

## Atributos físicos e químicos de solos sob diferentes tipos de uso e manejo no assentamento Abril Vermelho, Amazônia Oriental

### Physical and chemical attributes of soils under different types of use and management in the Abril Vermelho settlement, Eastern Amazon

Vânia Silva de Melo<sup>1\*</sup>, Jonathan Dias Marques<sup>1</sup>, Mário Lopes da Silva Júnior<sup>1</sup>, Leandro Frederico Ferraz Meyer<sup>1</sup>, Victor Henrique Rodrigues Dias<sup>1</sup>, Thamyres de Souza Aguiar<sup>1</sup>, Orivan Maria Marques Teixeira<sup>2</sup>

#### RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar as alterações nos atributos físicos e químicos do solo do assentamento Abril Vermelho, em função dos diferentes tipos de uso da terra e cobertura vegetal. Foram selecionadas cinco áreas, quatro sob diferentes tipos de uso e manejo (sistema agroflorestal, plantio de açaí, pastagem e plantio de mandioca), e uma área de referência (floresta secundária). Em cada área foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, com quatro repetições, totalizando 60 amostras deformadas e 60 indeformadas para análise de densidade do solo (Ds). Os valores de pH (H<sub>2</sub>O), Al<sup>3+</sup> (alumínio trocável), H+Al (acidez potencial) e M.O (matéria orgânica) sofreram alterações tanto entre os sistemas de uso do solo, quanto em razão da profundidade do perfil. No sistema em que houve trituração e disposição da biomassa no solo (plantio de mandioca), houve melhoria da qualidade do solo, com o aumento de 41% do teor de M.O em comparação ao sistema de referência, e também na manutenção da Ds próximo aos valores da capoeira. A Ds e M.O destacam-se por detectar as alterações na qualidade do solo em função da mudança de cobertura vegetal na maioria dos sistemas de uso dos solos estudados.

**Palavras-chave:** Propriedades químicas; Propriedades físicas; Uso da terra.

#### ABSTRACT

This work aims to evaluate changes in physical and chemical attributes of the soil in the Abril Vermelho settlement, as a function of different types of land use and vegetation cover. Five areas were selected, four under different types of use and management (agroforestry system, açai planting, pasture and cassava planting), and a reference area (secondary forest). In each area, soil samples were collected at depths of 0-5, 5-10 and 10-20 cm, with four replications, totaling 60 deformed and 60 undisturbed samples for soil density analysis (Ds). The pH (H<sub>2</sub>O), Al<sup>3+</sup> (exchangeable aluminum), H+Al (potential acidity) and M.O (organic matter) values changed both between land use systems and due to the depth of the profile. In the system in which biomass was crushed and disposed of in the soil (cassava planting), there was an improvement in soil quality, with a 41% increase in OM content compared to the reference system, and also in the maintenance of Ds close to values of capoeira. Ds and M.O stand out for detecting changes in soil quality as a function of change in vegetation cover in most of the land use systems studied.

**Keywords:** Chemical properties; Physical properties; Land use.

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.

\*E-mail: vania.melo@ufra.edu.br

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Amazônia Oriental.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem havido uma crescente preocupação com a conservação dos recursos naturais, especialmente em relação ao Bioma Amazônico. Esse bioma vem sofrendo intensa exploração de seus recursos naturais, principalmente no centro de endemismo Belém, devido ao desenvolvimento de inúmeras atividades sem o manejo adequado desses recursos.

Um dos grandes problemas enfrentados, atualmente, na região amazônica, é o aumento do desmatamento em áreas destinadas a reforma agrária. Em janeiro de 2013, da soma total de área desmatada na Amazônia Legal, 35 km<sup>2</sup>, 20% ocorreram em assentamentos de reforma agrária (MARTINS et al., 2013). A falta de manejo adequado do solo é um dos motivos que impulsiona o desflorestamento, devido à deterioração da sua capacidade produtiva. Com isso, os assentados expandem suas fronteiras agrícolas, ocupando áreas de passivo ambiental, que é o caso da reserva legal. Sendo que a área destinada à reserva legal, na região amazônica, deve ser 80% do imóvel rural, como prevê a lei nº 12.651 de 2012 do Código Florestal Brasileiro.

O uso intensivo e o manejo inadequado dos ambientes naturais têm contribuído para a degradação dos solos (SILVA et al., 2011). Essa conversão de sistemas naturais em sistemas agrícolas torna o solo vulnerável podendo provocar alterações nas suas condições químicas e físicas (CARDOSO et al., 2011).

Um instrumento importante para auxiliar no monitoramento e conservação ambiental são as análises das alterações antrópicas nas propriedades do solo (CARDOSO et al, 2011). Pois, segundo o autor, estas avaliações nos permitem caracterizar a situação atual, identificar situações de risco e até prever situações futuras.

O solo é considerado um dos componentes base mais importantes dos ecossistemas terrestres, sendo responsável por serviços ecossistêmicos essenciais para a manutenção da vida, desenvolvendo funções ecológicas, além do seu aspecto produtivo e social (VEZZANI, 2015). Entretanto, a intensificação das atividades antrópicas, com o aumento da ocupação desordenada do espaço rural e práticas de manejo não sustentáveis, tem comprometido a sua qualidade (CHAVES et al., 2012). Por causa disso, muitos ambientes chegam ao limite de resiliência, comprometendo assim, a capacidade de recuperação de forma natural. No entanto, se o solo for utilizado de maneira racional, com práticas de manejo adequadas, poderá ter sua qualidade mantida por um longo período de tempo (ZALAMENA, 2008).

Dentre os sistemas agrícolas que favorecem a qualidade do solo estão aqueles que cultivam plantas intensamente sem o revolvimento do solo, mantendo assim as estruturas físicas naturais formadas, evitando a perda de matéria orgânica e diversos elementos químicos essenciais (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Com isso, ressalta-se a importância de práticas conservacionistas de manejo do solo, tais como, sucessão, rotação de culturas e o cultivo mínimo, ou, até mesmo, o plantio direto.

