



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

FABRÍCIA DE FÁTIMA ARAÚJO CHAVES

**ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO
SOB DIFERENTES ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS**

CAMPINA GRANDE-PB

2019

FABRÍCIA DE FÁTIMA ARAÚJO CHAVES

**ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO
SOB DIFERENTES ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. Como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/ Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Orientador: Prof. Dr. José Félix de Brito Neto

CAMPINA GRANDE-PB

2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

C512a Chaves, Fabrícia de Fátima Araújo.
Atributos físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo sob diferentes espécies de gramíneas [manuscrito] / Fabrícia de Fatima Araujo Chaves. - 2019.
44 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2019.
"Orientação : Prof. Dr. José Félix de Brito Neto , Coordenação do Curso de Ciências Agrárias - CCHA."
1. Plantas de cobertura . 2. Biomassa microbiana. 3. Respiração edáfica. I. Título

21. ed. CDD 631.4

FABRÍCIA DE FÁTIMA ARAÚJO CHAVES

ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO
SOB DIFERENTES ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. Como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/ Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

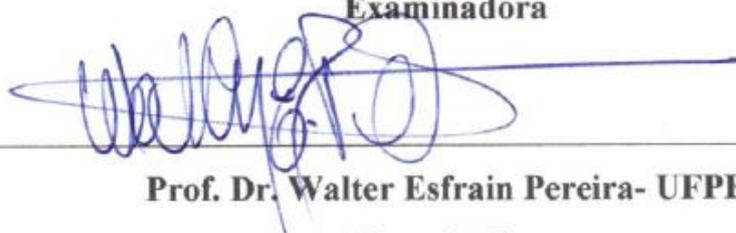
Aprovada em: 28/08/2019

BANCA EXAMINADORA:



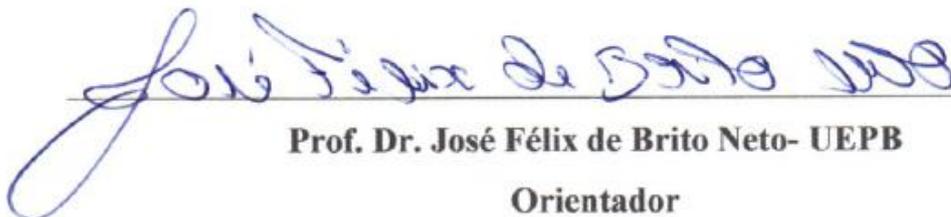
Prof.ª. Dr.ª. Nair Helena Castro Arriel – EMBRAPA ALGODÃO

Examinadora



Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira- UFPB

Examinador



Prof. Dr. José Félix de Brito Neto- UEPB

Orientador

RESUMO

CHAVES, FABRÍCIA DE FÁTIMA ARAÚJO, Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. Agosto de 2019. **Atributos físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo sob diferentes espécies de gramíneas.** Orientador: Prof. Dr. José Félix de Brito Neto.

A qualidade do solo é um fator que está diretamente relacionado com a sustentabilidade da produção agrícola e pode ser comprometida a partir do uso de práticas inadequadas de manejo. Para reversão desse quadro, tem sido proposta a utilização de plantas de coberturas através dos sistemas conservacionista de manejo. Neste trabalho, foi avaliado a respiração edáfica do solo e as alterações promovidas pelas plantas de cobertura na biomassa microbiana em sistemas de integração lavoura pecuária (SILP) utilizando indicadores de qualidade do solo pelo método da respirometria. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x6 e a análise multivariada de componentes principais (ACP) de acordo com a MANOVA. A determinação da respiração edáfica foi baseada na técnica da respirometria. A partir dos resultados constatou-se que a respiração edáfica do solo foi significativa nos nove períodos de avaliação demonstrando a importância das coberturas de gramíneas sobre esta respiração edáfica, oriunda da atividade biológica dos microorganismos, a qual está diretamente relacionada com a quantidade de carbono orgânico existente no solo. Concluiu-se que, a utilização de plantas de cobertura contribuiu para produção de matéria orgânica do solo e conseqüente maior atividade respiratória microbiana.

Palavras-chave: respirometria. plantas de cobertura. sistemas conservacionistas. biomassa microbiana.

ABSTRACT

CHAVES, FABRÍCIA DE FÁTIMA ARAÚJO, Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. August 2019. **Physical, chemical and biological attributes of soil quality under different grasses species.** Supervisor: Prof. Dr. José Félix de Brito Neto.

