

Atributos químicos do solo sob sistema plantio direto como indicador de sustentabilidade ambiental

Soil chemical attributes under direct planting as an environmental sustainability indicator

DOI:10.34117/bjdv7n1-213

Recebimento dos originais: 10/12/2020

Aceitação para publicação: 10/01/2021

Ana Paula Mendonça de Jesus Diniz

Pós-graduação em Gestão de Recursos Hídricos

Instituição: Universidade do Estado do Pará - UEPA

Endereço: Av. Marechal Floriano Peixoto, nº 1543, Centro, Bragança - PA, Brasil

E-mail: ana_paula_mendonca@hotmail.com.

Mariana da Costa Aragão

Engenheira Ambiental

Instituição: Banco Bradesco S.A.

Endereço: Rua Moreira da Silva, nº 46, Nova Conquista, Paragominas - PA, Brasil

marianacostaaragao@gmail.com.

Jamil Chaar El-Husny

Dr. em Ciências Agrárias (área de concentração - Agroecossistemas da Amazônia)

Instituição: Embrapa Amazônia Oriental

Endereço: Travessa Dr. Enéas Pinheiro, s/nº, Marco, Belém - PA, Brasil

E-mail: jamil.husny@embrapa.br.

Gleudson Marques Pereira

Mestre em Agronomia (área de concentração - Solos e Nutrição de Plantas)

Instituição: Universidade do Estado do Pará

Endereço: Folha 11, QD 13, LT 08, BC 02, Apto. 101, Nova Marabá, Marabá - PA, Brasil

E-mail: agro_gleudson@yahoo.com.br.

Leticia Cunha da Hungria

Doutoranda em Agronomia

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Tancredo Neves, nº 2501, Terra Firme, Belém - PA, Brasil

E-mail: leth_hungria@hotmail.com

Bruna Stephane Nascimento da Silva

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária

Instituição: Universidade do Estado do Pará - UEPA

Endereço: Avenida Hiléia, s/nº, Agrópolis do Incra, Amapá, Marabá - PA, Brasil

E-mail: bruna.stephane.b.g@gmail.com

RESUMO

Os atributos químicos são indicadores para avaliar a qualidade do solo e servem também para indicar a capacidade do solo de sustentar as diversas atividades que dependem diretamente desse recurso natural, como a agricultura, por exemplo. O Sistema Plantio Direto (SPD) é um sistema de manejo, de caráter conservacionista do solo, capaz de recuperar a qualidade de solos degradados, sujeito às condições de manejo e gestão do sistema. Ele é capaz de melhorar consideravelmente os teores dos atributos químicos nos solos, como os macros e micronutrientes, onde está implantado e conseqüentemente melhora os padrões de produtividade aliado à sustentabilidade e à função social da terra de diminuir o êxodo rural diante das melhores condições de produção e vida no campo. Neste trabalho objetivou-se analisar as propriedades químicas de um Latossolo Amarelo no bioma Amazônia, submetidos a diferentes manejos: Sistema Plantio Direto com Integração Lavoura-Pecuária e Sistema Plantio Direto, sob diferentes anos de adoção do sistema (4, 6, 10, 12 e 14 anos), e de uma área de Reserva Legal de floresta renascente (Mata nativa) como padrão natural dos teores dos atributos químicos, em duas propriedades rurais situadas no município de Paragominas-PA. Os métodos utilizados para realização deste trabalho consistiram na coleta das amostras de solos para avaliação da fertilidade, observando os teores dos macronutrientes como N, P, K, Na, Al, Ca+Mg, H+Al, e do pH, Saturação de bases, Saturação de Alumínio, CTC total e efetiva. Os dados passaram por análise estatística com uso do teste Scott-Knott ($p > 0,05$), e os resultados mostraram que os atributos químicos do solo se apresentaram como importantes indicadores da sustentabilidade ambiental, através da avaliação da fertilidade do solo, e mostraram-se capazes de fornecer informações ao longo dos anos de adoção do SPD, dos impactos das atividades de manejo e direcionar respostas aos problemas relacionados à qualidade do solo.

Palavras-Chave: Fertilidade; MANEJO; agroecossistemas.

ABSTRACT

Chemical attributes are indicators to assess soil quality and serve to indicate the ability of the soil to sustain the various activities that depend directly on this natural resource, such as agriculture, for example. The Direct Planting System (SPD) is a management system, of conservation soil character, capable of recovering the quality of degraded soils, subject to the conditions of management and management of the system. It can considerably improve the levels of chemical attributes in soils, such as macros and micronutrients, where it is implanted and consequently improves the productivity patterns associated with sustainability and the social function of the land to reduce the rural exodus in the face of better production conditions and country life. The objective of this work was to analyze the chemical properties of a Yellow Latosol in the Amazon biome, submitted to different management: Direct Planting System with Crop-Livestock Integration and Direct Planting System, under different years of system adoption (4, 6, 10, 12 and 14 years old), and from a Legal Reserve of renaissance forest (native forest) as a natural pattern of the chemical attributes, in two rural properties located in the municipality of Paragominas-PA. The methods used to perform this work consisted in the collection of soil samples for fertility evaluation, observing the contents of the macronutrients as N, P, K, Na, Al, Ca + Mg, H + Al, and pH, Base Saturation, Aluminum Saturation, Total and Effective CTC. The data were statistically analyzed using the Scott-Knott test ($p > 0.05$), and the results showed that soil chemical attributes were presented as important indicators of environmental sustainability, through the evaluation of soil fertility, and showed - be able

to provide information throughout the years of adoption of the SPD, the impacts of management activities, and direct responses to problems related to soil quality.

