os períodos de

coletas apresentaram uma baixa porcentagem saturação por base (V%), apresentando menor valor no período seco de 20-40 na área de vegetação secundária.

Silva Junior et al. (2012), mostraram que o V% é menor em uma área de vegetação do que uma área sem cobertura vegetal. Os solos considerados Eutróficos apresentam V% >50% são considerados férteis, enquanto distróficos são os solos com V% <50% possuem baixa fertilidade (Tomé Jr, 1997). Nesse estudo todos os tratamentos caracterizam-se como distróficos.

6.2.12 Saturação por Alumínio (m%)

Verificou-se nesta pesquisa, na primeira camada do solo no T3 maior V%, sendo este de 35,9 , da qual onde também foi encontrado maior valor de pH 5,4, isto é justificado por Silva Junior et al. (2012), o qual ratifica que quanto maior o pH, maior o valor de saturação por base.

Os teores médios de saturação por alumínio do solo houve diferenças entre o T1 em comparação a T2 e T3 nas duas profundidades e períodos analisados. Constatou-se nesta pesquisa, o T1 maior m%, estando este entre 56 a 72 %.

Oliveira et al. (2018), em seus estudos avaliando as propriedades químicas e físicas do solo em áreas de preservação permanente (app), obteve resultados superiores de 32,25 a 40,07 em área de pastagem, e inferiores na vegetação secundaria de 33,83 a 37,81 alta saturação por alumínio (m%) > 50% e teor de alumínio superior a 0,4 cmol c/dm³, sendo interpretado como solo álico. Como consequência da alta saturação por alumínio, os teores de Ca, Mg, K e soma de bases estão muito baixos, devido a maioria das cargas elétricas do coloide do solo estarem ocupadas por alumínio (SILVA, 2014).

Verificou-se os maiores teores de m% no tratamento T1, 56,3% e 71,5%, indicando baixo potencial nutricional, alta concentração de Al^{3+}, pode estar comprometendo o desenvolvimento radicular das plantas que limita o crescimento das raízes diminuindo a capacidade das plantas em absorver água e nutrientes do solo e bloqueia a absorção de macronutrientes, tais como o P, o Ca^{2+}+ e o Mg^{2+}, (DE SOUZA et al. 2018; MOREIRA et al. 2013).

6.3 ANALISE ESTATISTICA

Na análise estatística, quando avaliadas as camadas superficiais do solo (0-20cm) e (20-40), nas três áreas estudadas no período chuvoso (Tabela 6), não ocorreu diferença significativa entre os tratamementos e profundidades analisadas, aceitando a hipotese de nulidade H0.

Tabela 6: Comparação dos atributos químicos das amostras de solo no período chuvoso por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon (P<0,05), analisando diferentes tratamentos com a mesma profundidade.

Período Chuvoso				
Profundidade	**Tratamento**	**Rank**	**Pr>=/S/**	**Resultado**
0-20	T1XT2	5	0,7483	Aceita H0
	T1XT3	3,5	0,8394	Aceita H0
	T2XT3	13,5	0,3135	Aceita H0
20-40	T1XT2	9	0,5045	Aceita H0
	T1XT3	1,5	0,9248	Aceita H0
	T2XT3	-13	0,3845	Aceita H0

No período seco, o resultado foi inverso (Tabela 7), apresentando diferença significativa entre todos os tratamentos e profundidades rejeitando a hipotese H0 e aceitando H1, exceto no T2 quando comparado ao T3 na camada superfcial 0-20cm, o qual mostrou que não foram encontradas diferencas sgnificativas, aceitando-se assim a hipótese de nulidade (Ho).

Tabela 7: Comparação dos atributos químicos das amostras de solo no período seco por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon (P<0,05), analisando diferentes tratamentos com a mesma profundidade.

