



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
CURSO DE AGRONOMIA



**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO CULTIVADO COM
BRAQUIÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANTIO DIRETO EM SÃO
JOÃO-PE**

VANILSON PEDRO DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. José Romualdo de Sousa Lima

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Tavares da Rocha

**GARANHUNS
2019**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
CURSO DE AGRONOMIA



**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO CULTIVADO COM
BRAQUIÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANTIO DIRETO EM SÃO
JOÃO-PE**

VANILSON PEDRO DA SILVA

Monografia apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco- Unidade Acadêmica de Garanhuns, como parte das exigências da Disciplina Estágio Supervisionado Obrigatório.

Orientador: Prof. Dr. José Romualdo de Sousa Lima

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Tavares da Rocha

GARANHUNS
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns-PE, Brasil

S586a Silva, Vanilson Pedro da
Atributos físicos e químicos do solo cultivado com braquiária
para implantação de plantio direto em São João-PE / Vanilson
Pedro da Silva. – 2019.
26 f.

Orientador: José Romualdo de Sousa Lima.
Coorientador: Alexandre Tavares da Rocha.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Agronomia)
– Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Agronomia, Garanhuns, BR - PE, 2019.
Inclui referências.

1. Solos arenosos 2. *Brachiaria decumbens* 3. Agronomia
I. Lima, José Romualdo de Sousa, orient. II. Rocha, Alexandre
Tavares da, coorient., III. Título

CDD 631.4

VANILSON PEDRO DA SILVA

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO CULTIVADO COM
BRAQUIÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANTIO DIRETO EM SÃO
JOÃO-PE**

Monografia apresentado ao Curso de
Agronomia da Universidade Federal
Rural de Pernambuco- Unidade
Acadêmica de Garanhuns, como parte
das exigências da Disciplina Estágio
Supervisionado Obrigatório.

APROVADO em _____ de _____ de _____

Dr^a. Maria Camila de Barros Silva Leite
UFRPE-UAG

Prof. Dr. Marcelo Metri Corrêa
UFRPE- UAG

Prof. Dr. José Romualdo de Sousa Lima
Orientador

Prof. Dr. Alexandre Tavares da Rocha
Co-orientador

A DEUS, Senhor de todas as coisas...

À minha MÃE “*in memoriam*” heroína, guerreira, exemplo de amor e dedicação. Eterna Saudade, mamãe...

Á minha ESPOSA e FILHOS, pelo amor e incentivos.....

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A esta Universidade, sua direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Agradeço a minha mãe (*in memoriam*), Maria Ferreira de Lira, heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Sinto muita Saudade, mãe.

Ao meu pai, Manoel Pedro da Silva, exemplo de vida, que com toda sua sabedoria me guiou nos momentos de dificuldades.

À minha esposa, Adriana Maria Vilela da Silva, que ao longo desses anos me deu não só força, mas apoio para vencer essa etapa da vida acadêmica. Obrigada, meu amor, por suportar as crises de estresse e minha ausência em diversos momentos.

A meus filhos, João Pedro e Ana Maria que compreenderam os momentos de ausência e servirem de incentivo para continuar minha jornada. Muito obrigado meus amores.

A meus irmãos Antônio Pedro, Aelson e Regina, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente.

Ao meu orientador Prof. José Romualdo de Sousa Lima pelo o empenho dedicado, pelas correções e incentivos a realização deste trabalho. Mestre, muito obrigado.

Ao meu co-orientador Prof. Alexandre Tavares da Rocha pelas orientações, apoio e confiança na realização desta obra. Muito obrigado Mestre!

Ao Prof. Gustavo Duda por ceder o Laboratório de Química para realização das análises.

A todos os Professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto quese dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Aos Técnicos de Laboratório Maria Camila de Barros Silva Leite, Martone Candido Souza da Silva, Luan da Costa Pereira pela indispensável ajuda nas análises e em especial a Wilkilane Luiz da Silva por toda a ajuda e apoio durante este período tão importante da minha formação acadêmica.

A Jeconias Bernardo Gomes da Silva pela sua indispensável ajuda e apóio nas analise carbono do solo e a Cássio Lopes de Oliveira pela grandiosa ajuda na coleta das amostras de solo.

A todos os amigos (as), em especial a Vandson Felipe dos Santos, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação acadêmica e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

A quem não mencionei, mas esteve presente ao meu lado, eu quero lembrar que não estão esquecidos: vocês foram imensamente importantes para concluir meu curso.

Muito Obrigado!

RESUMO

Os Neossolos Regolíticos têm predomínio na região do Agreste do município de São João, PE. As principais culturas da região são feijão e mandioca, plantadas no sistema de plantio convencional. O consórcio de milho com *Brachiaria decumbens* tem se mostrado promissor nesta região, porém há poucos estudos na utilização desse consórcio para formação de palhada para implantação do sistema plantio direto. O objetivo desse trabalho foi determinar os atributos químicos e físicos de um Neossolo Regolítico Eutrófico típico, de textura arenosa, sob plantas e palhada de *B. decumbens* Stapf. no município de São João-PE, avaliando sua influência como planta de cobertura na qualidade do solo arenoso. Os tratamentos foram constituídos de sistema de plantio solteiro e em consórcio de milho e milheto com *B. decumbens*, distribuídos em blocos casualizados em esquema fatorial 2x2, com quatro repetições. O plantio foi realizado em maio de 2017, permanecendo em pousio após a colheita por 18 meses. Avaliou-se os atributos físicos e químicos nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, bem como, a biomassa seca existente. Os resultados de biomassa seca obtidos nos tratamentos com *Brachiaria* variaram entre 10,37 a 13,06 Mg ha⁻¹ mostrando-se adequada para implantação do sistema de plantio direto na região. Os tratamentos consorciados com *B. decumbens* apresentaram maiores teores de carbono orgânico total e de cálcio. Os tratamentos consorciados com *B. decumbens* apresentaram tendência de menor densidade do solo, com maior porosidade total e maior capacidade de água disponível. Considerando as condições deste trabalho, cultivos consorciados de milho são mais produtivos e sustentáveis que o cultivo tradicional da cultura.

Palavras-chave: Neossolo Regolítico, palhada, arenoso, *Brachiaria decumbens*

ABSTRACT

The Regolithic Neosols have predominance in the Agreste region of the municipality of São João, PE. The main crops of the region are beans and cassava, planted in the conventional planting system. The maize consortium with *Brachiaria decumbens* has shown promise in this region, but there are few studies on the use of this consortium for the formation of straw for implantation of the no-tillage system. The objective of this work was to determine the chemical and physical attributes of a typical Eutrophic Regolithic Neosol, of sandy texture, under plants and straw of *B. decumbens* Stapf. in the municipality of São João-PE, evaluating its influence as a cover plant on the quality of sandy soil. The treatments consisted of a single plantation system and a consortium of corn and millet with *B. decumbens*, distributed in randomized blocks in a 2x2 factorial scheme, with four replications. The planting was carried out in May 2017, remaining fallow after harvest for 18 months. The physical and chemical attributes were evaluated in the 0-10 cm and 10-20 cm layers, as well as the existing dry biomass. The dry biomass results obtained in the treatments with *Brachiaria* ranged from 10.37 to 13.06 Mg ha⁻¹, being adequate for the implantation of the no-tillage system in the region. The treatments consorted with *B. decumbens* showed higher levels of total organic carbon and calcium. The treatments consorted with *B. decumbens* showed a trend of lower soil density, with higher total porosity and greater available water capacity. Considering the conditions of this work, intercropped corn crops are more productive and sustainable than traditional crop cultivation.