Keywords: FERTILITY; MANAGEMENT; AGROECOSYSTEMS.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade de um determinado agroecossistema subordina-se à ação de fatores extrínsecos, como fenômenos naturais, e intrínsecos, como o manejo do sistema, os quais podem sofrer alterações antrópicas. Diversas tecnologias têm sido utilizadas nas últimas décadas para minimizar os efeitos ambientalmente prejudiciais da produção agrícola, tais como plantio direto e o uso de cobertura do solo que são importantes devido a possibilidade que essas técnicas têm de diminuir a demanda por energia e água ao reduzir a evaporação, e assim aumentar o teor de carbono do solo, melhorar a estrutura do solo, aumentar as populações de microrganismos e combater a erosão eólica e hídrica (VERNETTI JUNIOR; GOMES; SCHUCH, 2009).

Diante disso, o plantio direto constitui-se como um sistema eficiente no controle da erosão e tem sido utilizado cada vez, em maior escala, principalmente em áreas com culturas anuais e sujeitas à erosão, em busca não só de obter altas produtividades, mas assegurar a sustentabilidade do uso agrícola dos solos através da melhora na estrutura da camada superficial, maior teor de matéria orgânica e atividade microbiana, quando comparado ao sistema convencional com aração e gradagens. (SCHERER; BALDISSERA; NESI, 2007). Além de ser uma prática fundamental para a eficiência da Integração Lavoura-Pecuária (ILP), pois o solo estruturado possui maior resistência à deformação plástica decorrente da aplicação de cargas sobre a superfície (BALBINOT JR. et al., 2009).

Sob o sistema Plantio Direto (SPD), as propriedades físicas do solo deixam de ser intensamente modificadas por implementos agrícolas, e conseqüentemente essa gestão interfere nos atributos químicos como a fertilidade do solo e biológicos pela decomposição de material orgânico adicionado e presente no solo (DENARDIN et al., 2012).

A complexidade na avaliação do desempenho e sustentabilidade ambiental de um sistema é tema de discussão por autores como DORAN et al., 1996; USDA, 2001; CASALINHO et al. 2007; PASSOS; PIRES; RITA, 2009, GOMES; MALHEIROS, 2012, KEMERICH; RITTER; BORBA, 2014, que evidenciam a necessidade da escolha de um conjunto mínimo de indicadores que proporcionem características como facilidade

de avaliação, aplicabilidade em diferentes escalas, capacidade de integração, adequação ao nível de análise da pesquisa, utilização no maior número possível de situações, sensibilidade às variações de manejo e clima e possibilidade de medições por métodos quantitativos e/ou qualitativos.

Historicamente, os indicadores ambientais começaram a ser desenvolvidos por vários países europeus, pelo Canadá e pela Nova Zelândia na década de 80. No entanto, foi a assinatura pelos representantes de 179 países da Agenda 21, o grande marco e um dos principais documentos da segunda Conferência da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992 (CARVALHO e BARCELLOS, 2009).

A proposta era definir padrões sustentáveis de desenvolvimento que considerassem aspectos ambientais, econômicos, sociais, éticos e culturais. Para atingir esse objetivo foi necessário a elaboração de indicadores que mensurassem e avaliassem o sistema em análise, considerando esses aspectos (SICHE *et al.*, 2007).

Em outras palavras, indicadores ambientais são ferramentas que fornecem informações ao longo do tempo, sobre uma variedade de escalas espaciais, que podem mostrar as tendências ambientais, sendo, por tais propriedades, cada vez mais usados como uma maneira simples de observar o complexo ambiente, avaliar o impacto das atividades e direcionar respostas a estes problemas (MALHEIROS e GOMES, 2012).

Este trabalho tem como objetivo Analisar quanti-qualitativamente as alterações em atributos químicos de um Latossolo Amarelo do bioma Amazônia, submetido aos dois tipos de manejo: plantio direto e integração lavoura-pecuária sob plantio direto, nas condições da região do sudeste paraense, município de Paragominas, como indicador da sustentabilidade ambiental a partir da verificação de um dos parâmetros que conferem a qualidade do solo.

Comparar os teores de macronutrientes presentes no solo entre as diferentes profundidades e avaliar o comportamento desses nutrientes entre os diferentes períodos de adoção do sistema plantio direto, sob testemunha de uma área de floresta remanescente que representa os reais teores desses nutrientes quando não há influência da atividade antrópica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em áreas pertencentes às Fazendas Elizabeth e Michel Capelari, localizadas no município de Paragominas, sudeste do Estado do Pará, situadas a 03° 15' 30,4" S e 47° 16' 51,3" O e 03° 15' 11,1" S e 47° 16' 39,8" O, respectivamente.

O clima é classificado como Awi - isto é, clima tropical chuvoso com expressivo período de estiagem. A temperatura média anual é de 26,3 °C, e a média anual de umidade é de 81%. A precipitação pluviométrica anual em média é de 1.800 mm, com menor disponibilidade hídrica entre os meses de julho e outubro. O município possui 1.932.000 ha, com cerca de 490.000 ha de pastagens, os solos em que predomina a agricultura pertencem ao grande grupo Latossolo Amarelo, que é caracterizado com alto teor de argila (acima de 70%). Normalmente, os solos são de baixa fertilidade natural, porém com boas características físicas (ALVES; CARVALHO; SILVA, 2014).

Para melhor representatividade da área de estudo, as fazendas foram divididas em talhões e estes subdivididos em parcelas, com dimensões de 100 x 100 m. Ao todo, foram consideradas seis áreas para aplicação do estudo, com os seguintes sistemas de uso do solo: Sistema Plantio Direto (SPD), com diferentes anos de adoção do sistema (4, 6, 10, 12 e 14 anos), e uma parcela da área de reserva legal da Fazenda Elizabeth de floresta remanescente (Mata nativa - MN) para servir de padrão de comparação dos teores naturais dos atributos químicos do solo do local em estudo (Figura 1).

Figura 1: Mapa com a localização das áreas de coleta das amostras, os talhões e suas parcelas.