Por isso, é importante e necessário conhecer e monitorar os atributos de qualidade do solo, para evitar a degradação do mesmo, proporcionando a proteção e manutenção da biodiversidade (CARNEIRO et al., 2013). As características químicas e físicas do solo podem ser um indicador importante de sustentabilidade das terras as gerações presentes e futuras.

Na literatura é possível encontrar diversos trabalhos que tratam da análise dos atributos físicos e químicos e suas alterações em diferentes tipos de manejos. Dentre eles podemos destacar Menezes et al. (2008), Cavalcante et al. (2011), Laurente et al. (2011), Chaves et al. (2012), Carneiro et al. (2013), Freitas et al. (2014),

Na região amazônica, podemos citar o estudo desenvolvido por Silva Júnior et al. (2012), os quais mostraram que as características químicas originais do solo e matéria orgânica foram afetadas de acordo com os sistemas de uso e manejo do solo, sendo que o teor de carbono orgânico do solo foi o que sofreu o maior declínio na conversão de vegetação nativa (floresta amazônica) para os sistemas de pastagem, plantio de mandioca e sistema agroflorestal.

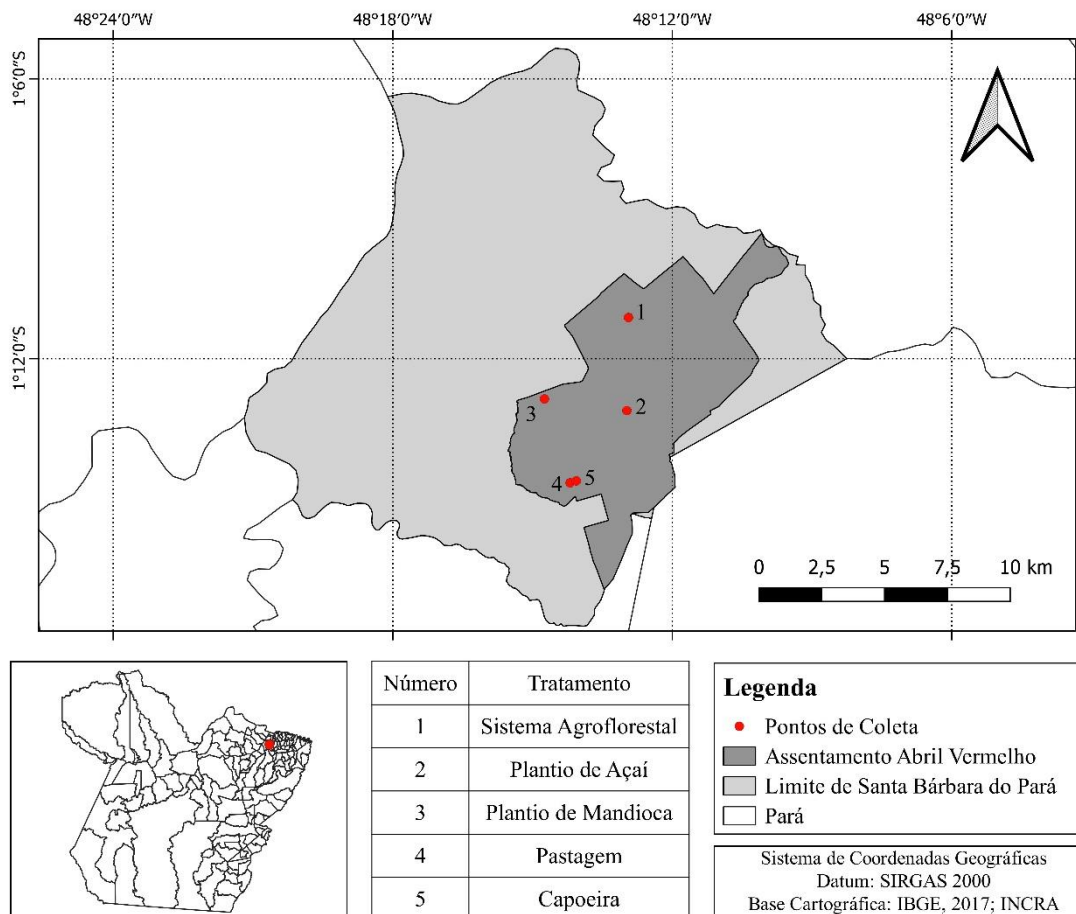
Embora haja um grande número de trabalhos sobre as alterações das propriedades do solo, devido a vários tipos de uso e manejo, ainda são poucos os resultados para um bioma tão extenso e complexo como a Amazônia. Nesse contexto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar os atributos físicos e químicos do solo sob cinco tipos distintos de uso e manejo em uma área de assentamento agrícola na Amazônia oriental.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado em cinco áreas localizadas no assentamento Abril Vermelho, no município de Santa Bárbara (Figura 1), pertencente à Mesorregião Metropolitana de Belém e a Microrregião Belém, Pará. O município possui uma área de 278.151 km<sup>2</sup> e população estimada em 21.811 habitantes (IBGE, 2021), faz limite ao

norte com os municípios Santo Antônio do Tauá, a leste com o município de Santa Isabel do Pará, a oeste com os municípios de Belém (distrito de Mosqueiro) e de Ananindeua, ao sul com o município de Benevides, a 40 km da capital de Belém.

Figura 1 - Localização do Assentamento Abril Vermelho em Santa Bárbara do Pará, Pará



Fonte: Autores (2021)

O assentamento Abril Vermelho teve origem com a ocupação da Fazenda Paricatuba da empresa Dendê Pará S.A (DENPASA), por cerca de 800 famílias lideradas pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terras (MST) em abril de 2004. Em 2006, a área de 6.803,1493 ha foi desapropriada e destinada para Reforma Agrária, sendo ocupada atualmente 370 famílias assentadas (INCRA, 2009), em estabelecimentos rurais de 10 a 20 hectares (ha). Dentre as principais atividades desenvolvidas pelos assentados estão a agricultura e pecuária para a subsistência, com destaque para os Sistemas Agroflorestais (SAF's). As práticas de agricultura desenvolvidas caracterizam-se principalmente pelo sistema tradicional itinerante de corte e queima.