Key words: Neosol Regolith, straw, sandy, *Brachiaria decumbens*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3.1 Históricos da área e descrição dos tratamentos.....	7
3.2 Análises físicas.....	9
3.3 Análises químicas.....	10
3.4 Análises de biomassa.....	10
3.5 Análises estatísticas.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4.1 Biomassa seca.....	12
4.2 Atributos químicos.....	13
4.3 Atributos físicos.....	17
5 CONCLUSÕES.....	21
REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

O município de São João localizado na mesorregião do Agreste Meridional de Pernambuco tem a agricultura como principal fonte econômica, destacando-se as culturas de feijão e mandioca, cultivadas na maioria das propriedades. No entanto, como em boa parte do Semiárido brasileiro, essa região sofre com as irregularidades pluviométricas ao longo dos anos, apresentando uma estação chuvosa relativamente curta, concentrada nos meses de maio a agosto, o que dificulta o desenvolvimento de práticas agrícolas. Além das irregularidades pluviométricas, o solo dessa região caracteriza-se pela baixa fertilidade natural (SANTOS *et al.*, 2012) e baixa estabilidade dos agregados (AWE *et al.*, 2015). Estes fatores contribuem para a aceleração dos processos erosivos, desestímulo dos produtores e o declínio da produtividade das lavouras na região, também elevam o custo de produção, tornando mais difícil a praticada agricultura do município, nos próximos anos. Assim, a adoção de técnicas de manejo conservacionistas, como o plantio direto, que visam reduzir os impactos da agricultura sobre os solos, melhorando suas características físico-químicas e biológicas, como o aumento da retenção de água no solo, dos teores de matéria orgânica (MO) e melhora da dinâmica dos nutrientes, são fundamentais para a região, por possibilitar um modelo de produção que atenda ao tripé da sustentabilidade (social, ambiental e econômico) e ao mesmo tempo estimule os produtores rurais a continuarem na atividade agropecuária.

Outro problema enfrentado pelos agricultores está relacionado às características físicas e químicas dos solos locais, que são classificados predominantemente como Neossolo Regolítico Eutrófico típico, de textura arenosa a média, com baixo teor de matéria orgânica (MO) e fósforo(P), baixa retenção de água e soma das bases trocáveis (ALMEIDA, 2014), exigindo dos agricultores a adoção de técnicas de manejo para amenizar essas adversidades, como a utilização de grandes quantidades de esterco (bovino ou de aves) para elevar os teores de matéria orgânica do solo (MOS). Tal prática tem aumentado os custos de produção e, conseqüentemente, redução da rentabilidade dos produtores.

O consórcio de milho com *Brachiaria decumbens* tem se mostrado promissor na no município de São João, como forma de renovação de pastagens, porém há poucos estudos na utilização desse consórcio para formação de palhada para implantação do sistema plantio direto (SPD). No consórcio de milho com braquiária, a forrageira pode

ter dupla finalidade, servindo como alimento para a exploração pecuária e, posteriormente, para formação de palhada no sistema plantio direto.

Nas últimas décadas tem-se adotado no Brasil, especialmente na região do Cerrado, práticas de manejo conservacionista como o sistema de plantio direto (SPD), que visam minimizar os impactos da agricultura sobre os solos, baseado na manutenção de resíduos e, ou palhada sobre a superfície do terreno, protegendo o solo contra a erosão, além de melhorar suas características físico-químicas e biológicas (FRAZÃO *et al.*, 2008; CARNEIRO *et al.*, 2009). Com isso, acredita-se que adoção do SPD em solos arenosos aumente em razão do aumento da CTC do solo e da maior disponibilidade de nutrientes para as plantas, proporcionada pelo aumento no acúmulo da matéria orgânica no solo (BAYER;MIELNICZUK, 1997).

Embora existam inúmeras pesquisas sobre os efeitos do plantio direto nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, principalmente na região Sul e Centro-Oeste, poucos são os estudos realizados em solos arenosos do Semiárido brasileiro (LANZANOVA *et al.*, 2007; SPERA *et al.*, 2008).

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi determinar os atributos químicos e físicos de um Neossolo Regolítico Eutrófico típico, de textura arenosa, sob plantas e palhada de *Brachiaria decumbens* no município de São João-PE, avaliando sua influência como planta de cobertura na qualidade do solo arenoso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O solo da região do Agreste do município de São João é classificado predominantemente como Neossolos Regolíticos (SILVA *et al.*, 2001) e como em boa parte da região Nordeste, sofre com os períodos de secas naturais que trazem impactos sociais e econômicos muito significativos para a população, afetando diretamente a agricultura (RIBEIRO, 2017).

No Brasil, os Neossolos Regolíticos são comuns na Região Nordeste brasileira (SANTOS *et al.*, 2018). Em Pernambuco ocupam 5% do território, concentrando-se nos municípios de Venturosa, Garanhuns, Pesqueira, Belo Jardim, São João, Bom Conselho e Buíque (TORRES; PFALTZGRAFF, 2014). Segundo ARAÚJO FILHO *et al.*(2000), os Neossolos Regolíticos foram mapeados com uma extensão de 4.899 km², o que corresponde a 4,9% da superfície do solo pernambucano. Essa classe de solo apresenta textura arenosa ou média, com baixos teores de argila, geralmente entre 5 e 12%, e teores de silte mais comuns entre 10 e 20% (ARAÚJO FILHO, 2000; SILVA *et al.*, 2001).

Para Pedrosa (2016) a textura, porosidade, densidade, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível estão entre os atributos físicos mais estudados por indicar a qualidade do solo e que a conexão entre eles permitir avaliar como o solo está organizado e se há alguma alteração externas causando mudanças na sua estrutura natural. Essas características vão definir o uso e ocupação do solo, determinando o seu potencial agrícola.

Segundo Donagemma *et al.* (2016), os solos leves, com textura comumente arenosa, apresentam grande friabilidade facilitando a mecanização devido a sua estrutura fraca, pequena granular ou por grãos simples com baixa estabilidade de agregados. Em razão disso, esses solos são altamente susceptíveis à erosão em razão a baixa coesão (AWE *et al.*, 2015) o que torna indispensáveis práticas de manejo conservacionistas para evitar que esses solos sejam degradados. Em caracterização dos atributos químicos de Neossolos Quartzarênicos (Tabela 1) no Cerrado brasileiro sob vegetação natural e em regiões produtores de grãos, fibras e pastagens, considerados solos leves, apresentaram ampla variação nos atributos: carbono orgânico, alumínio trocável, capacidade de troca catiônica (CTC) e pH. Além disso, baixos teores de P

assimilável, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} trocáveis são relatados, o que impõe limitações de natureza química desses solos (DONAGEMMA *et al.*, 2016).

Santos *et al.* (2012) analisando perfis de Neossolos Regolíticos (Tabela 1) em áreas com atividade agrícola de pequeno ou nenhum uso de insumos sintéticos agrícolas, nos municípios de São Caetano, Caetés, São João, Lagoa do Ouro e Parnamirim, todos no Estado de Pernambuco, também relataram ampla variação nos atributos químicos e baixos valores de soma de bases trocáveis. Esses dados evidenciam a natureza do material de origem (granito ou gnaisse) e à constituição fundamentalmente arenosa desses solos.

Tabela 1- Atributos químicos na camada de 0-20 cm de Neossolos Regolíticos (NR) e Neossolos Quartzarênicos (NQ) provenientes de diversos municípios brasileiros.