No lado esquerdo da figura estão as áreas da Michel Capelari e no lado direito da figura estão as áreas da Fazenda Elizabeth.

Fonte: Autores, 2017.

2.2 COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO

Foram coletadas, na Fazenda Michel Capelari, amostras de solo para o Sistema Plantio Direto de 6 e 4 anos de adoção (SPD-6 e SPD-4), que durante os anos do sistema haviam sido rotacionados com as culturas de soja e milho anual (Figura 2). Na Fazenda Elizabeth foram coletadas amostras de solo do Sistema Plantio Direto com 14, 12 e 10 anos de adoção do sistema (SPD-14; SPD-12 e SPD-10), que utilizam a rotação anual de culturas de milho e forrageira (ILP), soja e arroz (Figura 3) e também da área de floresta remanescente (Mata nativa). As amostras foram coletadas no segundo semestre do ano de 2017, mês de julho, após a colheita das culturas e término das chuvas para viabilizar a retirada das amostras.

Figura 2 - Identificação dos sistemas estudados na Fazenda Michel Capelari de acordo com a idade, cultura, anos de adoção e adubação.

Fazenda Michel Capelari				
Sistema	Idade	Cultura/variedade	Anos	Descrição Adubação 2017-2018
SPD 6	6 anos	Soja e Milho	2012-2017	160 kg-ha MAP +
SPD 4	4 anos	Soja e Milho	2014-2017	150 kg-ha KCl + 100 kg-ha Super simples.

SPD-6 - Sistema Plantio Direto com 6 anos de adoção;

SPD-4 - Sistema Plantio Direto com 4 anos de adoção.

Fonte: Autores, 2017.

Figura 3 - Identificação dos sistemas estudados na Fazenda Elizabeth de acordo com a idade, cultura, anos de adoção e adubação.

Fazenda Elizabeth					
Sistema	Talhão	Idade	Cultura/variedade	Anos	Descrição Adubação 2017-18
SPD-14	5	14 anos	Arroz, Milho e soja	2003-2017	Para milho e soja: 104 kg de P ₂ O ₅ - ha + 200 kg-há,
SPD-12	35	12 anos	Arroz, Milho e Soja	2005-2017	Fosfato monoamônico 52% P ₂ O ₅ .
SPD-10	23	10 anos	Arroz, Milho e Soja	2007-2017	Para o milho: 66 kg de N-ha + 250 kg-ha de NPK+

Mata - - - - adubação foliar Zinco+
nativa Complexo Manganês+ boro
efetuada entre as fases V4 e
V6 da cultura.

Para soja: 100 kg-ha de
cloreto de potássio que
condiz a 60 kg-ha de K₂O+
adubação foliar boro⁺ zinco⁺
cobre no início da floração

SPD-15 com 15 anos de adoção; SPD-14 com 14 anos de adoção;
SPD-12 com 12 anos de adoção; SPD-10 com 10 anos de adoção.
Fonte: Autores, 2017.

2.3 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO, ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro parcelas (repetições) em cada sistema de manejo e uso do solo (talhões). Dentro de cada área a amostragem foi realizada com auxílio de trado, sonda e marreta, coletando-se amostras nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Foram coletadas 20 subamostras aleatórias dentro de cada parcela, perfazendo uma amostra composta, isto é, uma amostra composta por parcela, sendo esta última escolhida através de sorteio (casualização) e depositadas em baldes referentes as três profundidades.

Ao serem coletadas, as amostras foram imediatamente acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e levadas para uma caixa térmica de isopor para conservação das mesmas. No total foram coletadas 77 amostras compostas, que depois foram submetidas às análises de parâmetros químicos do solo no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, localizado em Belém-PA.

Foram determinados os atributos químicos para análise da fertilidade do solo conforme metodologia empregada pela Embrapa (2009). Os dados foram submetidos à análise de variância, e, quando significativos, analisados pelo teste de Scott-Knott com o uso do software SISVAR 5.6.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 MATÉRIA ORGÂNICA

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos no estudo para Matéria Orgânica no solo. Observa-se que a significância ocorreu apenas para tratamento e profundidade, não havendo interação entre os dois. Foram identificados maiores teores de matéria orgânica na profundidade de 0-5 cm, e redução gradativa nas demais camadas estudadas. Assim como, maior teor para Mata Nativa e entre os anos de adoção, houve um aumento no teor de M.O. proporcional ao aumento nos períodos de adoção do SPD.

Os resultados foram semelhantes aos obtidos por Santos et al. (2009), sob Latossolo, que constatou que há a redução da M.O. com o aumento da profundidade, mantendo níveis mais elevados na camada superficial do solo, possivelmente decorrente da permanência de resíduo vegetais sobre a superfície do solo em SPD, sem a incorporação física por conta do não revolvimento do solo e assim diminuindo a taxa de mineralização.

Ressalta-se que os solos de SPD + ILP são favorecidos quanto ao aumento dos teores de M.O. nas camadas superficiais do solo, quando comparado com solo com SPD sem o uso da forrageira, como observado no presente estudo, em que o solo de maior tempo de adoção de SPD que apresenta o consórcio com forrageira, corroborando com estudos de LOSS et al., 2011.

Devido ao aumento de M.O. em solos onde não ocorre o revolvimento, explica Santos et al. (2011), sob Latossolo, há a redução na taxa de decomposição microbiana do M.O. no solo pela diminuição da temperatura e aeração, a maior cobertura do solo e não incorporação dos resíduos vegetais. Além de que o aumento da M.O. pode vir a amenizar possíveis efeitos negativos da acidificação de solos sob SPD, por conta da complexação de Al.