The soil quality is a factor that is directly related to the sustainability of agricultural production, but improper soil management practices can compromise it. As an alternative for reversing this situation, the use of cover crops through conservationist management systems has been proposed. In this work we evaluated soil edaphic respiration in livestock farming integration system (LFIS) and the changes promoted by cover crops in the microbial biomass present in it using indicators of soil quality by the respirometry method. The design was completely randomized in a 3x6 factorial scheme and the multivariate principal component analysis (PCA) according to MANOVA. The determination of edaphic respiration was based on the respirometry technique and with the results it was found that the basal respiration of the soil was significant in the nine evaluation periods demonstrating the importance of the grass coverings on this edaphic respiration. derived from the biological activity of microorganisms, which is directly related to the amount of organic carbon in the soil. It is concluded that the use of cover crops contributed to soil organic matter production and consequent higher microbial respiratory activity.

Keywords: respirometry, cover crops; conservation systems; microbial biomass.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos na área experimental da Embrapa Algodão/EMPAER, Lagoa Seca-PB 2018.....	19
Tabela 2. Característica química do solo utilizado no experimento, Laboratório de Solos da UFPB, Campus II, Areia-PB - 2018.....	21
Tabela 3. Resumo das análises de componentes principais, variância multivariada – MANOVA e univariada - ANOVA. Lagoa Seca, PB, 2019.....	25

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Croqui da área experimental conduzida pela Embrapa Algodão na EMEPA-Lagoa Seca-PB.....18
- Figura 2. Coleta das amostras de solo da área experimental com auxílio do trado holandês área experimental da Embrapa Algodão/EMPAER, Lagoa Seca-PB 2018.....20
- Figura 3. Obtenção da massa seca do solo dos tratamentos estudados, Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, UEPB, Lagoa Seca-PB - 2018.....21
- Figura 4. Unidade respirométrica (A). Titulação no laboratório de solo (B), Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, UEPB, Lagoa Seca-PB - 2018.....22
- Figura 5. Projeção bidimensional dos escores e autovetores no primeiro e segundo (A e B), terceiro e quarto (C e D) componentes principais (CPs).....29
- Figura 6. Dendrograma de agrupamento hierárquico das combinações de variedades de cobertura do solo e profundidades de amostragem no primeiro (A) e segundo (B) componentes principais (CPs).....32

LISTA DE APÊNDICE

Apêndice A. Médias dos valores de respiração edáfica em função da interação entre as variedades de cobertura e profundidades de amostragem do solo determinados em intervalos de 4 dias. Lagoa Seca, PB, 2019.....	44
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS

BMS – Biomassa microbiana do solo

C - Carbono

C/N - Carbono/nitrogênio

CBM - carbono da biomassa microbiana

CO₂ - Gás carbônico

EMEPA - Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba

ILP - Integração lavoura-pecuária

MO - Matéria orgânica

N - Nitrogênio

N₂O - Óxido nitroso

NBM - Nitrogênio da massa microbiana

O₂ - Oxigênio

PD - Plantio direto

SILPs - Sistemas de integração lavoura e pecuária

SPC - Sistema de plantio convencional

SPD - Sistema de plantio direto

TFSA - Terra fina seca ao ar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Sistema de Integração lavoura e pecuária (SILP).....	12
2.2 Sistema de plantio direto (SPD)	13
2.3 Plantas de cobertura do solo	14
2.4 Biomassa microbiana do solo (BMS).....	15
2.5 Respiração edáfica e indicadores físicos, químicos e biológicos de qualidade do solo	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Local do experimento	18
3.1.1 Delineamento experimental.....	20
3.1.2 Composição do experimento	20
4 Análise estatística	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6 CONCLUSÕES	33
7 REFERÊNCIAS	34
APÊNDICE	43

1 INTRODUÇÃO

A degradação das pastagens e o uso do solo por meio da agricultura tradicional podem comprometer a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade agrícola. Nesse sentido, a utilização de tecnologias como o sistema de plantio direto (SPD), que consiste no preparo mínimo do solo e na prática de rotação de culturas, e os sistemas de integração lavoura e pecuária (SILPs), que favorecem a recuperação de pastagens degradadas, melhoram, para a agricultura anual, a produção de palha para o SPD e as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, têm sido proposta como alternativas para a reversão desse quadro (MACEDO, 2009).