Solo	pH	P mgdm ⁻³	K ⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Al ³⁺	CTC	COT g kg ⁻¹	Referência
NR ¹	7,5	42,2	0,95	3,6	0,0	4,1	7,1	Silva & Menezes, 2010
NR ¹	–	9,9	0,25	1,6	–	1,8	–	Santos <i>et al.</i> , 2010
NR ²	6,1	6,0	0,14	2,67	–	4,9	9,0	Santos <i>et al.</i> , 2012
NR ³	4,8	6,0	0,19	2,53	–	4,9	14,0	Santos <i>et al.</i> , 2012
NQ ⁴	4,5	1,0	0,03	0,3	1,0	5,2	5,7	Donagemma <i>et al.</i> , 2016
NQ ⁵	4,0	1,0	0,01	0,2	0,6	0,9	1,7	Donagemma <i>et al.</i> , 2016
NQ ⁶	4,1	0,9	0,01	< 0,1	0,6	2,1	2,9	Donagemma <i>et al.</i> , 2016
NQ ⁷	4,8	1,89	0,003	0,85	0,09	1,93	–	Oliveira Filho <i>et al.</i> , 2017

Local: ¹Esperança, PB; ²Caetés, PE; ³São João, PE; ⁴Chapada Gaúcha, MG; ⁵Guaraí, TO; ⁶Campo Verde, MG e ⁷Araguaína, TO. pH = pH em H₂O; CTC = capacidade de troca de cátions; COT = Carbono Orgânico Total

Fonte: Adaptado de Silva & Menezes (2010); Santos *et al.*(2010); Santos *et al.* (2012); Donagemma *et al.*(2016) e Oliveira Filho *et al.*(2017)

Os Neossolos Regolíticos, apesar de conterem nas frações areia e cascalho, boa reserva de elementos primários de fácil intemperização, em alguns ambientes são encontrados solos de caráter álico, apresentando soma de bases menor que 1cmol_c kg⁻¹ e a soma de bases trocáveis dificilmente atinge 3 cmol_c kg⁻¹, apresentando ainda pH entre 4 e 5 (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2000). Segundo esses autores, os Neossolos Regolíticos em geral possuem baixos teores de fósforo assimilável e que valores acima de 10 mg kg⁻¹ são devidos a adubação fosfatada realizada na área.

Até pouco tempo os Neossolos eram tidos como inapropriados para a agricultura (Donagemma *et al.* (2016). Com o avanço das pesquisas obteve-se tecnologia adequada para o manejo desses solos, entre elas a que trabalha o mínimo revolvimento do solo.

O preparo convencional do solo é o principal sistema de manejo adotado pela maioria dos agricultores da região agreste de Pernambuco, os quais utilizam adubo orgânico na forma de esterco como a única fonte para elevar os teores de MO e nutrientes dos solos, já que esses são naturalmente baixos devidos suas características pedológicas (SANTOS *et al.*, 2012; ALMEIDA, 2014). Esse sistema de preparo do solo acelera a decomposição da matéria orgânica pela maior oxigenação do solo, rompe os agregados e reduz sua estabilidade nas camadas manejadas, além de favorecer o aumento da densidade do solo e a resistência à penetração em subsuperfície (ARATANI *et al.*, 2009). Isso, aliado a cobertura do solo apenas na época chuvosa, contribui para impactos nos processos físicos, químicos e biológicos do solo, modificando sua qualidade (RANGEL; SILVA, 2007; PORTUGAL *et al.*, 2012).

Nesse contexto, a adoção de sistemas conservacionistas de manejo e uso do solo tem se apresentado como uma alternativa para contribuir com a sustentabilidade econômica e ambiental dos agroecossistemas (BARRETO *et al.*, 2006), favorecendo a recuperação ou manutenção dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (SANTOS *et al.*, 2008). Nesse contexto, surgiu o plantio direto, que é um sistema que vem sendo largamente utilizado em áreas agrícolas do Cerrado brasileiro, por ser um sistema que preconiza o mínimo revolvimento do solo, além de manter o solo protegido e menos susceptível à erosão.

A utilização de *Brachiaria decumbens* Stapf. tem se mostrado uma excelente alternativa para melhoria dos atributos físicos do solo, além da extraordinária adaptabilidade a solo de baixa fertilidade (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003). Esses mesmos autores pesquisando a influência da palhada da braquiária consorciada com milho, no desempenho do feijoeiro, encontraram resultados superiores quando comparado ao milho solteiro, evidenciando o efeito benéfico no desempenho agrônômico da cultura do feijoeiro.

O sistema de manejo com menor revolvimento do solo propicia acúmulo de resíduos na superfície, possibilitando a recuperação das características físicas do solo em áreas anteriormente degradadas pelo preparo inadequado (SOUZA *et al.*, 2001). A

avaliação da sustentabilidade de um sistema de manejo é realizada geralmente por comparação entre as condições do solo sob vegetação nativa e aquele submetido às explorações agrícolas, analisando as propriedades físicas do solo (LLANILLO *et al.*, 2006; BLAINSKI *et al.*, 2008).

Nas regiões Semiáridas, o plantio direto pode minimizar os efeitos da escassez hídrica na região, devido ao acúmulo de resíduos culturais sob o solo, promovendo aumento de carbono, que beneficiam a absorção, infiltração e retenção de água, aumentando a atividade do solo, porosidade total e macroagregação (SÁ *et al.*, 2014), mas para isso é necessário ter uma boa cobertura do solo com plantas adaptadas à região. Segundo Awe *et al.* (2015) a formação de palha pelas plantas de cobertura é essencial devido a proteção, estruturação e redução da erosão, bem como pela manutenção da água no solo devido a sua proteção física contra os raios solares.

Assim o SPD tem se mostrado adequado para as melhorias dos atributos químicos, físicos e biológicos nos Neossolos Regolíticos por propiciar cobertura do solo para manutenção da umidade por mais tempo e conseqüentemente melhorias na macro e microbiologia do solo. Esse sistema ainda aumenta o teor de matéria orgânica que influencia a elevação da capacidade de troca de cátions (CTC), diminui a densidade do solo e aumenta a porosidade e macroagregação, refletindo em maior produtividade com diminuição dos custos de produção pela a eliminação do uso de esterco.

3 MATERIALE MÉTODOS

3.1 Histórico da área e descrição dos tratamentos

O experimento foi realizado em uma propriedade localizada no município de São João, pertencente à mesorregião do Agreste Meridional de Pernambuco, nas coordenadas 08° 50' 24" S e 36° 22' 49" W, a 690 m de altitude. O clima predominante na região é o As', que equivale a um clima quente e úmido, conforme classificação de Köppen (ANDRADE, 2007). A precipitação pluvial anual média é de 782 mm, concentrado principalmente nos meses de maio a agosto (SILVA *et al.*, 2014). De acordo com Santos *et al.* (2012) o solo deste estudo é classificado como Neossolo Regolítico Eutrófico típico.

A caracterização química do solo da área, antes da implantação do experimento encontra-se na tabela 1.

Tabela 2 – Resultados da análise química do solo antes da implantação dos sistemas avaliados em São João, PE, 2017.

Ph	P	Ca	Mg	Na	K	Al
	(mg dm ⁻³)Cmol _c dm ⁻³				
7,5	75	1,15	0,6	0,06	0,10	0,0

Fonte: Elaborado pelo autor

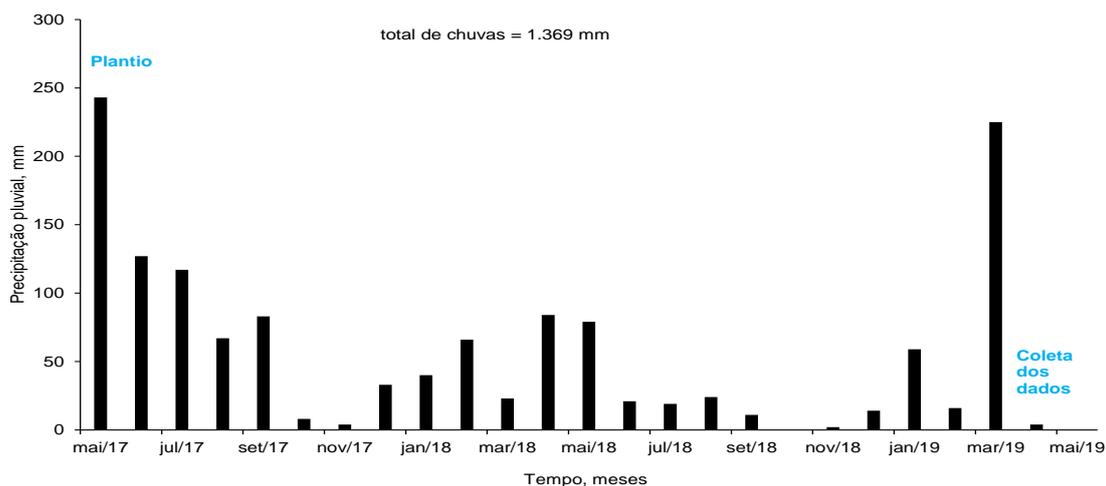
Anteriormente a implantação do experimento, a área foi cultivada com mandioca e feijão no sistema de consórcio e tinha recebido uma adubação orgânica com esterco bovino, na dose de 5 Mg ha⁻¹, há 5 anos.