Assim como em resultados obtidos por Spera (2009), sob Latossolo, em que o teor de M.O., assemelham-se por apresentar-se maior para Mata Nativa, porém o SPD obteve maior teor quando comparado a outros tipos de manejo e até mesmo podendo superar, em alguns casos, o teor encontrado em Mata Nativa.

Tabela 1 - Teores de Matéria Orgânica (g/kg) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção						Média
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	Mata	
0-5	36,90	31,55	44,40	42,42	40,70	57,03	42,63 a
5-10	33,75	29,37	38,88	37,63	38,37	46,07	37,69 b
10-20	26,00	21,67	29,65	29,00	37,09	39,11	30,80 c
Média	32,22 c	27,53 d	37,64 b	36,35 b	38,72 b	47,40 a	
C.V (%)	8,57						

Fonte de Variação	GL	Significância
Tratamento	5	**
Profundidade	2	**
Tratamento*Profundidade	10	NS

¹ Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

² ns: não significativo; *(P<0,05) e **(P<0,01).

3.2 NITROGÊNIO

A tabela 2 apresenta os resultados relacionados aos teores de nitrogênio nos solos analisados no presente trabalho, através da interação. Em todas as profundidades, os maiores teores de nitrogênio ocorreram entre solo sob Mata. Ao observar a média de N para as três profundidades, houve o decréscimo com o aumento da profundidade.

Os resultados obtidos, corroboram com estudos feitos por Siqueira Neto et al. (2010) sob um Latossolo, onde os teores de N na camada superficial foram maiores, ao longo dos anos de adoção do sistema, fato possivelmente ocorrido devido a maior presença de resíduos culturais, rotação de culturas e não revolvimento do solo, que passam a fazer parte do solo, sem o processo de decomposição e humificação, além de favorecerem a proteção física e estabilização da M.O com o acúmulo de C e N.

Assim como, o tempo de adoção de SPD promove aumentos na MOS e consequentemente nas quantidades de N-inorgânico e nas taxas de mineralização e nitrificação do N no solo.

Tabela 2 - Teores de Nitrogênio (%)no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção						Média
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	MATA	
0-5	0,15 c	0,14 c	0,17 b	0,18 b	0,15 c	0,26 a	0,18
5-10	0,13 d	0,12 d	0,15 c	0,17 b	0,15 c	0,21 a	0,15
10-20	0,11 c	0,10 c	0,12 c	0,13 b	0,11 c	0,16 a	0,12
Média	0,13	0,12	0,15	0,16	0,13	0,21	
C.V (%)	4,15						

Fonte de Variação	GL	Significância
Tratamento	5	**
Profundidade	2	**
Tratamento*Profundidade	10	**

¹ Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

² ns: não significativo; *(P<0,05) e **(P<0,01).

3.3 FÓSFORO

A tabela 3 apresenta os resultados relacionados aos teores de fósforo (P), avaliados no presente trabalho, e sua interação. O efeito da interação foi significativo para os fatores analisados. Observa-se que os maiores teores de P na camada de 0-5 cm foi em SPD 4. Assim como para a profundidade de 5-10 cm foram os solos de SPD 4 e 6. E para a profundidade de 10-20 cm foram para os solos de SPD 4, 6, 12 e 14 anos.

Diante as médias apresentadas no trabalho, houve a redução nos teores de P conforme o aumento da profundidade, assim como em estudos de Schiavo et al., (2011) sob Latossolo.

Em estudos como de Gatibone et al. (2007), num Latossolo sob manejo de SPD, evidenciaram que em longo prazo, as formas de P do solo podem atuar na biodisponibilidade, porém a liberação de P pelas formas recalcitrantes (P orgânico) acontece em quantidades e velocidade insuficiente para a absorção pelas plantas, como é possível identificar nos teores de P em solo de Mata Nativa ou solos de baixa adição de fertilizantes fosfatados, onde os teores são extremamente reduzidos. Assim como a longo prazo, com adição de fertilizantes fosfatados em quantidades suficientes, as formas inorgânicas e orgânicas de P tem capacidade semelhantes de fornecimento para as plantas.

Assim como, resultados de P disponível, obtidos por Matias *et al.* (2009), em Uruçuí-PI, que evidenciaram a possibilidade de reduzir em SPD, os gastos com fertilizantes fosfatados, quando superado o nível crítico de P no solo, este pode ser mantido com menores quantidades de fertilizantes.

Tabela 3 - Teores de Fósforo (mg/dm^3) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção						
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	MATA	Média
0-5	31,24a	20,37 b	13,23 c	22,55 b	13,48 c	2,06 d	23,26
5-10	20,76 a	22,80 a	16,95 b	23,64 a	14,32 b	1,94 c	16,74
10-20	16,45 a	15,42 a	7,36 b	13,03 a	12,02 a	2,0 c	11,05
Média	22,82	19,53	12,51	19,74	13,27	2	
C.V (%)	14,71						

Fonte de Variação	GL	Significância
Tratamento	5	**
Profundidade	2	*
Tratamento*Profundidade	10	**

¹ Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

²ns: não significativo; *($P < 0,05$) e **($P < 0,01$).

3.4 POTÁSSIO

Na tabela 4, estão apresentados os resultados relacionados ao potássio (K) no solo, avaliados no presente trabalho. O efeito da interação foi significativo para os fatores analisados. Foram observados maior teor de K no solo sob SPD 4, para todas as profundidades estudadas. Assim como, foi constatado que há maior valores nos primeiros anos de adoção de SPD e redução com o aumento da profundidade, resultado observado pelos valores das médias por profundidade, possivelmente ocorrido devido às adubações realizadas e suas frequências ao decorrer da rotação de culturas (Costa *et al.*, 2007).