Os ambientes analisados nesse estudo consistiram de cinco áreas, quatro sob diferentes tipos de uso e manejo, e uma área de referência sem alteração antrópica. Cada

área foi subdividida em quatro subáreas, correspondendo cada uma a quatro repetições. A amostragem foi feita em trincheiras, onde foram coletadas as amostras de solo deformadas nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Foram feitas cinco amostras simples em cada subárea para gerar uma composta, totalizando 60 amostras deformadas.

Em cada subárea também foram coletadas amostras indeformadas para as três profundidades, gerando 60 amostras. A coleta foi realizada em agosto de 2014.

A primeira área de estudo é um sistema agroflorestral, coordenadas 1°11'07.1"S e 48°12'56.4"W, composto por paricá (*Shizolobium amazonicum*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e açaí (*Euterpe oleracea*). O paricá presente na área foi plantado há 12 anos pela DENPASA, com o objetivo de recuperar a área, antes destinada ao plantio do dendê (*Elaeis guineensis*). O cupuaçu foi plantado há quatro anos e o açaí plantado há 12 anos. A outra área estudada foi um plantio de açaí de seis anos, localizada entre as coordenadas 1°13'06.8"S e 48°12'58.4"W. Esse tipo de cultura é muito comum no assentamento Abril Vermelho, devido ser um fruto típico da região.

A outra área estudada foi um plantio de mandioca, muito comum na região, e que faz parte da base alimentar dos assentados. A coleta das amostras foi feita entre as coordenadas 1°12'51.8"S e 48°14'44.6"W. A mandioca nessa área foi plantada cerca de um ano. Na área já foi feita a queima, porém antes do plantio dessa safra apenas triturou-se os restos vegetais para o preparo da mesma. A trituração dos restos vegetais do plantio anterior foi feita utilizando-se o Tritucap, um equipamento que tritura a biomassa e deposita o material triturado (“mulch”) sobre o solo.

A outra área de estudo foi uma pastagem, de aproximadamente 15 anos, com uma área de 200m x 250m. A amostragem foi realizada entre as coordenadas 1°14'39.7"S e 48°14'11.5"W. A última área de estudo é uma capoeira próxima à área de pastagem, entre as coordenadas 1°14'37.2"S e 48°14'03.5"W, sendo mantida como reserva legal pelo proprietário do imóvel. Essa capoeira é resultante do processo natural de regeneração da vegetação, de uma área que antes foi destinada temporariamente ao plantio do dendê. Nessa área a diversidade biológica aumenta, sendo ainda possível encontrar espécies pioneiras como cipós, ingás, taquaras dentre outras. Essa área foi utilizada como referência para as características avaliadas nas demais áreas do presente estudo.

Para a análise física do solo as amostras foram submetidas às análises no Laboratório de Física de Solos do Instituto de Ciência Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia conforme Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA

(1997). Para a análise dos atributos químicos as amostras de solo foram submetidas às análises no Laboratório de Química de Solo do Instituto de Ciência Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia conforme Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA.

Com os resultados obtidos das análises químicas do solo foram calculados os valores de soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t) e capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%).

Os resultados obtidos das análises físico-químicas das amostras de solos, provenientes dos cinco ambientes de estudo (sistema agroflorestral, plantio de açaí, área de pastagem, capoeira e um plantio de mandioca), foram submetidos à análise de variância (ANOVA). A análise de variância foi feita a fim de avaliar o efeito desses diferentes tipos de manejo e da profundidade nas propriedades físico-químicas do solo. Quando as variáveis foram estatisticamente diferentes foi feita a comparação de média pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade de erro, utilizado o programa estatístico ASSISTAT 7.7 beta (SILVA, 2013).

Para a análise dos dados considerou-se os sistemas de uso da terra como tratamentos e o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em parcela subdivididas em cinco sistemas de uso do solo em 3 profundidades (0-5, 5-10, 10-20 cm), com quatro repetições.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A maioria das amostras dos solos analisados apresenta textura arenosa, exceto as áreas de SAF de 10-20 e de Açaí de 5-10 e 10-20 cm (Tabela 1). Observa-se também que em quase todas as áreas houve um aumento do teor de argila com a profundidade, exceto no plantio de mandioca, que ao passar da profundidade de 5-10 para 10-20 cm volta a reduzir. Todos os solos apresentaram mais de 70% em massa de teor de areia, ou seja, são solos que apresentam uma textura mais grosseira. Esse tipo de solo possui “baixa capacidade de retenção de água, são fáceis de arar, apresentam altas taxas de percolação e infiltração e são bem drenados e aerados, quando comparados com solos de textura fina” (FAGERIA; STONE, 2006. p.13).

**Tabela 1** - Análise granulométrica de solos sob diferentes coberturas vegetais e profundidades em Santa Bárbara, PA.

Cobertura vegetal	Profundidade cm	g.kg <sup>-1</sup>		
		Areia	Argila	Silte
SAF	0-5	780,490	116,238	103,272
	5-10	741,369	142,693	115,938
	10-20	733,115	177,462	89,423
AÇAÍ	0-5	886,354	95,558	18,088
	5-10	791,692	152,108	56,200
	10-20	775,266	169,867	54,867
PASTAGEM	0-5	840,008	95,511	64,481
	5-10	808,499	116,778	74,723
	10-20	819,132	143,071	37,797
CAPOEIRA	0-5	923,251	69,205	7,544
	5-10	915,732	72,224	12,044
	10-20	884,035	97,250	18,715
MANDIOCA	0-5	801,353	90,832	107,815
	5-10	778,483	116,112	105,405
	10-20	820,036	85,389	94,574

Os valores de densidade do solo variaram de 1,28 a 1,65 g.cm<sup>-3</sup> (Tabela 2). Na camada de (0-5 cm) os menores valores correspondem capoeira, seguida pelo plantio de mandioca, porém esses valores não diferiram estatisticamente entre si. A pastagem foi a que apresentou o maior valor de densidade do solo (1,50 g.cm<sup>-3</sup>) nessa camada. Os resultados mostram que a pastagem apresenta o maior valor de densidade do solo (1,65 g.cm<sup>-3</sup>), na camada de 5-10 cm. Nessa camada, a densidade do solo da área de pasto diferiu-se significativamente das áreas de plantio de açaí, mandioca e capoeira. Isso pode ser reflexo do pisoteio do gado e maior exposição às intempéries, provocando a compactação do solo, assim como verificado por Portugal et al. (2010), que obtiveram resultados semelhantes ao comparar uma área de pastagem com solos cultivados por laranja e cana de açúcar, e mata nativa.