A precipitação pluvial (1.369 mm) ocorrida durante o período experimental, que foi de 23 meses, ficou abaixo da média histórica (Figura 1), principalmente nos meses de junho e julho de 2018, que historicamente são os meses com maiores precipitações para a região.

Esse menor valor de precipitação pluvial pode ter interferência nos resultados de biomassa, uma vez que menores valores de precipitação pluvial correspondem a menores valores de umidade do solo e conseqüentemente, a menores valores de biomassa vegetal. Nesse sentido, Silva *et al.* (2014) encontraram menores valores de biomassa seca da parte aérea e radicular de capim braquiária, cultivada em Neossolo Regolítico no município de São João, no período de menor precipitação pluvial. Para

esse autor, esses menores valores de biomassa (parte aérea e raiz) são devidos aos menores valores de umidade do solo, observados nas épocas de menor precipitação pluvial.

Figura 1 - Precipitação pluvial no município de São João durante o período experimental (maio de 2017 a abril de 2019).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O preparo do solo, para a implantação do experimento, seguiu o sistema convencional, com duas gradagem, sendo realizada uma adubação orgânica, utilizando-se 4 Mg ha^{-1} de esterco de galinha poedeira. Na semeadura, foram utilizados 300 kg ha^{-1} da fórmula 06-24-12 de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Na adubação de cobertura, foram aplicados 100 kg ha^{-1} de N na forma de uréia (45% de N) e 50 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio (60% de K_2O), parcelados aos 30 e 45 dias após a semeadura (DAS).

Os tratamentos foram constituídos de dois sistemas de cultivo: sistema de plantio solteiro (SPS) e sistema de plantio em consórcio (SPC), distribuídos em sistema de blocos casualizados no esquema fatorial 2×2 (dois sistemas de plantio e dois sistemas de consórcio), com quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais com 25 m^2 cada. Todas as parcelas ficam em pousio por 18 meses, sendo que as parcelas ocupadas com o sistema de consórcio permaneceram com *Brachiaria decumbens*. Na área do SPS foi cultivado milho em plantio solteiro em maio de 2017, permanecendo em pousio após a colheita. Simultaneamente, realizou-se o plantio de milho consorciado com *B.*

decumbens distribuída em linha de plantio e em área total, e o plantio de milho consorciado com *B. decumbens* em linha, formando a área do SPC.

Dessa forma, os tratamentos são descritos a seguir: M + Braq linha [milho em plantio consorciado com *B. decumbens* em linha + pousio]; M + Braq lança [milho em plantio consorciado com *B. decumbens* em área total + pousio]; Milheto + Braq linha [milheto em plantio consorciado com *B. decumbens* em linha + pousio]; Milho conv.[milho em plantio solteiro + pousio].

A semeadura do milho foi realizada manualmente, no dia 27 de maio de 2017, utilizando-se o milho híbrido cv. “Feroz” (98% de germinação), colocando-se 4,4 sementes por metro linear no espaçamento de 0,8 m entrelinhas, garantindo um estande de aproximadamente 54 mil plantas ha⁻¹.

A braquiária foi semeada no mesmo dia do milho, utilizando-se a densidade de 4 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, na profundidade de 2 a 3 cm. Para uniformizar a distribuição nas parcelas a lança, as sementes de *B. decumbens* Stapf. cv. Brasilisk foram misturadas a farelo de milho, em seguida incorporadas ao solo.

O milheto foi semeado juntamente com a braquiária, logo após a do milho, utilizando-se a variedade. “BRS 1501” colocando-se 17 sementes por metro linear no espaçamento 0,8 m entrelinhas garantindo um estande inicial de aproximadamente 180 mil planta ha⁻¹.

Aos 68 dias após o plantio (DAP) foi realizada colheita da massa verde no tratamento milho consorciado com braquiária em linha. Aos 155 DAP foram colhidas as espigas de milho sem palha, ficando assim todos os restos culturais do milho sob as parcelas. A partir da colheita do milho todas as parcelas ficaram em pousio até a data da retirada das amostras de solo (abril de 2019), o que correspondeu ao um período de aproximadamente 18 meses.

3.2 Análises físicas

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Solos e Geologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns. Para isto foram coletadas amostras indeformadas, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, utilizando-se anéis metálicos de volume conhecido, em um ponto aproximadamente no centro de

cada parcela. Com essas amostras indeformadas foram analisadas: densidade do solo (D_s) pelo método do anel volumétrico (ALMEIDA *et al.*, 2017^a), a densidade de partículas (D_p) pelo método do balão volumétrico (VIANA *et al.* 2017), Capacidade de campo (CC) e ponto de muita permanente (PMP) obtidas com uso do Extrator de Richard utilizando pressões de 0,1 e 10 bar, respectivamente (TEIXEIRA e BEHRING, 2017), e a porosidade total (Pt) estimada utilizando-se a seguinte equação (ALMEIDA *et al.* 2017b):

$$Pt = (D_p - D_s) / D_p \quad (1)$$

Onde:

D_p = densidade das partículas

D_s = densidade do solo

Além disso, foram coletadas amostras deformadas para a caracterização textural do solo (areia, silte e argila), pelo método do densímetro, obtida pela metodologia proposta por Donagemma *et al.*. (2017).

3.3 Análises químicas

Para caracterização dos atributos químicos foram coletadas amostras deformadas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, com posterior secagem ao ar e peneiramento com malha de 2 mm. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Ambiental, da Unidade Acadêmica de Garanhuns – UAG/UFRPE onde foram determinados pela metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017b) os teores de fósforo disponível (P),. Os teores de potássio trocável (K^+), cálcio trocável (Ca^{2+}), magnésio trocável (Mg^{2+}) e sódio trocável (Na^+) por Teixeira *et al.* (2017c) e teores de carbono orgânico total (COT). pela metodologia proposta por Fontana *et al.* (2017) Foi ainda determinado o pH em água (Teixeira *et al.* 2017a).

3.4 Análises da biomassa

Foi determinada a biomassa seca da parte aérea das plantas existentes em cada tratamento e da palhada sob o solo. Para se obter a biomassa fresca foi lançado, de forma aleatória, um quadrado vazado de 0,25 m² de área, onde coletou-se toda biomassa

que estava na área do quadrado, inclusive a palhada, acondicionando-as em sacos plásticos, vedados. Essas amostras foram levadas para o laboratório de Biologia Vegetal da Unidade Acadêmica de Garanhuns – UAG/UFRPE, onde foram pesadas, determinando-se a biomassa fresca. Após, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa a 65°C para secagem até peso constante com posterior pesagem, determinando-se assim, a biomassa seca em g m^{-2} para posterior transformação dos valores para Mg ha^{-1} .

3.5 Análises estatísticas

Os resultados das variáveis químicas e da textura, bem como os da biomassa seca, foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$), e as médias de tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000).

As variáveis físicas, com exceção da textura, foram apresentadas apenas para caracterização, não sendo realizada a análise estatística.