Tabela 4 - Teores de Potássio (mg/dm^3) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção					SPD 14	MATA	Média
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12				
0-5	162,60 a	141,92 b	134,12 b	106,11 c		86,38 d	76,58 d	117,95
5-10	141,69 a	93,20 c	103,70 b	84,83 c		70,59 d	68,15 d	93,69
10-20	109,58 a	61,73 b	73,63 b	70,15 b		53,97 c	48,46 c	69,59
Média	137,96	98,95	103,81	87,03		70,31	64,39	
C.V (%)	7,60							
Fonte de Variação			GL	Significância				
Tratamento			5	**				
Profundidade			2	**				
Tratamento*Profundidade			10	**				

¹ Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

² ns: não significativo; *($P < 0,05$) e **($P < 0,01$).

Diante os resultados de N, P e K, observou-se que houve redução em solo sob SPD 14, que pode ser explicado pela adubação realizada na área, e também pela adoção de Plantio direto + ILP, como por exemplo quando se trata do N, que é absorvido pelo milho + forrageira, é extraído do solo pela planta e acumulado (LOSS et al., 2012).

3.5 SÓDIO

A Tabela 5 apresenta os teores de sódio (Na^+) presentes no solo, avaliados no presente trabalho. A interação foi significativa apenas para tratamento e tratamento x profundidade, sendo não significativa para a variação profundidade. Pode-se observar nos resultados, que os maiores teores de Na^+ para a profundidade de 0-5 cm foi sob SPD 4 e 6 anos, para a profundidade de 5-10 cm, apenas o solo sob SPD 4 e para a profundidade de 10-20 cm os maiores teores de Na foram para SPD 4 e solo de Mata Nativa.

Tabela 5 -Teores de Sódio (mg/dm^3) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e

respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção						
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	MATA	Média
0-5	12,55 a	13,31 a	5,75 b	6,58 b	6,40 b	11,62	9,37
5-10	13,93 a	6,95 b	4,95 b	6,13 b	6,59 b	14,31	8,81
10-20	14,88 a	7,28 b	5,68 b	5,87 b	5,34 b	12,98 a	8,67
Média	13,79	9,18	5,46	6,19	6,11	12,97	
C.V (%)	6,53						

Fonte de Variação	GL	Significância
Tratamento	5	**
Profundidade	2	NS
Tratamento*Profundidade	10	*

¹ Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

² ns: não significativo; *(P<0,05) e **(P<0,01).

3.6 ALUMÍNIO

A tabela 6 apresenta os resultados dos teores de Alumínio (Al³⁺) no solo, avaliados no presente trabalho. Não houve variação significativa nas profundidades 0-5 e 5-10 cm. Apenas para a profundidade de 10-20 cm, com maior teor de Al para SPD 10.

Pode-se observar que o maior teor de Al³⁺ no solo com SPD 10 de adoção quando comparado com o solo de Mata Nativa, apesar de que este último geralmente apresenta maiores valores de H⁺ Al e Al³⁺ e menor concentração de Ca, Mg e P em relação ao solo sob SPD, como resultado obtidos por estudos como de Carneiro *et al.* (2009), num Latossolo, pois nesta área não há correção e adubação do solo e se trata de solos originalmente distróficos.

Resultados obtidos em estudos de Zambrosi, Alleoni e Caires (2007), sob Latossolo, observa a menor toxicidade do Al encontrado em SPD, por conta da associação com a complexação do Al pela matéria orgânica, através da sua remoção da solução do solo, aumentando a força iônica e diminuindo assim os efeitos negativos da acidez nesse tipo de sistema, diminuindo sua proporção mesmo em maiores condições de acidez.

Tabela 6 -Teores de Alumínio (cmolc/dm³) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção						Média
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	MATA	
0-5	0,10 a	0,10 a	0,20 a	0,13 a	0,10 a	0,10 a	0,12
5-10	0,10 a	0,10 a	0,20 a	0,15 a	0,10 a	0,10 a	0,12
10-20	0,10 c	0,10 c	0,60 a	0,30 b	0,12 c	0,12 c	0,22
Média	0,1	0,1	1	0,19	0,11	0,11	
C.V (%)	29,79						

Fonte de Variação	GL	Significância
Tratamento	5	**
Profundidade	2	**
Tratamento*Profundidade	10	**

¹ Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

²ns: não significativo; *(P<0,05) e **(P<0,01).

3.7 CA+MG

Na tabela 7, apresenta-se os resultados dos teores de Ca+Mg no solo. Foram observados significância entres as variáveis estudadas. Pode-se observar que os maiores teores de Ca+Mg para a profundidade de 0-5 cm em solo sob SPD 4 e Mata Nativa. Para a profundidade de 5-10 cm solo sob SPD 4 apresentou maior teor de Ca+Mg, igualmente para a profundidade 10-20 cm.

Corroborando com estudo de Matias et al. (2009), que observaram, em estudos em Latossolo Amarelo, que as áreas sob plantio direto apresentaram maiores teores de Ca e Mg trocáveis, nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm em comparação ao cerrado nativo.

Tabela 7 - Teores de Ca+Mg (cmolc/dm³) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção						
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	MATA	Média
0-5	6,90 a	6,26 b	4,35 d	3,60 e	5,45 c	7,03 a	5,60
5-10	6,21 a	5,50 b	3,97 d	3,96 d	4,77 c	5,23 b	4,94
10-20	5,00 a	3,75 b	2,40 c	2,26 c	3,12 b	4,03 b	3,43
Média	6,04	5,17	3,57	3,27	4,45	5,43	
C.V (%)	7,76						

Fonte de Variação	GL	Significância
Tratamento	5	**
Profundidade	2	**
Tratamento*Profundidade	10	**

¹ Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

²ns: não significativo; *(P<0,05) e **(P<0,01).