Período Seco				
Profundidade	**Tratamento**	**Rank**	**Pr>=/S/**	**Resultado**
0-20	T1XT2	-39	0,0037	Rejeita H0
	T1XT3	-34,5	0,0134	Rejeita H0
	T2XT3	-8	0,4492	Aceita H0
20-40	T1XT2	-35,5	0,0105	Rejeita H0
	T1XT3	-25	0,0522	Rejeita H0
	T2XT3	44	0,0007	Rejeita H0

Os menores teores de aluminio (Al) sao encontrados em aeas que apresentam menores valores de pHdo solo, que em concentrações elevadas no solo, provoca danos ao desenvolvimento radicular, reduz a atividade microbiana, inibe o crescimento das raízes e influenciam negativamente na absorção de água e P, e a H+Al dos solos e, portanto, diminui a produtividade (Gomide et al., 2011).

Quando observado as camadas 0-20 e 20-40 nos periodos estudados nao ha diferenca significativa, isto ocorre devido ao sistema de manejo adotados, pois os mesmos atuam de forma semelhantes nas profundidades. Por exemplo os tratamentos observados nesta pesquisa influem

nos parametros analisados em ambas as camdas (Tabela 8).

Tabela 8: Comparação dos atributos químicos das amostras de solo no período chuvoso e seco por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon (P<0,05), analisando diferentes profundidade no mesmo tratamento.

Período Seco x Período Chuvoso				
Profundidade	**Tratamento**	**Rank**	**Pr>=/S/**	**Resultado**
0-20	T1XT1	-9,5	0,375	Aceita H0
	T2XT2	-2,5	0,8647	Aceita H0
	T3XT3	22	0,1313	Aceita H0
20-40	T1XT1	0,5	0,9858	Aceita H0
	T2XT2	-4,5	0,7869	Aceita H0
	T3XT3	-20	0,1736	Aceita H0

Na análise estatística quando comparado diferentes profundidades com o mesmo tratamento e período, ocorreu diferença significativa nos atributos químicos camadas superficiais do solo (0-20 cm) na comparação com a camada de (20-40), rejeitando-se H0, (Tabela 9).

Tabela 9: Comparação dos atributos químicos das amostras de solo no período chuvoso e seco por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon (P<0,05), o mesmo tratamento em diferentes períodos, porém com mesma profundidade.

Período Chuvoso				
Profundidade	**Tratamento**	**Rank**	**Pr>=/S/**	**Resultado**
0-20 x 20-40	T1XT1	29	0,0415	Rejeita H0
	T2XT2	27	0,0137	Rejeita H0
	T3XT3	37	0,0066	Rejeita H0
Período Seco				
0-20 x 20-40	T1XT1	37,5	0,0061	Rejeita H0
	T2XT2	36	0,0085	Rejeita H0
	T3XT3	41,5	0,0017	Rejeita H0

Essa diferença pode ser explicada em virtude da camada superficial apresentar-se com maior concentração de MOS em relação a camada mais profunda, que contribui para o maior armazenamento de C, aumento da CTC, maior complexação de elementos tóxicos, melhoria da estrutura, maior infiltração e retenção de água no solo constituindo-se, assim, em componentes fundamentais para o aumento da capacidade produtiva do solo, Promove maior agregação e estruturação do solo, melhorando a aeração e a drenagem interna (CHIODINI et al., 2013).

7 CONCLUSÕES

Os sistemas de manejo do solo cultivado com pastagem provocaram alterações nos atributos físicos do solo aumentando a densidade e o grau de compactação quando comparados com a vegetação secundaria e área de plantio mecanizado.

As características químicas do solo são alteradas de acordo com sistema manejos inseridos, a área de plantio mecanizado obteve os melhores índices de atributos químicos durante a sazonalidade em todas as profundidades estudadas, em relação a vegetação secundária e o pasto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, R. E.; JÚNIOR, J. M.; COSTA, M. C.; OLIVEIRA, I. A.; SIQUEIRA, D. S. Distribuição espacial de atributos químicos do solo em área de pastagem e vegetação. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** Goiânia, v. 44, n. 1, p. 32-41, jan./mar. 2014.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação: **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, 5: 187-206, 2012. (DOI): 10.5777/PAeT.V5. N1.12

ARCOVERDE, Sávio NapoleÃo Soares. Qualidade De Solos Sob Diferentes Uso S Agrícola S N A Região Do Entorno Do Lago De Sobradinho - Ba. 2013. 71 f. **Tese (Doutorado)** - Curso de Engenharia Agricola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro – Ba, 2013. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~cpgea/files/teses/26.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2019.