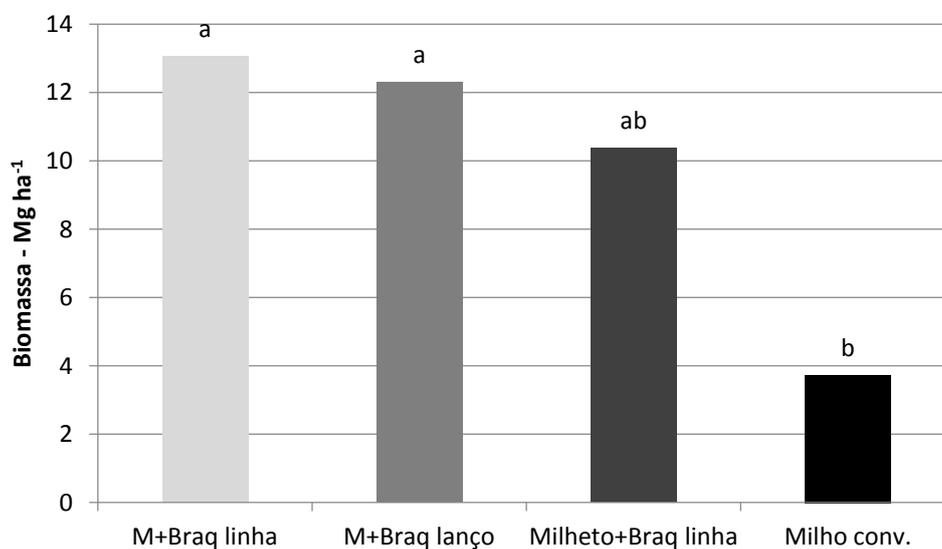
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Biomassa seca

Os valores da biomassa seca (Figura 2) do tratamento milho convencional plantio solteiro (SPS) diferem estatisticamente dos tratamentos milho consorciado com braquiária em linha (Milho + Braq linha) e milho consorciado com braquiária a lanço (milho + Braq lanço). Contudo, não diferem do tratamento milheto consorciado com braquiária em linha (Milheto + Braq linha).

Entre os tratamentos com braquiária, o Milheto+Braq linha foi o que produziu menos, devido ter sido realizada uma colheita aos 68 dias após o plantio (DAP) da massa verde da braquiária e do milheto. Contudo, esse tratamento ainda atende a quantidade de palhada necessária para implantação do SPD, uma vez que, segundo Cruz *et al.* (2011), valores acima de 6 Mg ha⁻¹ são ideais para cobrir pelos menos 80% da superfície do solo.

Figura 2 - Biomassa seca obtida nos diferentes tratamentos, no período de 23 meses, no município de São João/PE.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores de biomassa obtidos nos tratamentos com braquiária superiores a 10 Mg ha⁻¹ estão dentro do intervalo encontrados por outros autores. Stone *et al.* (2006), avaliando plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura em Latossolo

Vermelho distrófico sob condições irrigadas, obtiveram 10,2 Mg ha⁻¹ de palhada de braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu). Já Crusciol e Borghi (2007) descrevem que a produção de palhada para a semeadura da safra seguinte, após a retirada dos animais da área, tem resultado, na média, em 8 a 12 Mg ha⁻¹ de cobertura morta sobre o solo, quando tem-se usado a espécie de gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Os resultados de pesquisas citadas acima, bem como de outras, confirmam a braquiária como uma das melhores espécies para formação de palhada para implantação e manutenção do SPD, sendo que esses resultados foram ratificados por este trabalho.

Independente da cultura consorciada (milho ou milheto), o incremento de palhada, proporcionada pela braquiária, resultou em quantidades ideais de biomassa para implantação do SPD. Vale salientar que o tratamento com milheto, ainda proporcionou uma quantidade de massa verde que poderia ser usada no Sistema de Integração Lavoura Pecuária (SILP), como forma de incremento da renda da propriedade e ainda disponibilizar palhada para implantação do SPD no ciclo seguinte.

4.2 Atributos químicos

O maior teor de COT na camada de 0-10 cm foi encontrado no tratamento M+Braq linha (1,5 g kg⁻¹), deferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 3). Na camada de 10-20 cm não foi detectado COT. O tratamento Milheto+Braq linha, na camada de 0-10 cm apresentou um valor médio de COT (0,78 g kg⁻¹) maior que os tratamentos M+Braq lanço e Milho conv., contudo, não diferiu estaticamente dos mesmos. Resultado superior de COT (15 g kg⁻¹) foi encontrado por Almeida (2014), ao analisar perfil de Neossolo Regolítico cultivado com mandioca. Santos *et al.* (2012) e Silva e Menezes (2010), em Neossolos Regolíticos eutróficos típicos, obtiveram valores superiores de COT aos encontrados neste trabalho na camada de 0-20 cm.

Os valores inferiores de COT deste experimento, em comparação aos citados na literatura, podem ser explicados pelo menor uso de esterco a longo prazo e ao tempo de cultivo de braquiária na área. Analisando-se o histórico da área deste experimento, pode-se notar que a mesma não tinha recebido esterco há 5 anos e a quantidade que foi incorporada no momento da implantação do experimento não seria suficiente para elevar os teores de COT durante o período analisado.

Tabela 3 - Atributos químicos do solo nos sistemas avaliados em São João, PE, 2019.

Tratamento	pH(H ₂ O)	----- cmol _c kg ⁻¹ -----				mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
		Ca	Mg	K	Na	P	COT
camada de 0-10 cm							
M+Braq lanço	7,41 ^{ns}	0,31 ^a	0,30 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,01 ^{ns}	142,8 ^{ns}	0,35 ^b
M+Braq linha	7,38 ^{ns}	0,20 ^{bc}	0,18 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,02 ^{ns}	143,2 ^{ns}	1,5 ^a
Milheto+Braq linha	7,17 ^{ns}	0,27 ^{ab}	0,24 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,02 ^{ns}	136,7 ^{ns}	0,78 ^b
Milho conv.	6,84 ^{ns}	0,11 ^c	0,17 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	137,4 ^{ns}	0,32 ^b
CV(%)	4,20	19,9	43,9	40,71	136	27,8	34,7
camada de 10-20 cm							
M+Braq lanço	7,09^{ns}	0,14 ^{ab}	0,09 ^{ab}	0,08 ^{ns}	0,01	40,01 ^{ns}	0
M+Braq linha	7,26 ^{ns}	0,20 ^a	0,21 ^a	0,11 ^{ns}	0,01	48,13 ^{ns}	0
Milheto+Braq linha	7,1 ^{ns}	0,15 ^a	0,12 ^{ab}	0,09 ^{ns}	0,02	58,37 ^{ns}	0
Milho conv.	7,23 ^{ns}	0,005 ^b	0,02 ^b	0,07 ^{ns}	0,04	74,44 ^{ns}	0
CV(%)	5,59	50,67	65,21	21,66	89,79	42,95	0

M+Braq lanço = Milho consorciado com braquiária semeada a lanço; M+Braq linha = Milho consorciado com braquiária semeada em linha; Milheto+Braq linha = Milheto consorciado com braquiária semeada em linha; Milho conv = Milho convencional; Médias seguidas de mesma letras, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ^{ns} : não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaborada pelo autor

Outro fato importante é a baixa decomposição da palhada de braquiária existente na área experimental, devido às baixas precipitações pluviais (Figura 1) ocorrida no ano de 2018, causando menor atividade biológica e a relação C/N desta palhada ser alta. Contudo, Anghinoni (2007) relata que a adição de 1 g dm⁻³ de carbono no solo resulta no aumento de 0,32 cmol_c dm⁻³ na CTC e de 3 a 5 mm no armazenamento de água no solo. Sendo assim, mesmo a pequena quantidade de COT obtida nos tratamentos com braquiária mostra-se promissora para adicionar melhorias no solo em estudo, principalmente pela sua baixa fertilidade natural.

Na literatura há relatos que as melhorias dos atributos físicos e químicos do solo, principalmente teor de COT, no SPD, só são alcançadas depois de 10 anos de manejo (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003; SOUSA *et al.*, 2016). Anghinoni (2007), citando Sá (2004), sugere que o início do acúmulo de matéria orgânica aconteça entre 5-10 anos e a consolidação do SPD só é alcançado depois de 10-20 anos de implantação. Sendo assim, diante do incipiente tempo de avaliação desta pesquisa, os valores de COT estão dentro do esperado.

Os solos dos diferentes tratamentos apresentaram reação neutra, com valores de pH em água (Tabela 3) entre 6,84 e 7,38 na camada de 0-10 cm e pH entre 6,9 e 7,26 na

camada de 10-20 cm, não existindo diferença significativa entre os tratamentos. Esses dados também evidenciam o baixo poder tampão desses solos, em comparação aos solos argilosos, tanto para o pH quanto para o P disponível.