3.8 PH EM H₂O

A Tabela 8 apresenta os resultados relacionados aos valores médios de pH em água no solo, avaliados no presente trabalho. Verificou-se que o teor de pH, para a maioria dos sistemas de tratamento, encontra-se na faixa de acidez média. O SPD 10 anos apresentou acidez elevada na camada de 10-20 cm, semelhante situação foi encontrada nos teores de Al, onde o SPD 10 anos foi o sistema de tratamento com teor de Al elevado nessa mesma camada, evidenciando a relação do aumento do teor do Al com o pH do solo.

Essa diferença do teor de pH do SPD 10 anos pode ser em função da falta de aplicação de corretivos devido ao tempo de adoção do sistema e também do uso de fertilizantes nitrogenados amoniacais ou amídicos que contribuem para a acidificação das camadas superficiais do solo ou por doses elevadas de fertilizantes (MAP e DAP), conforme observou Santos et al (2009), em um ensaio conduzido em Coxilha-RS, em Latossolo, no período de 1995-2003.

O SPD 12 anos encontra-se com teores semelhantes aos teores encontrados na Mata nativa para as camadas mais superficiais, e no SPD 4, SPD 06 e SPD 14 anos os teores encontram-se acima do teor de pH da Mata nativa (5,17). Em relação a profundidade, verificando a média percebe-se que a camada superficial 0-5 cm não diferiu da camada

intermediária 5-10 cm, com acidez considerada média, e a camada mais profunda de 10-20 cm, igualmente as demais, apresentou acidez média.

Tabela 8 - Teores de pH (H₂O) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade	Tempo de adoção						Média
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	MATA	
0-5	5,87 a	5,80 a	4,97 b	5,05 b	5,87 a	5,17 b	5,5
5-10	5,82 a	5,50 b	5,00 c	5,00 c	6,62 b	5,02 c	5,5
10-20	5,75 a	5,26 b	4,92 c	5,12 b	5,35 b	4,92 c	5,2
Média	5,8	5,52	4,96	5,06	5,95	5,04	
C.V (%)	2,82						

Fonte de Variação	GL	Significância
Tratamento	5	**
Profundidade	2	**
Tratamento*Profundidade	10	**

¹ Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

²NS: não significativo; *(P<0,05), **(P<0,01), ***(P<0,001).

3.9 H + Al

Na Tabela 9, estão apresentados os teores para H+Al (acidez potencial). Houveram significância para as variáveis analisadas. Os maiores valores de H+Al na profundidade de 0-5 cm, foram observados para solo sob Mata Nativa, SPD 10 e 12, resultado igualmente obtido para a profundidade de 5-10 cm. Na profundidade de 10-20 cm o maior teor H+ Al foi para o solo sob Mata Nativa.

Os resultados foram semelhantes aos observados em estudos realizado por Campos et al. (2011), em Bom Jesus-PI, num Latossolo, por conta do maior teor de material orgânico presente na primeira camada da Mata Nativa como também nos sistemas de plantio direto com maiores anos de adoção, podendo ter contribuído para a complexação de H⁺ e Al³⁺.

Assim, os efeitos do tempo de adoção no SPD ocorrem inicialmente na camada superficial do solo, com a formação de gradientes, principalmente de MO, de nutrientes e de acidez. Pois, é provável que a camada de 0–10 cm possa ser utilizada para evidenciar, em relação à de 0–20 cm, para o diagnóstico da acidez de solo na fase consolidada desse

sistema. O Al e o H trocáveis são os principais componentes da acidez do solo que limitam o rendimento das culturas, por ter alta relação com o pH, este é utilizado para recomendação de calagem (NICOLODI; ANGHIONI; GIANELLO, 2008).

A alta acidez potencial encontrada nos SPD 10 e 12, evidenciam que o solo pode estar sofrendo uma reacidificação, por conta do tempo em que foi feita a primeira correção, que geralmente ocorre no início do SPD, além de que a adição de adubos nitrogenados, como o utilizado nesse caso MAP, podem alterar alguns atributos químicos, como o Al^{3+} e acidez (SPERA,2009; SPERA et al.,2011).

Tabela 9 - Teores de H+Al ($cmol_e/dm^3$) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção						
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	MATA	Média
0-5	3,51 b	3,35 b	6,16 a	6,06 a	3,88 b	6,60 a	4,93 b
5-10	4,20 b	4,73 b	5,94 a	6,31 a	5,58 b	6,27 a	5,50 a
10-20	4,00 c	4,78 b	4,73 b	5,00 b	4,62 b	5,66 a	4,79 b
Média	3,90 c	4,28 b	5,61 a	5,79 a	4,69 b	6,18 a	
CV (%)	6.52						
Fonte de Variação		GL		Significância			
Tratamento		5		**			
Profundidade		2		**			
Tratamento*Profundidade		10		**			

¹ Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

²ns: não significativo; *($P<0,05$) e **($P<0,01$).

3.10 CTC Total

Na Tabela 10 apresentam-se os resultados relacionados aos valores médios de CTC total no solo, avaliados no presente trabalho. Os maiores teores de CTC Total foram para Mata Nativa, em todas profundidades estudadas podendo ser uma consequência da acidez do solo (H+Al) (SPERA,2009). Quanto as profundidades, observou-se média maior para a profundidade de 0-5 cm e gradual redução nas camadas subsequentes.

Tabela 10 - Teores de CTC Total (cmol/dm³) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção						Média
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	MATA	
0-5	10,87 b	10,01 c	10,58 b	10,58 b	09,59 c	14,76 a	11,06
5-10	10,56 b	10,03 b	10,22 b	10,22 b	9,59 b	12,32 a	10,49
10-20	8,97 b	8,13 c	7,94 c	8,38 c	7,89 c	10,62 a	8,65
Média	10,13	9,39	9,58	9,73	9,02	12,57	
CV (%)	2,67						

Fonte de Variação	GL	Significância
Tratamento	5	**
Profundidade	2	**
Tratamento*Profundidade	10	**

¹Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

²NS: não significativo; *(P<0,05), **(P<0,01), ***(P<0,001).