BARRETO, A. C.; LIMA F. H. C.; FREIRE, M. B. G. dos S.; ARAÚJO, Q. R. de. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**. Mossoró, Brasil. v.19, n.4, p.415-425, out./dez. 2006

BEZERRA, D. A.; DA SILVA, S. A. S.; DA SILVA, R. M.; DOS SANTOS, P. H. C. A.; MORAES, R. B. Avaliação dos atributos químicos do solo em sistemas agroflorestais e pastagem, no município de brasil novo-pará. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.5, n.9; p.83, 2018.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos. 3.Ed. Porto Alegre**: Buokman**, 2013. 686p

CARDOSO, E. J. B. N. et al. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health**? Scientia Agricola**, 2013. v. 70, n. 4, p. 274–289.

CARNEIRO, L. F. RESENDE, A. V. de FURTINI NETO, A. E., SANTOS, J. Z. L. CURI, N. REIS, T. H. P. VALLE L. A. R. do. Frações de fósforo no solo em resposta à adubação fosfatada em um latossolo com diferentes históricos de uso**. R. Brasileira de Ciencias do Solo**, 35:483-491, 2011.

CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G.; Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: revisão. **Pubvet,** v. 11, n. 10; p. 1036-1045, 2017.

CHAVES, A. A. A. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 446-454, 2012. http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000400002.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba: USP/ESALQ, 1997, p.132.

CHIODINI, B. M.; SILVA, A.G.; NEGREIROS, A.B.; MAGALHÃES, L.B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Cultivando o saber**, v.6, n. 1, p. 181-190, Cascavel-PR, 2013.

CORREIA, F. R. Avaliação do estado de compactação do solo em área de agricultura e de vegetação de eucalipto. 2014.

COSTA, E. M. da; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. de A.; Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, 2013.

COSTA, M.A.T.; TORMENA, C.A.; LUGÃO, S.M.B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W.G.; MEDEIROS, F.M. Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 993-1004, 2012. https://doi. org/10.1590/s0100-06832012000300029

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; BRASIL, E. C. Calagem em latossolo amarelo distrófico da Amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 36, n. 3, p. 895-908, 2012. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000300020.

CUNHA NETO, F.V. da.; PEREIRA, M.G.; LELES, P. S. S dos.; ABEL, E.L.S.da. Atributos Químicos E Físicos Do Solo Em Áreas Sob Diferentes Coberturas Florestais E Pastagem Em Além Paraíba - Mg. **Ciência Florestal**, [s.l.], v. 28, n. 1, p.13-24, 2 abr. 2018. Universidad Federal de Santa Maria. http://dx.doi.org/10.5902/1980509831569.

SILVA, S. A. S.; SILVA, A. C. M; GONÇALVES, D. B.; LEÃO, F. M. Avaliação da matéria orgânica e ph do solo em sistemas agro vegetaçãois localizados na região de Altamira-Pa. **Agrarian Academy**, Goiânia, v.1, n.02; p.15, 2014.

DE OLIVEIRA, W. S.; DA SILVA, S. A. S.; DA SILVA, R. M.; DE SOUZA, W. R.; DE MORAIS, P. Determinação das propriedades químicas e físicas do solo em áreas de preservação permanente (app) com ocorrência de voçoroca, no município de brasil novo-pará. **Rev. TREE DIMENSIONAL**, pro vegetação - Goiânia, v.3 n.5; p. 2018 DOI 10.18677/TreeDimensional2018A5

DE SOUZA, W, R.; DA SILVA, S. A. S.; DA SILVA, R. M.; ALVES, R. F.; DA SILVA, J. R. Atributos físico-químicos do solo em uma voçoroca no município de brasil novo – Pará: um estudo de caso. **Rev. TREE DIMENSIONAL**, Pro vegetação - Goiânia, v.3 n.5; p. 2018. DOI 10.18677/TreeDimensional2018A2.

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

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

FARIA, A. F. G. DE: SANTOS, A. C. DOS; SANTOS, T. M. DOS; BATISTELLA FILHO, F. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na bacia do Rio Araguaia, Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.517-524, 2010.

FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. V.; CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**, 43: 417-428. 2012.