**Tabela 2** – Densidade do solo (Ds) de um Latossolo Amarelo, textura média, sob diferentes coberturas vegetais e profundidades em Santa Bárbara do Pará, PA.

Cobertura vegetal	Ds (g. cm <sup>-3</sup> )		
	Profundidade (cm)		
	0-5	5-10	10-20
SAF	1,41 aB	1,56 abAB	1,58 aA
AÇAÍ	1,40 aA	1,41 bA	1,46 aA
PASTAGEM	1,50 aA	1,65 aA	1,58 aA
CAPOEIRA	1,28 aB	1,43 bAB	1,49 aA
MANDIOCA	1,33 aB	1,41 bB	1,56 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre os tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si na profundidade pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De um modo geral, a densidade de todos os solos aumentou com a profundidade do perfil. Porém, somente a área de SAF, capoeira e plantio de mandioca apresentaram aumento significativo entre as camadas de 0-5 e 10-20 cm ( $p < 0,05$ ). Esse aumento da densidade na camada de 10-20 cm em relação as mais superficiais ocorrem devido à pressão que essas camadas exercem sobre as inferiores. Isso provoca a redução da porosidade do solo, dificultando a infiltração de água e também a penetração das raízes das plantas, e conseqüentemente o desenvolvimento destas (ALVES, 2010).

A menor densidade do solo, na camada de 0-5 cm da capoeira, apesar de não diferir significativamente ( $p > 0,05$ ) dos outros sistemas, mostra que o uso antrópico aumentou a compactação do solo, quando os mesmos são submetidos a diferentes tipos de manejo, principalmente na pastagem. É possível observar que os valores de densidade da camada mais superficial do plantio de mandioca e da capoeira foram próximos. Isso pode ser resultado do aporte maior de matéria orgânica nessa área, proveniente da trituração da biomassa do plantio anterior. A densidade do solo tende a diminuir com o incremento de matéria orgânica, sendo que a mudança é maior em solos arenosos (FAGERIA; STONE, 2006). Trindade et al (2012) observaram que sistemas com trituração de capoeira apresentam um potencial maior para a manutenção da qualidade física do solo, pois segundo Souza (1989), a incorporação da biomassa triturada melhora a estrutura do solo, diminuindo assim a densidade do solo devido à formação de grânulos tornando o solo mais poroso e permeável.



Os valores de pH (H<sub>2</sub>O) dos solos variaram de 4,51 a 5,81 (Tabela 3). Esses valores são típicos em Latossolos da Amazônia, que são caracteristicamente ácidos (MELO, 2007). Sendo que o menor valor corresponde ao SAF na camada de 10-20 cm (4,51), e o maior na camada de 0-5 cm da capoeira (5,81). Os resultados mostraram que na camada de 0-5 cm, a substituição da vegetação por sistemas agrícolas e pastagem ocasionou a diminuição do pH. Porém, somente o SAF, plantio de açaí e pastagem apresentaram diminuição significativa pelo teste de Tukey a 5%.

De um modo geral houve uma diminuição do pH com a profundidade, exceto na pastagem, em que houve um aumento da camada de 0-5 a 5-10 cm, mantendo-se estável na camada de 10-20 cm, e também no plantio de mandioca, em que houve uma redução do valor da camada de 0-5 a 5-10 cm, aumentando na camada de 10-20 cm (Tabela 3). A área de referência, capoeira, foi a única que apresentou diferença significativa entre as profundidades ( $p < 0,05$ ), reduzindo estatisticamente da camada de 0-5 a 5-10, mantendo-se estável na de 10-20 cm (Tabela 3).

Silva Júnior et al. (2012) também encontraram valores baixos de pH para uma área de SAF, atribuindo isso a fator característico de solos ácidos, que devido o processo de degradação da matéria orgânica e da sua rápida mineralização, acaba causando aumento da acidez do solo nesse tipo de ambiente. Os valores mais altos na mata são compatíveis com o baixo teor de Al<sup>+3</sup> e H+Al (Tabela 4), concordando com os resultados obtidos por Carneiro et al. (2009).

Os resultados obtidos com a análise de variância mostraram que os valores de carbono orgânico (C.org) e matéria orgânica (M.O) dos solos do plantio de açaí e da pastagem, diferem-se significativamente, na camada de 0-5 cm (Tabela 3). Sendo que a pastagem, na camada de 0-5 cm, foi a que apresentou o maior valor de C.org (14,98 g.kg<sup>-1</sup>) e M.O (25,83 g.kg<sup>-1</sup>). Os menores valores correspondem ao plantio de açaí, 5,96 e 25,83 g.kg<sup>-1</sup> de M.O, na mesma profundidade.

O valor mais alto do teor de carbono e M.O na área de pasto, camada de 0-5 cm, pode ser explicado, devido à pastagem oferecer uma cobertura permanente para o solo, além do sistema radicular bem distribuído, o que acaba minimizando os efeitos das intempéries climáticas, favorecendo assim o aporte de matéria orgânica e o aumento do teor de carbono (CARNEIRO et al, 2009). O alto teor de carbono em pastagens também foi observado por Viana et al (2011), ao avaliar o comportamento do carbono orgânico

do solo em diferentes tipos de manejo, apresentando valores semelhantes a área de mata nativa.

O teor de M.O na camada mais superficial do plantio de mandioca teve um aumento de 41%, quando comparado ao tratamento-referência que é a área de capoeira (Tabela 3). Esse aumento, apesar de não diferir estatisticamente, pode ser atribuído ao tipo de preparo a qual a área foi submetida, em que foi feita a trituração da biomassa e a posterior disposição sobre o solo. Essa adição superficial de resíduos vegetais forma a cobertura morta e enriquecem as camadas superficiais do solo com matéria orgânica. Sendo muito importante para a manutenção da qualidade do solo, pois atua nas propriedades do solo, sendo fonte de energia para a biomassa microbiana e nutriente para as plantas (NEVES, 2013).