3.11 CTC EFETIVA

Na Tabela 11 apresentam-se os valores médios de CTC efetiva no solo, avaliados no presente trabalho. Foram observados maiores teores de CTC efetiva para a profundidade de 0-5 cm para SPD 4 e Mata Nativa, para a profundidade de 5-10 cm foi para solo sob SPD 4 e para a profundidade 10-20 cm os maiores teores de CTC efetiva foi para os solos sob Mata Nativa e SPD 4. Ressalta-se que a acidificação do solo pode alterar outros atributos químicos do solo, como é o caso da CTC efetiva, que tende a sofrer redução (SPERA, 2009).

Tabela 11 – Teores de CTC Efetiva (cmol/dm³) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção						Média
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	MATA	
0-5	7,46 a	6,76 b	5,04 d	4,23 e	5,81 c	7,38 a	6,11
5-10	6,74 a	5,40 b	4,55 c	3,78 d	5,11 b	5,74 b	5,22
10-20	4,68 a	3,61 b	3,34 b	2,83 c	3,49 b	4,97 a	3,82
Média	6,29	6,26	4,31 b	3,78	4,80	6,03	
CV (%)	6,58						

Fonte de Variação	GL	Significância
Tratamento	5	**
Profundidade	2	**
Tratamento*Profundidade	10	**

¹Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

²NS: não significativo; *(P<0,05), **(P<0,01), ***(P<0,001).

3.12 SATURAÇÃO DE BASES (V%)

Na Tabela 12 estão os resultados relacionados aos valores médios da Saturação de bases no solo. O SPD 4 anos foi o tratamento que apresentou os maiores teores de saturação de bases (67,70%) na camada de 0-5 cm. Os SPD 6 também apresentou um percentual de saturação de bases (66,50%) considerado bom, seguido pelo tratamento SPD 14 anos com 59,61%, para a mesma camada. A Mata nativa (45,18%) e o SPD 10 anos (41,77%), enquanto que o SPD 12 anos apresentou os menores valores (34,69%). Quanto à profundidade, observou-se que as médias diferiram entre si nas diferentes profundidades apresentando os maiores valores na camada superficial (0-5 cm com 54,50%) e decrescendo nas demais camadas (5-10 cm com 48,55%; 10-20 cm com 42,41%).

Essa variável segundo Silva et al. (2017) é um bom indicador das condições gerais de fertilidade do solo, porque a partir dos percentuais obtidos é possível definir o as características eutrófica e distróficas do solo. Segundo Ronquim (2010), a maioria das culturas apresenta boa produtividade quando são obtidos no solo valores de V% de 50 a 80%. Pelos resultados obtidos observa-se que os tratamentos SPD 4, SPD 6 e SPD 14 anos estão nessa faixa de valores de V%.

Tabela 12 - Percentual de Saturação de base (V%) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção						
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	MATA	Média
0-5	67,70 a	66,50 a	44,44 d	38,27 e	59,61 b	50,51 c	54,50
5-10	60,08 a	57,14 a	41,97 c	34,64 d	52,36 b	45,12 c	48,55
10-20	57,64 a	45,65 b	38,89 c	31,18 d	41,20 c	39,91 c	42,41
Média	61,81	56,43	41,77	34,69	51,06	45,18	
C.V.(%)	5,17						

Fonte de Variação	GL	Significância
Tratamento	5	**
Profundidade	2	**
Tratamento*Profundidade	10	**

¹Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

²NS: não significativo; *(P<0,05), **(P<0,01), *** (P<0,001).

3.13 SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO (M%)

Na Tabela 13 estão os resultados relacionados aos valores médios da Saturação de Alumínio no solo, avaliados no presente trabalho. Observa-se que na camada mais profunda o SPD 10 anos foi o que apresentou valores elevados de Saturação de Alumínio em comparação com os demais tratamentos, com 18,68%, seguido pelo SPD 12 anos com 8,07%. Os sistemas SPD 14 anos (3,75%) e Mata nativa (3,18%) tiveram valores próximos entre si, assim como no SPD 6 (2,5%) e SPD 4 anos (2,02%). Em relação à profundidade, os maiores teores encontram-se nas camadas profundas e menores para as demais camadas.

Esses teores são considerados baixos tal, como no estudo realizado por Oliveira et al., (2017) em São Domingos do Araguaia-PA, onde a mesma analisou quimicamente as propriedades de solo submetidas a diferentes manejos e encontrou valores para a saturação de Al, na faixa de 15 a 34, maiores em relação aos encontrados nesse trabalho, porém considerados baixos. A razão desses valores baixos foi em decorrência de aplicação de corretivos para a acidez do solo.

Tabela 13 - Percentual de Saturação de Alumínio (m%) no solo, sua interação em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), mata e diferentes profundidades coleta de solo e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2017.¹

Profundidade (cm)	Tempo de adoção						Média
	SPD 4	SPD 6	SPD 10	SPD 12	SPD 14	MATA	
0-5	1,34 c	1,48 c	4,03 a	2,99 b	1,72 c	1,37 c	2,15
5-10	1,55 c	1,89 c	3,63 b	5,03 a	1,95 c	2,28 c	5,44
10-20	2,02 c	2,50 c	18,68 a	8,07 d	3,75 c	3,18 c	6,37
Média	1,64	1,96	8,78	5,36	2,47	2,28	
C.V (%)	16,90						

Fonte de Variação	GL	Significância
Tratamento	5	**

Profundidade	2	***
Tratamento*Profundidade	10	**

¹Médias de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

²NS: não significativo; *(P<0,05), **(P<0,01), ***(P<0,001).