De acordo com Moreira (2006), o solo é considerado um dos importantes componentes no processo de manutenção da vida, promove a dinâmica e a armazenagem da água, mantém as cadeias alimentares, as funções reguladoras do ambiente, a ciclagem de nutrientes, e a diversidade de macro e microrganismos que representam o principal elemento de regulação da vida. O intenso uso do solo, sem um manejo racional, compromete a sua qualidade, diminuindo-a, e dando início a processos que podem alterar sua densidade, fertilidade e atividade biológica (MUÑOZ et al., 2007).

Considerando que o solo é a base para produção sustentável, a qualidade do solo é um fator que está diretamente relacionado com a sustentabilidade das funções de um agroecossistema (CAMARGO, 2016; SILVA, 2008) e, como alternativa ecológica e econômica de manejo adequado do solo, a utilização de plantas de cobertura possibilita o equilíbrio das propriedades que giram em torno do sistema solo-planta (SOUZA et al., 2008), contribuem para a formação de matéria orgânica (MO) para proteção do solo (HARASIM et al., 2016) além de atrair organismos edáficos por oferecerem abrigo e alimento (RABARY, 2008; PARRA et al., 2009).

Segundo Sparling (1997), existe uma estreita relação entre o teor de MO e a atividade microbiana do solo e, para avaliar a sua qualidade, além dos atributos físicos e químicos, também é necessário utilizar indicadores biológicos como a biomassa e a respiração basal. Diante disso, a avaliação da atividade microbiana tem sido proposta como indicador sensível do aumento ou diminuição do teor e da qualidade da MO do solo e no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso agrícola (OLIVEIRA et al., 2014).

A atividade microbiana do solo é influenciada, principalmente, pelos fatores temperatura, pH, luminosidade, salinidade, fontes de energia e substratos orgânicos, nutrientes e presença ou ausência de elementos tóxicos (SILVA et al., 2013). Levando em consideração

que a maior parte da atividade biológica ocorre na camada superficial do solo, a remoção da cobertura vegetal, devido ao manejo inadequado, interfere nos fatores que influenciam a vida microbiana presente nele, provocando alterações na sua população e atividade (ARAÚJO et al., 2016).

A respiração do solo é um forte indicador da intensidade de decomposição (SINGH & GUPTA, 1977), pois ela reflete na atividade biológica de mineralização dos resíduos orgânicos (SOUTO et al., 2013) e pode ser utilizada para documentar mudanças na dinâmica do carbono do solo em áreas que sofreram desmatamento para implantação de culturas (FEIGL et al., 1995). Cada vez mais, pesquisadores e produtores têm buscado, por meio da avaliação das propriedades do solo, conhecer os efeitos das práticas de manejo sobre a qualidade do meio edáfico (SILVA, 2008).

Assim como os indicadores físicos da qualidade do solo têm sido investigados nas diferentes condições de uso e manejo, sendo fundamentais para entender os processos de degradação (RAMOS et al., 2014), o método da respirometria é uma técnica de fácil execução, com custos relativamente baixos que possibilita estimar a atividade microbiana total solo (DAMASCENO e SOUTO, 2014). Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a respiração edáfica do solo em SILP e as alterações promovidas pelas plantas de cobertura na biomassa microbiana presente nele utilizando indicadores de qualidade do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema de Integração lavoura e pecuária (SILP)

Os sistemas produtivos de ILP, segundo Alvarenga (2007), incentivam, de forma planejada, a diversificação, rotação, consorciação e sucessão das atividades agrícolas e pecuárias realizados numa mesma área. A ILP sob o sistema de plantio direto (SPD) formam sistemas de produção sustentáveis com benefícios ambientais, econômicos, sociais e financeiros (Kluthcouski & Yokoyama, 2003), e contribuem para melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (VILELA et. al 2003).

De acordo com Alvarenga (2007), a utilização dos sistemas de ILP proporciona uma exploração do solo durante todo o ano ou na maior parte dele, favorecendo o aumento na oferta de grãos, fibras, madeiras (postes ou toras), lã, carne e leite a um custo mais baixo devido ao sinergismo que se cria entre a lavoura e a pastagem. Os sistemas conhecidos como “Barreirão” e “Santa Fé” são exemplos de ILP das zonas tropicais compostos por um conjunto de tecnologias de aproveitamento de nutrientes entre os componentes da integração e/ou da necessidade de produção de palha para o SPD (CARVALHO, 2006).