Em relação à distribuição vertical verifica-se que houve diminuição do teor de M.O com a profundidade da coleta (Tabela 3). O incremento de M.O foi maior na camada de 0-5 cm do SAF, Pastagem e plantio de mandioca quando comparado as outras camadas, exceto no plantio de açaí, que houve um aumento na camada de 5-10 cm e na capoeira em que não houve variação entre a camada de 0-5 e 5-10 cm. Apesar da diminuição, os valores não diferiram estatisticamente entre as profundidades ( $p > 0,05$ ).

Os valores de acidez potencial também variaram com o tipo de uso do solo. Na camada de 0-5 cm, o maior valor corresponde a área de SAF ( $6,63 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ ) e o menor valor, à área de referência ( $4,29 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ ), apresentando comportamento similar ao mostrado pelo  $\text{Al}^{3+}$ . Entre as profundidades apenas a capoeira apresentou diferença significativa, aumentando o teor de  $\text{H+Al}$  com a profundidade perfil.

A disponibilidade de fósforo nas amostras analisadas variou de 3,22 a 54,38  $\text{mg.dm}^{-3}$  (tabela 3). A área de SAF e o plantio de açaí apresentaram-se estatisticamente diferentes da área de referência ( $p < 0,05$ ), na camada de 0-5 e 10-20 cm, com valores bem superiores a área de capoeira. Já na camada de 5-10 cm apenas o solo sob o SAF diferenciou-se estatisticamente da capoeira.

O alto teor de P apresentado no plantio de açaí, na camada de 0-5 cm, já era esperado, pelo fato dessa área ter recebido adubação, segundo informações do produtor. O mesmo pode ter ocorrido na área de SAF, que foi uma antiga área de cultivo de dendê, e que também já pode ter recebido algum tipo de adubação. O alto teor de P em cultivos agrícolas também foi observado por Sabino Neto (2011), que observou que em áreas de cultivo agrícola, pastagem e solo nu, a concentração e distribuição espacial mais

homogênea desse elemento foi maior que na floresta, capoeira e cerradão. O autor atribui esse resultado as adubações e correções feitas nos solos dessas áreas.

Apesar da pastagem não ter diferido significativamente da área de referência, essa apresenta os menores teores de P. Esse resultado corrobora com Neves (2013) que verificou em seu estudo que a pastagem apresentou a menor concentração de P na camada mais superficial, quando comparada a um cultivo agrícola, floresta e Sistema Agroflorestal.

A análise estatística em profundidade mostrou que a capoeira aumentou estatisticamente na camada de 5-10 cm, permanecendo estável na camada de 10-20 cm. Houve também, um aumento significativo do teor de P na camada de 5-10 cm da área de SAF, porém reduziu na camada de 10-20 cm. Os valores de P do plantio de açaí, pastagem e plantio de mandioca não diferiram significativamente em relação à profundidade.

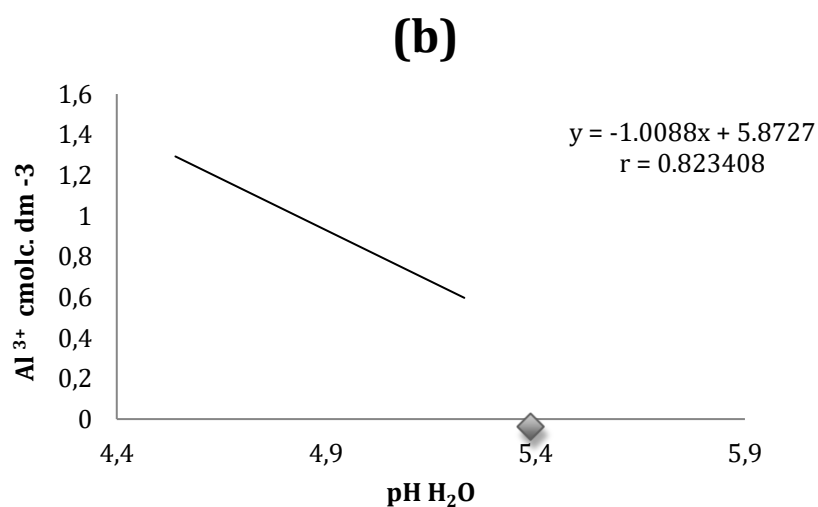
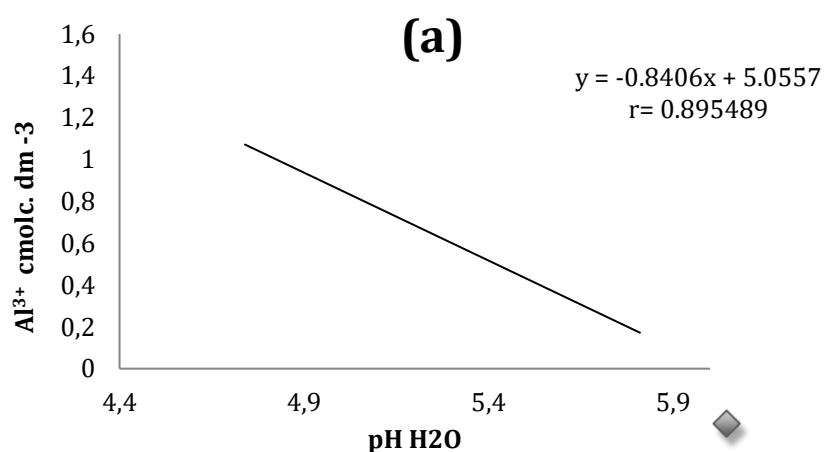
**Tabela 3** – Resultados de pH (potencial hidrogênico), C. org (carbono orgânico), M. O (Matéria Orgânica), Al<sup>3+</sup>(alumínio trocável), H+Al (acidez potencial) e P (fósforo) do solo do Assentamento Abril vermelho sob diferentes tipos de cobertura vegetal.