GOMES, Algenor da Silva, A relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada pelo comportamento de indicadores físicos, químicos e biológicos. Embrapa 2016.

GOMES JR., D.G.; STOLF, R.; PERES, J.G. et al. Soil physical quality of brazilian crop management systems evaluated with aid of penetrometer. Journal of Agricultural Science, v.8, n.6, p.120-128, 2016

GOMES, R. L. R.; SILVA, M. C.; COSTA, F. R.; JUNIOR, A. F. L; OLIVEIRA, I. P.; SILVA, D. B. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Faculdade Montes Belos** (FMB), v. 8, n° 5, 2015, p. 72-139, 2014.

GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.567-577, 2011.

IBGE. **Censo agropecuário 2016**. Disponível em: Acesso em: 04/10/2018.

JERKE, C. Distribuição do carbono orgânico em solo sob plantio direto, em função de fontes e modos de aplicação de fertilizantes fosfatados. **Dissertação (Mestrado),** Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 70 p. 2011.

LEITE, L. F., DE ARRUDA, F. P., COSTA, C. D. N., FERREIRA, J. D. S., & HOLANDA NETO, M. R. Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem. Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (ALICE). 2013.

LIMA, E. DE S.; MONTANARI. R. Correlação linear e espacial da produtividade de forragem com atributos físicos e químicos de um Argissolo em Aquidauana-MS. In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2, 2011, Dourados**. Anais**... Dourados: EPEX, 2011

LOSS, A., PEREIRA, M. G., BERNINI, T. A., ZATORRE, N. P., & WADT, P. G. S. (2014). Fertilidade do solo e matéria orgânica em Vertissolo e Argissolo sob cobertura vegetação e pastagem. Comunicata Scientiae, 5(1), 1-10.

MAIA, R. DA S.; VASCONCELOS, S. S.; DE CARVALHO, C. J. R. Frações de fósforo e simbiose micorrízica em vegetação secundária em resposta a disponibilidade de água e nutrientes na Amazônia oriental. Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2015.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 1981

MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DO PARANÁ. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Curitiba, PR: SBCS/NEPAR, 2012.

MENEZES, C. E. G., PEREIRA, M. G., CORREIA, M. E. F., ANJOS, L. H. C. D., PAULA, R. R., & SOUZA, M. E. D. (2010). Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em vegetações com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência vegetação**, 20(3), 439-452.

MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. Lavras: UFLA, 2013, 352 p.

NASCIMENTO, P. C. do; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. de Sá; ZOFOLLI, H. J. de O.; PEIXOTO, H. T. M. Teores e características da matéria orgânica de solos hifromórficos do Espírito Santo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 34, n. 2, p. 339-348, 2010.

NASCIMENTO, V. N., ALMEIDA, G. L. P., BATISTA, P. H. D., & COUTINHO, A. S. Atributos físicos do neossolo regolítico distrófico sob pastagem submetido a colheita mecanizada da forragem e pastejo animal. Boletim de Industria Animal, v. 74, n. 3, p. 169-175, 2017. https://doi.org/10.17523/bia.v74n3p169

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENTE, L. E.; PARENTE, S. E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais**. Revista brasileira de fruticultura**., Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, dezembro 2012.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Troical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, jul./set. 2010.

RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba, SP: Instituto Agronômico de Campinas, 2011.

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.

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.

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 estádio sucessionais de vegetação estacional. **Revista de la Faculdad de Agronomía**, La Plata, v.113, p. 47-57, 2014.

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

ROSSIELLO, R. O. P.; JACOB NETO, J. Toxidez de Alumínio em plantas: Novos enfoques para um velho problema. In: FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. ViçosaMG. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. p. 375-418, 2006

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. Sistemas radicular de plantas e qualidade do solo. EMBRAPA, Dourados, MS, p. 2-5, dez 2014. Disponível em: < https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005326/1/COT198.pdf>. Acessado em:16 jul. 2019.

SANTOS, G. G. Impacto de sistemas de integração lavoura-pecuária na qualidade física do solo. **Tese (Doutorado)** em Agronomia, área de concentração: Solo e Água). Universidade Federal de Goiás. 2010.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M. da.; SILVEIRA, P. M. da.;BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1339-1348, 2011. http://dx.doi.org/10.1590/S0100204X2011001000030.