A técnica utilizada nos sistemas de ILP baseia-se no uso da cultura agrícola juntamente com o capim no momento da reforma da pastagem. Como exemplo dessa prática podemos citar o consórcio milho (*Zea Mays*) com capim (*Brachiaria brizantha* cv) sendo indicado tanto para a pecuária como para a agricultura. Na pecuária o consórcio tem a função de produzir mais forragem por área e na agricultura o capim tem a função de servir de palhada para o plantio direto (MELOTTO, 2015).

Os sistemas de ILP podem oferecer vários benefícios, quando estabelecido e manejado de maneira adequada, levando em consideração os aspectos econômicos, ambientais e sociais das propriedades rurais, assim como os das regiões em que estão inseridas. Entre eles destacam-se: a conservação do solo e aumento da taxa de infiltração da água, recuperação do potencial produtivo de áreas já desmatas; utilização de máquinas, equipamentos, insumos e mão-de-obra; redução na incidência de pragas, doenças e plantas daninhas nas lavouras em função da rotação de culturas; conforto térmico para animais, melhoria do valor nutricional da forragem; maior eficiência de utilização de corretivos e fertilizantes aplicados por meio de consorciação e/ou sucessão de culturas/pastagem em uma mesma área, além de gerar emprego e renda. (REIS et al., 2007; ALVARENGA et al., 2007).

A redução nos custos de produção e a agregação de valores, tendo como enfoque o produtor rural, são premissas básicas para a sustentabilidade agropecuária no Brasil. Essas premissas podem ser obtidas por meio da utilização de áreas agrícolas, durante todo o ano, viabilizadas pela ILP sob SPD, associando o cultivo de culturas graníferas e a produção pecuária. Sendo assim, além do emprego do SPD, a ILP é uma das melhores alternativas para a recuperação das áreas degradadas por lavoura ou pecuária e a preservação ambiental (KLUTHCOUSKI & YOKOYAMA, 2003, ALLEN et al., 2007).

2.2 Sistema de plantio direto (SPD)

O SPD é uma prática conservacionista considerada como um conjunto de técnicas que atuam na preservação e no aumento da produtividade e da capacidade produtiva do solo (SALTON et al., 1998). Esse sistema de produção consiste em três princípios básicos de manejo do solo: o não revolvimento, na cobertura permanente e na rotação de culturas, anuais e forrageiras, possibilitando a promoção da integração lavoura pecuária. (PAIVA, 2011; PECHE FILHO, 2005).

De acordo com Motter et al. (2015), o processo de plantio direto (PD) é uma prática de semeadura em solo não revolvido, na qual, as sementes são cultivadas diretamente no solo sobre resíduos de cobertura vegetal, palhada ou restos de vegetação. O diferencial desse sistema está na interferência mínima de máquinas para revolver o solo, ocorrendo apenas na linha de semeadura, onde são depositadas as sementes.

A escolha adequada da espécie vegetal a ser utilizada depende de alguns fatores, entre eles, o potencial de produção de fitomassa e da capacidade de absorção e acúmulos de nutrientes, necessários para atender os fatores climáticos característicos de cada região, e o tipo de solo que devem ser levados em consideração. Esses fatores das plantas de cobertura são de grande importância para o sistema solo-planta, pois proporcionam efeitos benéficos relacionados à ciclagem e disponibilidade de nutrientes, que ocorrem durante o processo de decomposição da palhada, além de melhorar a eficiência dos fertilizantes (VERONESE et al., 2012; ALBUQUERQUE et al., 2013; COSTA et al., 2015).

Segundo Heckler e Salton, (2002), a palhada que cobre o solo proporciona proteção contra processos erosivos, evitando a ação do impacto da gota da chuva e protegendo o solo contra a compactação e desagregação, auxilia no controle de plantas espontâneas, pois os resíduos vegetais tornam-se uma barreira para o desenvolvimento das espécies infestantes, e

no acúmulo de MO, melhorando assim a qualidade e fertilidade do solo, além de estabilizar a produção e recuperação ou manutenção da qualidade do solo.