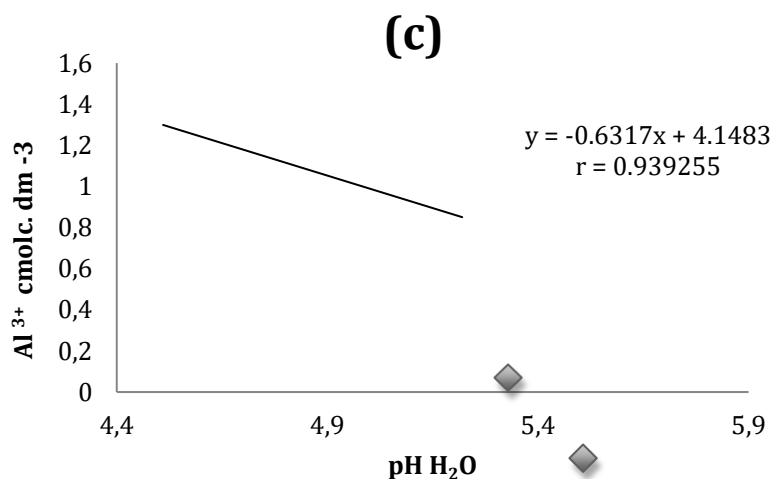
Cobertura vegetal	pH	C org	M.O	Al <sup>3+</sup>	H+Al	P
	H <sub>2</sub> O	g.kg <sup>-1</sup>		cmolc.dm <sup>-3</sup>		mg.dm <sup>-3</sup>
0-5 cm profundidade						
SAF	4.74 bA	10.33 abA	17.80 abA	1.26 aA	6.63 aA	22.11 aB
AÇAÍ	4.79 bA	5.96 bA	10.28 bA	1.06 aA	4.93 abA	26.49 aA
PASTAGEM	5.12 bA	14.98 aA	25.83 aA	0.52 bA	5.08 abA	6.11 bA
CAPOEIRA	5.81 aA	8.38 abA	14.44 abA	0.32 bC	4.29 bB	9.53 bA
MANDIOCA	5.27 abA	11.81 abA	20.36 abA	0.49 bC	5.28 abA	7.81 bA
5-10 cm profundidade						
SAF	4.54 bA	8.41 aA	14.50 aA	1.41 aA	6.34 aA	54.38 aA
AÇAÍ	4.76 abA	7.77 aA	13.40 aA	1.24 abA	5.73 aA	16.09 bA
PASTAGEM	5.23 aA	6.93 aA	11.96 aA	0.65 cA	4.82 aA	3.22 bA
CAPOEIRA	5.07 abB	8.38 aA	14.44 aA	0.74 cB	5.19 aAB	5.99 bB
MANDIOCA	4.74 abA	9.59 aA	16.53 aA	0.77 bcB	5.57 aA	7.61 bA
10-20 cm profundidade						
SAF	4.51 bA	5.64 aA	9.72 aA	1.34 aA	5.41 aA	24.72 aB
AÇAÍ	4.57 bA	5.64 aA	9.73 aA	1.21 abA	5.47 aA	22.11 aA
PASTAGEM	5.22 aA	6.60 aA	11.36 aA	0.85 bA	5.00 aA	4.43 bA
CAPOEIRA	4.90 abB	7.87 aA	13.57 aA	1.14 abA	6.21 aA	5.53 bB
MANDIOCA	4.91 abA	8.58 aA	14.79 aA	0.97 abA	5.76 aA	8.42 bA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre os sistemas de uso e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre as profundidades. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de  $\text{Al}^{3+}$  variaram estatisticamente entre os usos e entre as profundidades (Tabela 3). Na profundidade de 0-5 cm os maiores valores ocorreram na área de SAF e Açaí (1,26 e 1,06  $\text{cmolc.dm}^{-3}$ , respectivamente). A área de capoeira e plantio de mandioca apresentaram aumento significativo no teor de alumínio com a profundidade. Os valores correspondentes ao teor de alumínio, acompanharam as variações de pH assim como em (LIMA, et al., 2011), pois o  $\text{Al}^{3+}$ , que é tóxico às plantas é reduzido com o aumento do pH. Os resultados da análise mostram uma correlação significativa entre os teores de  $\text{Al}^{3+}$  e pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Figura 2).

**Figura 2** – Correlação entre os valores médios do teor alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ) e o pH do solo do Assentamento Abril Vermelho sob diferentes tipos de uso nas profundidades (a) 0 a 5 cm, (b) 5 a 10 cm e (c) 10 a 20 cm.





Na camada de 0-5 cm a área de SAF apresentou o maior teor de  $K^+$ , porém não apresentou diferença estatística da capoeira e nem dos outros sistemas (Tabela 4). Esse dado corrobora com os estudos de Menezes et al. (2008) que não encontrou diferença significativa entre os teores de  $K^+$  de uma área de SAF e do sistema de referência utilizado (floresta remanescentes adjacentes). Já na camada de 5-10 cm a maioria dos sistemas, exceto pastagem, apresentou diminuição significativa em relação ao sistema de referência. Em profundidade, houve a diminuição do teor de  $K^+$  no SAF. Já no plantio de açaí o valor permaneceu estável na camada de 5-10 cm, aumentando significativamente na de 10-20 cm.

Os valores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  variaram muito entre os sistemas estudados e entre as profundidades. Sendo que na camada de 0-5 cm a capoeira apresentou os maiores valores e a área de SAF e plantio de açaí os menores (Tabela 4). Sabino Neto et al. (2011) ao estudar o teor de cálcio em diferentes sistemas de manejo, observou que normalmente áreas que apresentam maior teor de Ca passam por adubação. No entanto, observa-se que os resultados desse estudo se diferem dos de Sabino Neto et al. (2011), uma vez que o único sistema agrícola com histórico de adubação, o plantio de açaí, apresentou valores baixos nas três profundidades. A análise estatística em profundidade houve uma diminuição significativa do teor de  $Ca^{2+}$ , na camada de 5-10 cm na capoeira, permanecendo-se estável na de 10-20 cm.