SANTOS, H.G. dos.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos.; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO,M.R.; ALMEIDA, J.A. DE; CUNHA, T.J.F. & OLIVEIRA, J.B. (2013). Sistema brasileiro de classificação de solos. 3o. ed. Brasília: Embrapa. 353p

SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. & SHI-MIZU, S.H. (2015). Manual de descrição e coleta de solono campo. 7o. ed. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciênciado Solo.** 100p

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE- SEMMA. Plano Municipal de Meio Ambiente. Pacaja. Março, 2017, Disponível em: http://pacaja.pa.gov.br/portal-da- transparencia/estrutura-organizacional/secretaria-municipal-de-meio-ambiente/ acessado em: 28 de março de 2017.

SENA, W. L.; SILVA, J. L.; SILVA JR. M. L. Avaliação de atributos químicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso da terra. **Revista das Ciências Agrárias,** n. 48, p. 25-40, 2007

SILVA JUNIOR, C. A.; BOECHAT, C. L; CARVALHO, L. A. Atributos químicos do solo sob conversão de vegetação amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará - Brasil. **Bioscience Journal**,Uberlândia, v.28, n.4, p.566-572, 2012a.

SILVA JÚNIOR, F. A.; BARRETO, P. A. B.; OLIVEIRA, F. G. R. B.; PINTO JUNIOR, J. A. Atributos químicos de argissolo submetido a diferentes usos no sul da Bahia. **Enciclopédia Biosfera, Goiânia,** v.8, n.15; p.224-236, 2012b.

SILVA, A.A.; CASTRO, S. S. Potencial e risco à compactação dos solos da microrregião de Quirinópolis, sudoeste do estado de Goiás. **Revista Territorial**-Goiás, v. 2, p. 106-127, 2013

SILVA, F. C. de S. Mensuração direta do pH do solo em campo por meio de eletrodos íonseletivos. 2013. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

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

SILVA, JR., C. A.; BOECHAT, C. L.; CARVALHO, L. A. Atributos químicos do solo sob conversão de floresta amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará, Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v. 28, n. 4, p. 566-572, Jul/Ago. 2012

SILVA, S. A. S. Atributos químicos e microbiológicos em latossolo amarelo sob sistemas agroflorestais e floresta secundária em Bragança, Pará**. Tese (Doutorado).** Universidade federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém-PA, 97p. 2011.

SILVA, S. A. S. da. RODRIGUES, S. F. M. LIMA, P. M. S. S.; PROCÓPIO, K. S; MAIA, E. Indicadores de sustentabilidade da qualidade do solo em agroecossistemas sombreados na Amazônia. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – **Anais** do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, N° 1, Jul. 2018.

SILVA, S. A. S. DA.; SILVA. T. D.; SILVA, R. M. D.; LIMA, S. C. L.DE & SILVA, Y. R. R.DA. Atributos físico-químicos do solo submetidos a supressão vegetal, em áreas de reassentamento urbano coletivo indígena, altamira, pará, brasil. 2018.

SILVA, S. A. S. da; TEIXEIRA, D. da S.; SILVA, R. M. da; LISBOA, S. C. de L.; RODRIGUES, Y. R. da S.; Atributos físico-químicos do solo submetidos à supressão vegetal, em áreas de Reassentamento Urbano Coletivo Indígena, Altamira, Pará, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, p. 152-159, 2018b.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. Ciência Rural, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 795-801, 2000.

SILVA, W. L. D. Avaliação da fertilidade do solo e salinidade das comunidades cajueiro e boqueirão, município de Catolé do Rocha-PB, 2014.

SILVEIRA, P. M. da; CUNHA, P. C. R. da; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. dos. Atributosquímicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Troical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, jul./set. 2010

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N. de.; OLIVERIA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. 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. 205-274, 2007.

SOUZA, E. D. de; SILVA, F. D. da; PACHECO, L. P.; LAROCA, J. dos S. V.; SOUZA, J. M. A. de; BONETTI, J. de A.; **Matéria orgânica do solo em sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil**. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/325999317_Materia_organica_do_solo_em_Sistemas_Integrados_de_Producao_Agropecuaria2018. Acesso em 09 de novembro de 2019.