A rotação de culturas em SPD é um dos principais fatores que determina o aumento na quantidade superficial de MO, e os recursos disponíveis nas plantas de cobertura como: água, nutrientes e luz, são utilizados de forma mais eficiente, promovendo assim, a diversidade e estabilidade desse sistema, além de propiciar o aumento da fertilidade do solo pela reciclagem de nutrientes e pela melhoria nas propriedades do solo, entre outras (SILVA, 2009; CORREIA et. al, 2008).

2.3 Plantas de cobertura do solo

Os resíduos mantidos na superfície do solo para formação da camada de cobertura normalmente são implantadas no inverno, durante a entressafra, e aumentam a eficiência do SPD que, em geral, utiliza espécies de leguminosas e gramíneas como plantas de cobertura (ALVARENGA et al., 2001; ANDRIOLI & PRADO, 2012). Essas plantas podem ser agrupadas em duas classes, a partir da avaliação da durabilidade da palhada pela relação carbono/nitrogênio (C/N): uma de decomposição rápida (leguminosas) e a outra de decomposição lenta (gramíneas), sendo bem aceito um valor de relação C/N próximo a 25, como referência de separação entre elas (COSTA et al., 2015).

Conforme Torres et al., (2014), as gramíneas possuem alta produção de matéria seca e são capazes de produzir resíduos com maior permanência no solo pela alta relação C/N, porém, na maioria dos casos, contribuem para a imobilização microbiana de nitrogênio (N) e menor disponibilidade dos nutrientes no solo. Dessa forma, como alternativa para formação de palhada com relação C/N intermediária é o uso do consórcio de gramíneas e leguminosas, que resulta numa cobertura vegetal com taxa de decomposição mais lenta, mantém o solo coberto por mais tempo e aumenta o teor de N no solo (FARINELLI e LEMOS, 2012).

Como exemplo de espécies de gramíneas utilizadas como plantas de cobertura, podemos citar: as forrageiras do gênero *Brachiaria*, destacam-se pela sua alta relação C/N (PEREIRA, 1990), excelente adaptação a solos de baixa fertilidade, fácil estabelecimento e considerável produção de biomassa durante o ano, proporcionando excelente cobertura vegetal do solo (TIMOSSI et al., 2007); as cv. Massai, (híbrido espontâneo entre as espécies *Panicum maximum* e *Panicum infestum*), e cv. Mombaça (*Panicum maximum*) que são importantes forrageiras com elevado potencial produtivo (CARVALHO et al., 2014; MÜLLER et al., 2002); o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*) que tem maior resistência ao

déficit hídrico, rápida germinação e estabelecimento, (DANTAS NETO et al., 2000; ARAÚJO FILHO et al., 1998) e o capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* Hack. Daudy) que apresenta tolerância ao déficit hídrico e adaptação ao clima quente (OLIVEIRA, 2005).

2.4 Biomassa microbiana do solo (BMS)

O aumento da quantidade e qualidade de matéria orgânica no solo está associado ao sistema de manejo adotado e, a utilização do sistema ILP associado ao SPD proporciona uma qualidade melhor da pastagem além da proteção e disponibilização de nutrientes provenientes da palhada deixada sobre o solo (MACEDO, 2001). Alterações na comunidade e atividade microbiana afetam diretamente os processos biológicos e bioquímicos do solo, a produtividade agrícola e, conseqüentemente, a sustentabilidade dos agroecossistemas (MERCANTE et al., 2008).

A biomassa microbiana do solo (BMS) constitui a parte viva da matéria orgânica, responsável por diversos processos bioquímicos e biológicos no solo, e sensivelmente alterada pelas condições impostas pelo meio (Balota et al., 1998). Ela representa o compartimento central do ciclo do C, do N, do P e do S no solo e pode funcionar como meio de reserva desses nutrientes ou como catalisador na decomposição da matéria orgânica. A quantidade e a qualidade dos resíduos orgânicos depositados sobre o solo, por meio das excreções dos animais, na forma de esterco e de urina ou pelas plantas de coberturas, podem alterar consideravelmente a atividade e a BMS (SOUZA et al., 2010).

A biomassa microbiana é a principal responsável pela decomposição de resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo, influenciando tanto na transformação da matéria orgânica, quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais, como nitrogênio, fósforo, enxofre (JENKINSON e LADD, 1981; MORAES et al., 2007; TODA et al., 2010). Por está associada às funções ecológicas do ambiente, a biomassa microbiana também tem sido usada como indicador de alterações e qualidade do solo, sendo capazes de refletir rapidamente as alterações de uso do solo, pois qualquer estresse no sistema afeta a densidade, a diversidade e a atividade microbiana (MATOSO et al., 2012; MERCANTE et al., 2008; JACKSON et al., 2003).