4 CONCLUSÕES

Ao analisar quanti-qualitativamente os atributos químicos de um Latossolo Amarelo submetidos aos dois tipos de manejo Sistema Plantio Direto e Integração Lavoura-Pecuária + Plantio Direto, estudados no município de Paragominas-PA, pode-se concluir que estes apresentaram-se como importantes indicadores da sustentabilidade ambiental, através da avaliação da fertilidade do solo, que mostraram-se capazes de fornecer informações ao longo dos anos de adoção do SPD, dos impactos das atividades de manejo e direcionar respostas aos problemas relacionados à qualidade do solo.

Ao comparar os teores de macronutrientes presentes nos solos das áreas em estudo, verificou-se que os mesmos variam de acordo com os anos de adoção do SPD e com a profundidade, influenciados principalmente pelos fatores externos como a correção do solo na implantação do sistema e adubação.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. W. R.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, L. G. T. Diagnóstico agrícola do município de Paragominas, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Embrapa Amazônia Oriental. p. 26, 2014.
- BALBINOT JR., A. A. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, p.1925-1933, 2009.
- CAMPOS, L. P. et al. Atributos químicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Pesq. Agropec. Bras.**, v. 46, n.12, p.1681-1689, 2011.
- CARNEIRO, M. A. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.
- CARVALHO, P. G. M.; BARCELOS, F. C. Políticas públicas e sustentabilidade ambiental. Construindo indicadores de sustentabilidade. **Rev. Indicadores Econômicos**. v.37. n. 1. 2009.
- CASALINHO, H. D. et al. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Rev. Bras. Agrocência**. v.13. n.2. p. 195-203. Pelotas, RS. 2007.
- COSTA, M. J. da et al. Atributos químicos e físicos de um Latossolo sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 5, p. 701-708, 2007.
- DENARDI, J. E. et al. **Diretrizes do Sistema Plantio Direto no contexto da Agricultura Conservacionista**. Embrapa Trigo: Documentos Online. Passo Fundo, RS. n. 141, 39 p., 2012.
- DORAN, J. W. Soil health and global sustainability: translating Science into practice. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v.88. insue 2. p.119-127. 2002. Disponível em: <<http://www.elsevier.com>>. Acesso em: 10 mar 2017.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2 ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF. 627p. 2009.
- GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. S.; MANGABEIRA, J. A. C. Estudo da sustentabilidade agrícola em um município amazônico com análise envoltória de dados. **Pesquisa Operacional**, v.29, n.1, p.23-42, 2009.
- LOSS, Arcângelo, et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Revista Pesq. agropec. bras.**, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.
- LOSS, A. et al. Densidade e fertilidade do solo sob sistemas de plantio direto e de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 55, n. 4, p. 260-268, 2012.
- MALHEIROS, T. F.; GOMES, P. R. Proposta de análise de indicadores ambientais para apoio na discussão da sustentabilidade. **G&DR**. v. 8, n. 2, p. 151-169, 2012.
- MATIAS, M. C. B. et al. Propriedades químicas em Latossolo Amarelo de Cerrado do Piauí sob diferentes sistemas de manejo. **Rev. Ciênc. Agron.** v. 40, n. 3, p. 356-362, 2009.
- NICOLODI, M., ANGHINONI, I., GIANELLO, C. Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p. 237-247, 2008.
- OLIVEIRA, A. N. et al. Atributos químicos de solo sob diferentes sistemas de uso e manejo no projeto de assentamento Veneza - São Domingos do Araguaia-PA. **Rev. Agroecossistemas**. v. 9. n. 1, p. 170-179. ISSN on line 2318-0188. 2017.

- RONQUIM, C. S. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Campinas- SP: Embrapa Monitoramento por Satélite. n. 8. 2010. 26 p.
- SANTOS, H. P. dos. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 31, n. 4, p. 719-727, 2009.
- SANTOS, H. P. et al. Efeito de sistemas de produção Integração Lavoura-Pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, PR. v. 31. n. 4. p. 719-729. 2009.
- SANTOS, H. P. dos, et al. Fertilidade e teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura e pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.3, p.474-482, 2011.
- SCHERER, E. E., BALDISSERA, I. T. e NESI, C. N. Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, p. 123-131, 2007.
- SCHIAVO, J. A. et al. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesq. agropec. bras.**, v.46, n.10, p.1332-1338, 2011.
- SICHE, Raul et al. Índices versus indicadores: Precisoões conceituais na discussão da sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, SP. v.10, n. 2. p. 137-148, 2007.
- SILVA, D. B. Sustentabilidade no Agronegócio: dimensões econômica, social e ambiental. **Resvista Comunicação & Mercado**.UNIGRAN.v. 01, n.03, p. 23-34, 2012.
- SILVA, K. R. et al. Indicadores químicos do solo sob diferentes usos e manejo no Lote 31 do projeto de assentamento Veneza no Sudeste do Pará. **Rev. Agroecossistemas**. v. 9. n. 1. p. 227-235. ISSN on line 2318-0188. 2017.
- SILVA, R. C. S et al. Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. **Repositório Eletrônico Ciências Agrárias**, Coleção Ciências Ambientais, p. 1-13, 2011.
- SIQUEIRA NETO, M. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto, **Revista Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 923-936, 2010.
- SPERA, S. T. Atributos físicos e químicos de um Latossolo e produtividade de culturas, em função de manejo de solo e de rotação de culturas. Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de pós-graduação em Agronomia. Tese de Doutorado, 2009.
- SPERA, S. T. et al. Atributos químicos restritivos de Latossolo Vermelho distrófico e tipos de manejo de solo e rotação de culturas. **Revista Agrarian**, v.4, n.14, p.324-334, 2011.
- VERNETTI JUNIOR, F. de J., GOMES, A. S., SCHUCH, L. O. B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Ciência Rural**. v.39, n.6, p.1708-1714, 2009.
- ZAMBROSI, F. C. B., ALLEONI, L. R. F. e CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. **Revista Bragantia**, v. 66, n. 3, p. 487-495, 2007.