Donagemma *et al.* (2016) pesquisando Neossolos Quartzarênicos na camada de 0-18 cm sob vegetação natural no Cerrado brasileiro encontraram valores de pH entre 4,1 e 4,9 (Tabela 2), com presença de Al^{+3} com valores entre 0,4 e 1,0 $cmol_c kg^{-1}$, caracterizando a influência do Al^{+3} no aumento da acidez nos solos.

Segundo a Araújo Filho *et al.* (2000), os Neossolos Regolíticos apresentam pH em água que variam de valores entre 4 e 5, nos solos álicos, até valores em torno de 6,5 nos solos eutróficos, caracterizando solos moderadamente ácidos a fortemente ácidos, indo ao encontro dos valores obtidos nesse trabalho.

Os teores médios de cálcio trocável (Ca^{2+}) variaram entre 0,31 e 0,11 $cmol_c kg^{-1}$ na camada de 0-10 cm, apresentando significância no tratamento M+Braq lanço (0,31 $cmol_c kg^{-1}$) em comparação ao tratamento Milho convencional. O tratamento Milheto+Braq linha não deferiu estatisticamente do tratamento M+Braq lanço, porém também não deferiu do tratamento M+Braq linha. Os resultados obtidos ainda mostram valores superiores dos tratamentos em consórcio com *Brachiaria decumbens* em comparação ao Milho conv. Quando se analisa a camada de 10-20 cm observa-se que os tratamentos com *Brachiaria decumbens* deferiram estatisticamente entre si e como observado na camada anterior apresentaram diferença em relação ao tratamento Milho conv.

Como base nos dados obtidos pode-se deduzir que nos tratamentos em consórcio com *Brachiaria* houve uma menor lixiviação e, ou maior ciclagem do Ca^{++} no sistema. Santos *et al.* (2012) estudando perfis de Neossolos Regolíticos no Agreste de Pernambuco obtiveram valores de Ca^{++} entre 1,4 e 1,95 $cmol_c dm^{-3}$. Da mesma forma Almeida (2014) analisado perfis na camada de 0-20 cm obteve valores entre 0,7 e 1,1 $cmol_c dm^{-3}$, porém a relação Ca/Mg situou-se em torno de 1.

Os valores de magnésio trocável (Mg^{++}) obtidos na camada 0-10 cm variaram entre 0,17 e 0,30 $cmol_c kg^{-1}$ não apresentando diferenças significativas entre si. Estes valores estão próximos aos obtidos de Ca^{++} mantendo uma relação entre eles de aproximadamente 1. Esta relação se repetiu na camada de 10-20 cm, porém apresentou diferenças significativas entre os valores obtidos. Resultados semelhantes foram obtidos

por Almeida (2014) e Santos *et al.* (2012) analisando Neossolos Regolíticos no Agreste de Pernambuco onde os valores variaram de 0,4 a 1,0 cmol_c dm⁻³.

Os níveis de potássio trocável (K⁺), obtidos em todos os tratamentos, não apresentaram valores estatisticamente diferentes. Nota-se um ligeiro decréscimo em profundidade, camada de 10-20 cm em comparação a camada 0-10 cm. Pode-se notar ainda pequeno aumento no teor de K⁺ nos tratamentos com braquiária na camada 0-10 cm, mostrando tendência, em longo prazo, de indicarem maiores teores deste mineral em solos cultivados por braquiária, quando comparado a solos cultivados pelo sistema de plantio convencional.

Crusciol e Borghi (2007) afirmam que o aumento do teor de K⁺ no solo pode ser explicado pela grande capacidade de absorção e acúmulo de K que as braquiárias possuem, bem como a capacidade de reciclar tal nutriente. Esses autores avaliando o consórcio de milho com *Bachiaria brizantha* cv. Marandua pós dois anos de cultivo encontraram incrementos de K na camada de 0-20 cm. É sabido que o SPD altera a dinâmica de K no solo pelo aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), propiciado pelo aumento do COT no solo. Ferreira *et al.* (2009) assegura que o K é livre nos tecidos vegetais, podendo ser facilmente removido pela água após a senescência das plantas. Isto pode levar a suposição que grande parte do K estava na massa verde da braquiária.

Os teores de sódio trocável (Na⁺) situaram-se próximo a 0,01 cmol_c kg⁻¹, com exceção do tratamento Milho conv. que apresentou valor ligeiramente superior (0,04 cmol_c kg⁻¹) aos demais tratamentos, contudo, não ocorreram diferenças significativas (Tabela 3).

Os valores de fósforo disponível (P), tanto na camada de 0-10 cm quanto na camada de 0-20 cm (Tabela 3) não apresentaram diferenças estatísticas entre os valores de cada camada, porém notam-se maiores teores de P na camada de 0-10 cm, em relação à camada de 10-20 cm.

Segundo Cavalcanti (2008), os valores de P obtidos nesta pesquisa são considerados altos para a maioria das culturas. Esses valores podem ser explicados pela adubação orgânica anterior, com 4 Mg ha⁻¹ de esterco de aves, e pela adubação química realizada na implantação do experimento, que consistiu em 72 kg de P₂O₅ ha⁻¹. Corroborando com essa tese, Araújo Filho *et al.* (2000) afirma que os Neossolos

Regolíticos em geral possuem baixos teores de P assimilável e que valores acima de 10 mg kg⁻¹ são devidos a adubação sintética fosfatada realizada na área. Outro fato importante é que a análise de solo anterior a implantação já mostrava altos teores de P no solo (74 mg dm⁻³), contribuindo para os altos valores encontrados.

Valores altos de P foram encontrados por Silva e Menezes (2010), que avaliando a disponibilidade de micronutrientes catiônicos em solo arenoso após adubação orgânica, obtiveram valor de 42,2 mg kg⁻¹. Almeida (2014) estudando Neossolos Regolíticos no Agreste de Pernambuco em área cultivada com mandioca e possivelmente com histórico de adubação orgânica, muito comum na região, encontrou teor de P igual a 49,5 mg dm⁻³. Essa situação não se repete quando se avalia Neossolos Regolíticos sob vegetação nativa. Santos *et al.* (2012) estudando Neossolos Regolíticos no Agreste de Pernambuco (Tabela 1) sob vegetação nativa de caatinga hiperxerófila, encontraram valores igual a 6 mg kg⁻¹, confirmando a importância da adubação orgânica e sintética para elevação dos teores de P deste tipo de solo.

4.3 Atributos físicos

Em todas as amostras de solo dos diferentes tratamentos houve o predomínio da fração areia sobre as demais frações, com os teores da mesma variando entre 869 e 897 g kg⁻¹ na camada de 0-10 cm e entre 882 e 902 g kg⁻¹ na camada de 10-20 cm (Tabela 4). Conjuntamente com os dados obtidos de silte e argila pode-se classificar a textura dos solos de todos os tratamentos como arenosa.

Santos *et al.* (2012) afirmam que o maior teor de areia nesse tipo de solo pode ser explicado por seu material de origem (granito ou gnaisse), que apresentam em sua constituição predominância de quartzo. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2014), para perfis de Neossolos Regolíticos localizados no município de São João/PE, onde relataram valores elevados de areia (764,1 a 876,1 g kg⁻¹). Já Almeida (2014) analisando perfis de Neossolos Regolíticos no município de São João, Caetés e Paratama encontraram valores entre 813 a 904 g kg⁻¹ na camada de 0-20 cm. Nota-se um predomínio da fração areia no Neossolo Regolítico estudado, caracterizando-o como um solo homogêneo e que possíveis mudanças a curto e, ou longo prazo nos seus atributos físicos deverá ocorrer em função do manejo adotado.

Os teores de argila situaram-se entre 25 e 40 g kg⁻¹ na camada de 0-10 cm, com um ligeiro destaque para o tratamento Milho mais braquiária linha (Tabela 3) na camada de 10-20 cm com valor de 45 g kg⁻¹. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et. al* (2014) e Machado (2015) estudando perfis de Neossolo Regolítico sob pastagens no município de São João/PE. No solo em estudo, baixos valores de argila encontrados podem ser explicados pelo pouco desenvolvimento pedogenético, especialmente por serem procedentes da alteração de rochas cristalinas (HILLEL, 1998).