Alves et al. (2011) ao avaliar a influência de diferentes sistemas de manejo, da população microbiana e de sua atividade, relataram que os sistemas de manejo influenciam a atividade metabólica dos microrganismos presentes no solo, exceto para o sistema de ILP, no qual a atividade microbiana foi constante em diferentes avaliações. Dessa forma, o

conhecimento do impacto de sistemas conservacionistas de manejo sobre a biomassa microbiana do solo e sua atividade pode contribuir para o desenvolvimento de práticas sustentáveis de produção e uso do solo.

2.5 Respiração edáfica e indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo

A qualidade do solo, em geral, dependerá da extensão em que o solo funcionará para o benefício humano, de acordo com a composição natural do solo e sendo também fortemente relacionada com a ação antrópica (ARAÚJO et al., 2012). Dessa forma, as análises referentes ao estado atual da qualidade do solo, podem indicar, de forma precisa, a suscetibilidade da área aos processos de degradação, tornando-se uma importante ferramenta para conservação dos recursos naturais (BUDAK et al. 2018).

O processo de respiração edáfica consiste na absorção de oxigênio (O_2) ou liberação de gás carbônico (CO_2) para a atmosfera através de processos metabólicos de organismos vivos do solo (PARKIN et al., 1996). De acordo com Silva et al. (2010), a respiração microbiana apresenta-se em algumas etapas do processo de decomposição da MO, participando na dinâmica do carbono (C) presente no solo e na reciclagem dos nutrientes.

A respiração basal ou atividade microbiana destaca-se entre os indicadores biológicos que refletem a ação dos microrganismos do solo e, é definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO_2 é produzido, além de possuir uma estreita relação com o estado fisiológico da célula microbiana, sendo influenciada por diversos fatores do solo, como: umidade, temperatura, estrutura, disponibilidade de nutrientes, textura, razão C/N e resíduos orgânicos (SILVA et al., 2010). Os microorganismos do solo, por responderem às variações ambientais as quais são expostas, são considerados bons bioindicadores de qualidade do solo (AVIDANO et al., 2005; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Quanto aos indicadores físicos, para as atividades agrícolas, assumem importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão, além de também exercerem a função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo. A avaliação da qualidade física do solo deve ser realizada através de indicadores que reflitam o seu comportamento, e está diretamente relacionada com a sustentabilidade agrícola (PEREIRA et al., 2011).

Os indicadores físicos mais utilizados são: textura, densidade, porosidade, estabilidade de agregados, resistência à penetração, infiltração, capacidade de retenção de água e condutividade hidráulica (ARAÚJO et al., 2012). A utilização de práticas de manejo que alteram a estrutura do solo afetam a densidade e, por consequência, o arranjo e o volume dos poros que provocam a diminuição da disponibilidade de água para as plantas e aumentam a resistência do solo à penetração (SOLDA, 2012). O manejo inadequado das pastagens e do solo afeta o arranjo das partículas, reduzindo a porosidade e a infiltração de água (REICHERT et al. 2009).

As características químicas do solo apresentam-se como um indicador funcional global, pois sintetiza o processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica, em ambientes naturais, fundamentalmente, sobre o solo (GREEN; TROWBRIDGE; KLINKA, 1993; SWIFT; HEAL; ANDESON, 1979). As alterações nos indicadores químicos são resultados do desenvolvimento dos sistemas e ocorrem em função do tempo e da condução de cada sistema de uso e manejo do solo. (MILINDRO et al., 2016).

Dentre os indicadores químicos de qualidade do solo estão a MO, que se destaca por ser altamente sensível a alteração frente às práticas de manejo (REINERT et al., 2006), o pH, , capacidade de troca de cátions, teor de fósforo, potássio e magnésio, saturação de alumínio e por bases entre outros (SCHOENHOLTZ; VAN MIEGROET; BURGER, 2000). Em geral, os atributos químicos do solo, com exceção do pH, apresentam maior variação que as propriedades físicas (SILVA; CHAVES, 2001).