O SAF e o plantio de açaí apresentaram a menor soma de bases na camada de 0-5 e de 10-20 cm, diferindo-se significativamente da área de referência (Tabela 4). Na camada de 0-5 cm, observa-se que o valor da pastagem também se diferiu da área de referência. Esse resultado é semelhante ao de Cardoso et al. (2011) que observaram que

houve redução da SB na conversão de mata nativa em pastagem. Na camada de 5-10 apesar da diferença dos sistemas agrícolas em relação à copeira não foi significativa. Em profundidade, houve redução do valor da SB da capoeira da camada de 0-5 a 5-10 cm, mantendo-se estável na camada de 10-20 cm. Os valores do SAF também reduziram estatisticamente da profundidade de 0-5 para 10-20 cm.

**Tabela 4** – Resultados de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e SB (Soma de Bases) do solo do Assentamento Abril vermelho sob diferentes tipos de cobertura vegetal.

Cobertura vegetal	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	SB
<b>cmolc.dm<sup>-3</sup></b>				
0-5 cm profundidade				
SAF	0,07 aA	0,19 bcA	0,16 bA	0,45 cA
AÇAI	0,03 aB	0,07 cA	0,19 bA	0,30 cA
PASTAGEM	0,03 aA	0,30 abcA	0,21 abA	0,55 bcA
CAPOEIRA	0,06 aA	0,50 aA	0,38 aA	0,96 aA
MANDIOCA	0,05 aA	0,38 abA	0,32 abA	0,76 abA
5-10 cm profundidade				
SAF	0,03 bAB	0,07 bB	0,15 bA	0,31 bAB
AÇAI	0,03 bB	0,08 abA	0,16 bA	0,29 bA
PASTAGEM	0,05 abA	0,21 aA	0,21 abA	0,47 abA
CAPOEIRA	0,07 aA	0,14 abB	0,26 abA	0,49 abB
MANDIOCA	0,03 bA	0,17 abB	0,36 aA	0,56 aA
10-20 cm profundidade				
SAF	0,02 aB	0,06 bB	0,14 abA	0,23 cB
AÇAI	0,05 aA	0,05 bA	0,12 bA	0,22 cA
PASTAGEM	0,07 aA	0,07 abA	0,17 abA	0,38 bcA
CAPOEIRA	0,13 aA	0,07abB	0,25 abA	0,55 abB
MANDIOCA	0,13 aA	0,13 aB	0,35 aA	0,71 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre os sistemas de uso e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre as profundidades. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A CTC total (T) não apresentou diferença significativa, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, pelo teste de Tukey a 5% (Tabela 5). Apesar disso, pode-se perceber que os valores mudaram em relação à área de referência (5,24 e 5,27 cmolc.dm<sup>-3</sup>, 0-5 e 5-10 cm, respectivamente). Já na camada de 10-20 cm percebe-se que a capoeira (6,76 cmolc.dm<sup>-3</sup>

<sup>3</sup>) e a pastagem (5,38 cmolc.dm<sup>-3</sup>) apresentaram diferença significativa entre si. Entre as profundidades não houve diferença significativa.

No que concerne à capacidade de troca de cátions efetiva, CTC (t), na camada de 0-5 cm observou-se um comportamento diferente, com significativa diferença ( $p < 0,05$ ) da área de SAF em relação à pastagem e a plantio de mandioca (Tabela 5). Essa diferença, na camada de 5-10 cm, permaneceu significativa apenas entre o SAF e a pastagem. O aumento do valor da CTC (t) na área de SAF associa-se principalmente a esse tipo de manejo, corroborando com os resultados de Portugal et al. (2010), que associou o aumento dos valores da CTC (t) ao maior teor de matéria orgânica. Nos SAF's, esse aumento da CTC (t) pode também estar associado ao teor mais elevado de M.O apresentado por este sistema, na camada mais superficial do solo, em relação a área de referência. Entre as profundidades, a capoeira apresentou aumento significativo entre as profundidades de 5-10 e 10-20 cm, e o plantio de mandioca entre as profundidades de 0-5 e 10-20 cm.

Em solos sob condições tropicais, a matéria orgânica do solo pode representar até mais de 80% do valor total da capacidade de troca de cátions. No entanto, as cargas negativas da matéria orgânica são resultado da dissociação dos íons H<sup>+</sup> de carboxílicos e fenólicos, e somente serão efetivados quando os valores de pH forem elevados. Isso só é possível porque nessas condições os íons H<sup>+</sup> poderão ser neutralizados por hidroxilas. Um solo que apresenta altos teores de matéria orgânica apresentará, também, altos teores de CTC total. Já solos ácidos, como os da região do presente estudo, poderão apresentar baixos valores de CTC efetiva (RONQUIM, 2010).

O sistema de uso do solo que apresentou o maior valor de saturação por bases (V%), na camada de 0-5 cm, foi à capoeira (Tabela 5). Esse sistema diferiu-se estatisticamente de todos os sistemas de uso da terra. O sistema agrícola que apresentou a maior redução de saturação por bases, em relação à área de referência, foi o plantio de açaí. Segundo Fageria e Stone (2006), a baixa saturação por bases é característica de solos ácidos. Ainda segundo os autores, quando a saturação por bases é considerada baixa, como é o caso dos solos do presente estudo, há uma predominância de hidrogênio e o alumínio adsorvidos, o que pode ocasionar a deficiência de cálcio, magnésio e alumínio.

Ainda na tabela 5, observa-se que na camada de 0-5, a capoeira apresentou o menor valor de saturação por alumínio, diferindo-se estatisticamente dos sistemas agrícolas. E dentre esses sistemas os que mais variaram o teor de alumínio em relação ao

sistema de referência foram o plantio de açaí e o SAF (Tabela 5). Na camada de 5-10 cm, o SAF teve um aumento significativo do valor da saturação por alumínio. Já o plantio de açaí manteve-se estável em relação à camada de 0-5 cm. Os valores da capoeira e plantio de mandioca também aumentaram significativamente na camada de 5-10 cm, em relação à de 0-5 cm.

Na maioria dos solos do presente estudo observa-se a combinação de baixa saturação por bases e a alta saturação por alumínio. Tal condição pode limitar o enraizamento natural das plantas com a profundidade, sendo um fator de restrição ao desenvolvimento das mesmas (MARQUES et al., 2004).

**Tabela 5** – Resultados de CTC total (T), CTC efetiva (t), m% e V% do solo do Assentamento Abril vermelho sob diferentes tipos de cobertura vegetal.