Tabela 4 - Atributos físicos do solo nos sistemas avaliados em São João, PE, 2019.

Tratamento	g kg ⁻¹		g cm ⁻³		cm ³ cm ⁻³	g g ⁻¹			
	Areia	Silte	Argila	Dp	Ds	Pt	CC	PMP	AD
camada de 0-10 cm									
M+Braq lança	898 ^{ns}	67 ^{ns}	35 ^{ns}	2,69	1,76	0,346	0,157	0,035	0,122
M+Braq linha	870 ^{ns}	90 ^{ns}	40 ^{ns}	2,58	1,64	0,365	0,202	0,036	0,166
Milheto+Braq linha	898 ^{ns}	77 ^{ns}	25 ^{ns}	2,67	1,73	0,351	0,147	0,068	0,079
Milho conv.	898 ^{ns}	62 ^{ns}	40 ^{ns}	2,75	1,72	0,374	0,201	0,044	0,158
Média	---	---	---	2,67	1,71	0,359	0,177	0,046	0,131
camada de 10-20 cm									
M+Braq lança	899 ^{ns}	66 ^{ab}	35 ^{ns}	2,67	1,77	0,339	0,153	0,042	0,111
M+Braq linha	882 ^{ns}	83 ^a	35 ^{ns}	2,69	1,77	0,343	0,108	0,029	0,079
Milheto+Braq linha	903 ^{ns}	52 ^b	45 ^{ns}	2,70	1,72	0,363	0,139	0,016	0,123
Milho conv.	894 ^{ns}	71 ^{ab}	35 ^{ns}	2,69	1,79	0,334	0,132	0,036	0,096
Média	---	---	---	2,69	1,76	0,345	0,133	0,031	0,102

M+Braq lança = Milho consorciado com braquiária semeada a lança; M+Braq linha = Milho consorciado com braquiária semeada em linha; Milheto+Braq linha = Milheto consorciado com braquiária semeada em linha; Milho conv = Milho convencional; Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05); ^{ns} : não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A densidade de partículas (Dp) não apresentou diferenças entre os tratamentos (Tabela 3). Os valores encontrados estão muito próximos a Dp do quartzo (2,65 g cm⁻³), principal mineral do solo analisado (LEPSCH, 2011). Esse autor afirma ainda que a Dp está muito relacionada ao tipo e quantidade de componentes minerais e orgânicos que compõe o solo. O conhecimento da densidade das partículas é útil para a indicação sobre a facilidade de penetração de raízes e armazenamento de água no solo. Valores semelhantes aos obtidos nesse trabalho foram encontrados por Santos *et al.* (2012) em análise de perfis no horizonte A em Neossolos Regolíticos, relatando valores entre 2,61 e 2,79 g cm⁻³.

Adensidade do solo (Ds) variou de 1,64 a 1,76 g cm⁻³ com média de 1,71 g cm⁻³ na camada de 0-10 cm e de 1,72 a 1,79 g cm⁻³ na camada de 10-20 cm, com média de 1,76 g cm⁻³ (Tabela 3). Santos *etal.* (2012) encontraram valores de Ds variando de 1,20

a, 68 g cm^{-3} em Neossolos Regolíticos sob mata nativa ou pastagem no Agreste de Pernambuco. Almeida (2014) em áreas anteriormente cultivadas com feijão e milho nos municípios pernambucanos de Paratama e São João encontraram valores de D_s entre $1,27$ e $1,52 \text{ g cm}^{-3}$ na camada de 0-20 cm em Neossolos Regolíticos.

Por ser um atributo físico que reflete o arranjo das partículas do solo e conseqüentemente influencia na porosidade total (Pt), a qual, por sua vez, interfere na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP), a densidade do solo (D_s) está intimamente associada às características do sistema poroso (LEPSCH, 2011), e qualquer alteração na disposição das partículas do solo reflete diretamente na D_s (PEDROSA, 2016).

Esses maiores valores de D_s aqui encontrados pode ser devido ao baixo teor de COT existente nas camadas supracitadas. Ainda que os resultados deste estudo tenham ultrapassado um pouco os citados na literatura, estão dentro do intervalo de D_s para solos arenosos. Vale salientar que o tratamento M+Braq linha apresentou o maior teor de COT, deferindo estatisticamente dos demais (Tabela 2). Esse maior teor de COT deve ter influenciado a D_s , uma vez que o menor valor de D_s ($1,64 \text{ g cm}^{-3}$) foi obtido nesse tratamento.

Nota-se, ao compararem-se os valores médios de D_s nas camadas 0-10 cm e de 10-20 cm, uma tendência de diminuição da D_s nas camadas superficiais, o que ocasionará mudanças em outros atributos do solo. Essa menor D_s na camada superficial é devido ao maior teor de COT nessa camada, quando comparada à camada de 10-20 cm (Tabela 2), o que já mostra o efeito da palhada na superfície do solo.

Os valores de porosidade total (Pt) variaram de $0,346$ a $0,374 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, com valor médio de $0,359 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, na camada de 0-10 cm e de $0,334$ a $0,363 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, com valor médio de $0,345 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, na camada de 10-20 cm.

De forma geral, não se percebe grandes variações entre os diferentes tratamentos. Os baixos valores de Pt do solo deste estudo podem estar relacionados aos baixos teores de argila em todas as camadas. Segundo Reichert *et al.* (2003), este fato pode ser explicado pela maior presença de cascalho e areia, em detrimento das frações mais finas, as quais conferem aos solos maiores quantidades de microporos, contribuindo significativamente para os elevados valores da porosidade total.

De forma geral, os maiores valores de Pt foram obtidos na camada de 0-10 cm, corroborando com os menores valores de Ds, uma vez que esses atributos possuem uma relação inversa.

Em relação à capacidade de campo (CC), observa-se que os valores variaram entre 0,147 e 0,202 g g⁻¹, enquanto o ponto de murcha permanente (PMP), os valores variaram entre 0,035 e 0,044 g g⁻¹ e a água disponível (AD) entre 0,079 e 0,166 g g⁻¹ na camada de 0-10 cm. Vale salientar que o tratamento M+ Braç linha foi o que apresentou os maiores valores numéricos da AD, quando comparados aos outros tratamentos, reflexo da presença de maiores quantidades de COT.

Almeida (2014) encontrou em Neossolo Regolítico próximo à área estudada, valores médios da CC de PMP de 3,2% (0,032 g g⁻¹) e AD de 8,6 % (0,086 g g⁻¹), na camada de 0-20 cm, corroborando os dados de desta pesquisa.

Do mesmo modo que a Pt e a Ds, analisando-se a média geral de todos os tratamentos dentro de cada camada, observa-se que a camada de 0-10 cm apresentou os maiores valores de CC (0,177 g g⁻¹), de PMP (0,046 g g⁻¹) e de AD (0,133 g g⁻¹). Esses resultados começam a mostrar o efeito dos diferentes manejos utilizados, já que podem ser oriundos dos maiores teores de COT (Tabela 3) na camada mais superficial (0-10 cm).