SOUZA, M. A. S.; OLIVEIRA, S. M. de; ARANTES, S. O.; BORGES, E. N.; Densidade do solo em três sítios de amostragem submetido a diferentes sistemas de manejo na cafeicultura do cerrado. **Revista Univasp** – Anais do VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, v. 13, n. 24, p. 130, 2006.

SZATANIK-KLOC, A.; HORN, R.; LIPIEC, J.; SICZEK, A. Soil compaction-induced changes of physicochemical properties of cereal roots. **Soil and Tillage Research**, v. 175, p. 226-233, 2018. https://doi.org/10.1016/j.still.2017.08.016

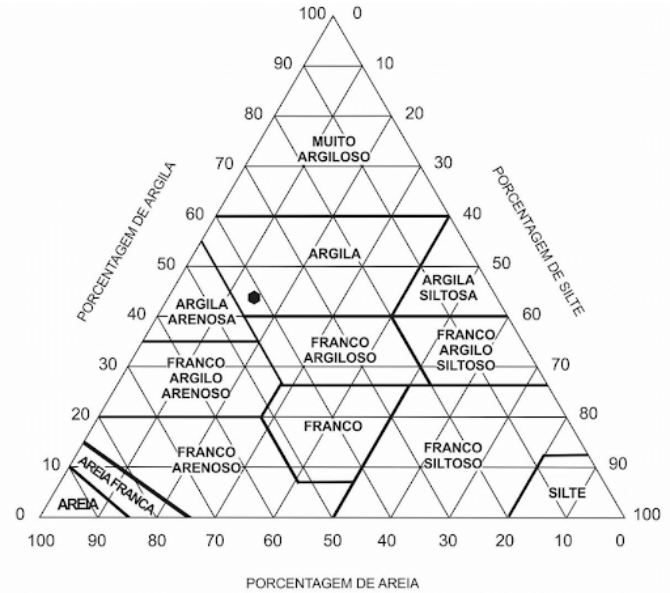
TOMÉ, Jr., J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

TORRES, J. L. R.; COSTA, D. D. A.; SILVA NETO, O. F.; ARAÚJO, A. S.; SILVA, V. R.; VIEIRA, D. M. S. Avaliação da Resistência à Penetração e Densidade do Solo Num Latossolo sob Semeadura Direta Há Doze Anos. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 1, p. 131–140, 30 abr. 2015.

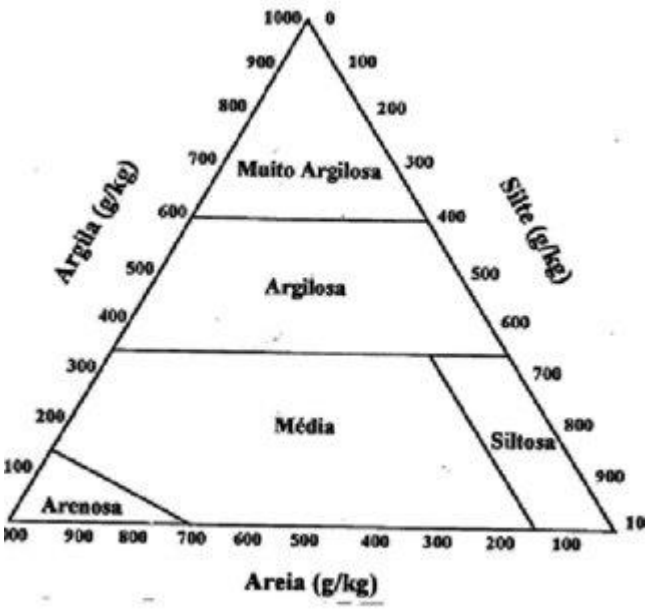
TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1609-1618, 2008.

VITTY, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. XII – Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa-MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 299-325, 2006.

ANEXOS



Triângulo textural utilizado para determinação da textura do solo, segundo Lemos & Santos (1996).



Triângulo para grupamento de classes de textura de solos fonte: Embrapa (2009)