Cobertura vegetal	CTC (T)	CTC(t)	m	V
	cmolc.dm <sup>-3</sup>		(%)	
<b>0-5 cm profundidade</b>				
SAF	7,07 aA	1,71 aA	74,18 aB	6,25 cA
AÇAÍ	5,23 aA	1,36 abA	77,98 aA	5,78 cA
PASTAGEM	5,63 aA	1,06 bA	48,71 bA	9,69 bA
CAPOEIRA	5,24 aA	1,28 abAB	25,83 dB	18,14 aA
MANDIOCA	6,04 aA	1,24 bB	38,86 cB	12,68 bA
<b>5-10 cm profundidade</b>				
SAF	6,65 aA	1,72 aA	82,22 aA	4,63 bAB
AÇAÍ	6,02 aA	1,53 abA	80,25 aA	4,93 bA
PASTAGEM	5,30 aA	1,12 bA	57,91 bA	8,86 aA
CAPOEIRA	5,67 aA	1,23 abB	59,54 bA	8,77 aB
MANDIOCA	6,13 aA	1,33 abAB	58,39 bA	9,12 aA
<b>10-20 cm profundidade</b>				
SAF	5,64 ab A	1,57 a A	85,36 aA	4,08 bB
AÇAÍ	5,70 ab A	1,44 a A	84,01 abA	4,00 bA
PASTAGEM	5,38 b A	1,23 a A	68,01 bcA	7,11 abA
CAPOEIRA	6,76 a A	1,69 a A	67,42 cA	8,19 abB
MANDIOCA	6,47ab A	1,68 a A	58,45 cA	10,91 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre os sistemas de uso e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre as profundidades. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



## CONCLUSÃO

Os atributos químicos e físicos do solo avaliados no trabalho variaram em função do tipo de sistema de uso do solo, ao comparar com a área de referência. Isso mostra que a conversão da vegetação em sistemas agrícolas provoca alterações nessas propriedades do solo. Além disso, os valores de pH (H<sub>2</sub>O), Al<sup>3+</sup>, H+Al e M.O sofreram alterações tanto entre os sistemas de uso do solo, quanto em razão da profundidade do perfil.

O manejo adotado no plantio da mandioca, trituração e disposição da biomassa sobre solo, melhorou a qualidade do solo. Nessa área houve um aumento de 41% do teor de M.O em comparação com o sistema de referência, e também na manutenção da Ds próximo aos valores da capoeira.

O plantio de açaí e o SAF apresentam o maior teor de P, que podem estar associados a algum tipo de adubação que foi feita nessas áreas.

Ademais, a maioria dos sistemas de uso da terra do presente estudo apresentaram baixa saturação por bases e alta saturação por alumínio, o que pode restringir o desenvolvimento das plantas, e assim diminuir a produtividade, no caso dos sistemas agrícolas.

## REFERÊNCIAS

ALVES, M. V. **Propriedades físicas do solo e oligochaetas em diferentes sistemas de uso da terra no alto Solimões – AM**. 2010. 118p. Tese (Doutorado em Microbiologia e Bioquímica do solo) – Universidade federal de lavras, Lavras, MG, 2010.

CARDOSO et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n. 2, p. 613-622, 2011.

CARNEIRO et al. Efeitos dos sistemas de manejo sobre o carbono orgânico total e carbono residual de um latossolo vermelho eutroférico. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 5-10, jan./mar. 2009.

CARNEIRO et al. Atributos indicadores de qualidade em solos de Cerrado no entorno do parque nacional das emas, goiás. **Biosci. Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6 , p. 1857-1868, Nov./Dec. 2013.

CAVALCANTE et al. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.3, p.237–243, 2011.

CHAVES et al. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.4, p.446-454, 2012.

FAGERIA, N. K; STONE, L. F. **Qualidade do Solo e Meio Ambiente**. 1ª ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 35p.

FREITAS et al. Análises multivariadas de atributos químicos do solo para caracterização de ambientes. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, RR, v.8, n.2, p. 155-164, maio-agosto, 2014.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA**. Dados por Cidades. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>>. Acesso em: 14. 12. 2021.

LAURENTE et al. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 20-28, jan./mar. 2011.

LIMA et al. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e Agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.1, p.51-60, 2011.

MARQUES et al. Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um Latossolo Amarelo, na região Amazônica. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 2, p.145 – 154, 2004.

MARTINS, et al. 2013. Boletim Transparência Florestal da Amazônia Legal (janeiro de 2013) (p. 12). Belém: Imazon.

MENEZES et al. Comparação entre solos sob uso agroflorestal e em florestas remanescentes adjacentes, no Norte de Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.32, p.893-898, 2008.

NEVES, Y. Y. B. **Características de diferentes sistemas de uso do solo em Cruzeiro do Sul – Acre**. 2013. 102p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.

PORTUGAL, et al. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n.2, p.575-585, 2010.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 1ª ed. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26p.

SABINO NETO et al. Análise espacial de parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótono sob diferentes usos e manejos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 541-552, abr/jun. 2011.

SILVA, F. A. S. ASSISTAT 7.7. UFCG, Campina Grande, 2013.

SILVA, RCS; ALMEIDA, JCR; BATISTA, GT; FORTES NETO, P. Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. **Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Ciências Ambientais**, <http://www.agro.unitau.br/dspace>. p. 1-13, 2011.

SILVA JUNIOR, 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, v. 28, n. 4, p. 566-572, Jul/Ago. 2012.

SOUZA, L. D. N. de. Adubação orgânica. São Paulo: Editora Tecnoprint, 1989. 116 p.

TRINDADE, E. F. S.; VALENTE, M. A.; MOURÃO JÚNIOR, M. Propriedades físicas do solo sob diferentes sistemas de manejo da capoeira no nordeste paraense. **Agroecossistemas**, v. 4, n. 1, p. 50-67, 2012.

VEZZANI, F.M. Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.especial, p.673-684, 2015.

VEZZANI, F.M; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.4, p. 743-755, 2009.

ZALAMENA, J. **Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do rebordo do Planalto – RS**. 2008. 79 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, RS, 2008.

*Recebido em: 20/11/2021*

*Aprovado em: 15/12/2021*

*Publicado em: 18/12/2021*