5 CONCLUSÕES

a) Os tratamentos consorciados com *Brachiaria decumbens* apresentaram maiores teores de carbono orgânico e de cálcio

b) A quantidade de biomassa seca em todos os tratamentos com *Brachiaria* mostrou-se adequada para implantação do sistema de plantio direto na região;

c) Os tratamentos consorciados com *Brachiaria decumbens* apresentaram tendência de menor densidade do solo, com maior porosidade total e maior capacidade de água disponível;

d) Sugerem-se estudos mais duradouros, para avaliar o sistema de consórcio com *Brachiaria* nas condições edafoclimáticas da região.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. V. D. L. **Atributos físicos, macro e micromorfológicos de Neossolos Regolíticos no agreste meridional de Pernambuco**. 2014. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, São Paulo, 2014.
- ALMEIDA, B. G. de; VIANA, J. H. M.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K. Densidade do solo. *In*: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017a, p. 65-75.
- ALMEIDA, B. G. de; FREITAS, P. L. de; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M.; DONAGEMMA, G. K. Porosidade. *In*: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017b, p.82-93.
- ANDRADE, M.C.O. Pernambuco e o trópico. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, n. 45, p. 11-20, 2007.
- ANGHINOMI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema de plantio direto. *In*: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p.874-919.
- ARATANI, R. G.; FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho Acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 677-687, 2009.
- ARAÚJO FILHO, J. C.; BURGOS, N.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H. B. B. da; MEDEIROS, L. A. R.; MELO FILHO, H. R. R. de; PARAHYBA, R. B. V. da; SANTOS, J. C. P. dos; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. B. R. e.; LEITE, A. P.; SOUZA NETO; N. C.; SILVA, A. B.; LUZ, L. R. Q. da; LIMA, P. C. de; REIS, R. M. G. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 378 p. (Boletim de Pesquisa, 11). Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- AWE, G. O.; REICHERT, J. M.; WENDROTH, O. O. Temporal variability and covarianc structure sof soil temperature in a sugarcane fieldunder different management practices in southern Brazil. **Soiland Tillage Research**, Amsterdam, v.150, p.93-106, 2015.
- BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. dos S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga**, Mossoró, v.19, n. 4, p. 415-425, 2006.
- BAYER, C., MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n. 1, p. 105-112, 1997.
- BLAINSKI, E.; TORMENA, C. A. FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p.975-983, 2008.

- CAVALCANTI, F. J. de A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**: segunda aproximação. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA, 2008. 212p.
- CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; SANTANA, D. P. **Sistema de Plantio Direto de Milho**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG.2011. Disponível em:https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html. Acesso em: 08 jun. 2019.
- CARNEIRO, M. A. C. *et al.* Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.
- CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI E. Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem e palhada para o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, Ed.100.jul/ago. 2007.
- DONAGEMMA, G. K.; VIANA, J. H. M.; ALMEIDA, B. G. de; RUIZ, H. A.; KLEIN, V. A.; DECHEN, S. C. F.; FERNANDES, R. B. A. Análises granulométricas. *In*: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017, p.95-115.
- DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L. de; BALIEIRO, F. de C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SANTOS, F. C. dos; ALBUQUERQUE, M. R. de; MACEDO, M. L. C. M. TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1003-1020, set. 2016. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/22572/13503>. Acesso em: 16 jun. 2019.
- FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada a agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422 p.
- FERREIRA, E. V. de O.; ANGHINONI I; CARVALHO, P. C. de F.; COSTA, S. E. V. G. de A.; CAOV, E. G. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33 n.6 Viçosa nov-dez. 2009.
- FONTANA, A.; CAMPOS, D. V. B. de. Carbono orgânico. *In*: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017, p.360-366.
- FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.641-648, 2008.
- HILLEL, D. **Environmental soil physics**. 2.ed. San Diego, Academic Press, 1998. 771p.
- KLUTHCOUSKI, J; STONE, L.F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. *In*. KLUTHCOUSKI, J; STONE, L.F; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2003. p. 501-533

- LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R. da S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1131-1140, 2007.
- LEPSCH, I.F. 19 lições de pedologia. São Paulo: Oficina de Texto, 2011. 442 p.
- LLANILLO, R. F.; RICHART, A.; FILHO, J. T.; GUIMARÃES, M. F.; FERREIRA, R. R. M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Semina: Ciências Agrária**, v. 27, p. 205-220, 2006.
- MACHADO, C. B.; LIMA, J. R. de S.; ANTONINO, A. C. D.; ALVES, E. M.; SOUZA, E. S. de; RIBEIRO, A. A.; FIRMINO, F. H. T. Fluxos de água no consórcio milho-pastagem na microbacia hidrográfica do Rio Mundaú, Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 20, n.3 Porto Alegre jul-set. 2015 p. 731 – 740.
- OLIVEIRA FILHO, J. H.; SANTOS, A. C.; SANTOS, J. G. D.; SOUSA, L. F.; OLIVEIRA, L. B. T.; NEVES NETO, D. N. Atributos químicos de um neossolo quartzarênico em relação à adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal-PB, v. 12, n.1, p.01-07, jan-jun, 2018.
- PEDROSA, D.S.F. **Hidropedologia de solos arenosos do Agreste de Pernambuco**. 2016, Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2016.
- PORTUGAL, A. F.; FONTES, L. E. F.; LANI, J. L.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I. Alterações em propriedades físicas do solo em ecossistemas de floresta após a implantação de pastagem no extremo oeste do Acre. In: ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L. **Uso sustentável de ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental**. Rio Branco: SEMA, 2012. 142 p.
- RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 31, p. 1609-1623, 2007.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**. V.27, Santa Maria, 2003. p. 29-48..
- RIBEIRO, K. **Mudança no uso do solo e emissões de gases de efeito estufa (GEE) em diferentes coberturas vegetais na caatinga brasileira**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2017.
- SÁ, J. C. M. *et al.* Long-term tillage systems impact on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soiland Tillage Research**, v. 136, p. 38-50, 2014.
- SANTOS, A. F.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14, n.12, p.1267–1272, 2010.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, H. P.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O.; KOCHANN, R. A.; AVILA, A. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.441-454, 2008.

SANTOS, J. C. B.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. C.; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 683-695, 2012.

SILVA, F. B. R.; SANTOS, J. C. P. de; SILVA, A. B. da; CAVALCANTI, A. C; SILVA, F. B. B de; BURGOS, N; PARAHYBA, R. da B. V.; OLIVEIRA, NETO, M. B. de; SOUZA NETO, N. C. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LOPES, O. F.; LUZ, L. R. Q. P. da; LEITE, A. P.; SOUZA, L. G. M. C.; SILVA, C. P. da; VAREJÃO SILVA, M. A. & BARROS, A. H. C. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos, 2001. CD ROM.

SILVA, R. A. B.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; GONDIM, P. S. S.; SOUZA, E. S.; BARROS JÚNIOR, G. Balanço hídrico em Neossolo Regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 147-157, 2014.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Disponibilidade de micronutrientes catiônicos em solo arenoso após adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.5, n.3, p.328-335, 2010.

SOUZA, Z. M., SILVA, M. L. S.; GUIMARÃES, G. L.; CAMPOS, D. T. S.; CARVALHO M. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p. 699-707, 2001.

SOUZA, E. D. de; PAULINO, H.B.; PACHECO, L.P.; ZARINI, S.F.P. Atributos de solo e ciclagem de nutrientes em sistemas integrados de produção agropecuária. In: MOREIRA, F.M. S. e KASUYA, M.C.M. **Fertilidade e biologia do solo: Integração e tecnologia para todos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2016, p.125-155.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 129-136, 2009.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A.; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de Culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.577-582, abr. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/0D/pab/v41n4/29802.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2019.

TEIXEIRA, W. G.; BEHRING, S. B. Retenção de água no solo pelos métodos da mesa de tensão e da câmara de Richards. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017, p. 35-46.

TEIXEIRA, P. C.; CAMPOS, D. V. B. de; SALDANHA, M. F. C. pH do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017a, p. 199-202.

TEIXEIRA, P. C.; CAMPOS, D. V. B. de; SALDANHA, M. F. C. Fósforo disponível. *In*: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017b, p.205-207.

TEIXEIRA, P. C.; CAMPOS, D. V. B. de; BIANCHI, S. R.; PÉREZ, D. V.; SALDANHA, M. F. C.; Cátions trocáveis. *In*: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017b, p.209-229.

TORRES, F. S. de M; PFALTZGRAFF, P. A. dos S. (org). **Geodiversidade do estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2014. p. 282DVD ROM. Disponível em: rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16771. Acesso em: 15 jun. 2019.

VIANA, J. H.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K.; Densidade das partículas. *In*: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017, p.76-81.