Segundo Araújo et al. (2009), a medição da liberação de CO₂ do solo é fundamental no ciclo do carbono nos ecossistemas, pois é possível compreender a velocidade de decomposição da MO e a qualidade do solo ao quantificar o nível de atividade dos microrganismos presentes nele. Comparando os sistemas de PD e convencional em cultivo de feijão, Gennaro et al. (2014) observaram que a respiração basal foi mais intensa em sistema convencional. Já Lourente et al. (2011), não encontraram diferenças entre esses dois sistemas, apesar dos valores médios serem mais elevados no sistema convencional.

Dessa forma, a manutenção da qualidade do solo representa o fator primordial de uma agricultura sustentável (SALTON et al., 2015) e, a avaliação da sua qualidade possibilita a determinação de medidas adequadas de manejo visando à conservação do solo e melhorias nos rendimentos das culturas (MARZAIOLI et al., 2010).

Tabela 1. Tratamentos na área experimental da Embrapa Algodão/EMPAER, Lagoa Seca-PB 2018

Plantio a lanço manual junto ao milho	
1	<i>Brachiaria brizantha</i> cv Piatã
2	<i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandú
3	<i>Urochloa mosambicensis</i> - capim urocloa
4	<i>Cenchrus ciliaries</i> (L) - capim buffel
5	<i>Brachiaria decumbens</i>
6	<i>Panicum maximum</i> cv Massai
Plantio na entrelinha junto com o milho	
7	<i>Brachiaria decumbens</i>
8	<i>Brachiaria Brizantha</i> cv Paiaguás
9	<i>Brachiaria Brizantha</i> cv Piatã
10	Milho + Braquiárias + Estilosantes
11	Milho + Piatã + Estilosantes
12	Mombaça a lanço manual
Plantio na entrelinha 14 dias após o milho	
13	<i>Brachiaria Brizantha</i> cv Piatã
14	<i>Brachiaria Brizantha</i> cv Paiaguás
15	<i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandú
Plantio 14 dias após o sorgo granífero	
16	<i>Panicum maximum</i> cv Massai
17	<i>Urochloa mosambicensis</i>
18	<i>Brachiaria Brizantha</i> cv Piatã
19	<i>Brachiaria Brizantha</i> cv Paiaguás
20	<i>Panicum maximum</i> cv Mombaça
Plantio 14 dias após o milho a lanço	
21	<i>Panicum maximum</i> cv Massai
22	<i>Urochloa mosambicensis</i> - capim urocloa
23	<i>Brachiaria Brizantha</i> cv Piatã
24	<i>Brachiaria Brizantha</i> cv Paiaguás
25	<i>Panicum maximum</i> cv Mombaça

3.1.1 Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x6, sendo três profundidades de coleta de solo (0-10, 10-20, 20-30 cm), cinco coberturas vegetais e uma sem cobertura (testemunha) com três repetições, totalizando 54 unidades experimentais. As espécies que compunham os tratamentos foram as da faixa plantio 14 dias após o milho a lanço, *Brachiaria brizantha* (cultivares Piatã e Marandu, Paiaguás); *Urochloa mosambicensis* (urocloa); *Cenchrus cillares* (capim-Buffel) e *Panicum maximum* (cultivar Massai e cv. Mombaça (Tabela 1).

3.1.2 Composição do experimento

A primeira etapa do experimento constou da coleta de material de solo (amostras) de cinco coberturas vegetais *Brachiaria brizantha* (cultivares Piatã e Marandu, Paiaguás); *Urochloa mosambicensis* (urocloa); *Cenchrus cillares* (capim-Buffel) e *Panicum maximum* (cultivar Massai e cv. Mombaça) da área experimental com sistema ILP e de uma área adjacente (testemunha) sem cobertura vegetal na faixa implantada 14 dias após o milho a lanço. Com o auxílio de uma enxada, fez-se a retirada da vegetação e de resíduos da superfície do solo classificado como Neossolo (SANTOS et al., 2018), logo após, utilizando-se um trado holandês, as amostras foram coletadas em três profundidades (0-10, 10-20, 20-30 cm), para cada profundidade foram retiradas cinco amostras simples para formar uma composta, totalizando 90 amostras que foram acondicionadas em sacolas plásticas (Figura 2).

Figura 2. Coleta das amostras de solo da área experimental com auxílio do trado holandês área experimental da Embrapa Algodão/EMPAER, Lagoa Seca-PB 2018



Posteriormente foi encaminhada uma amostra composta de cada tratamento para o Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II em Areia-PB, para análise física e química do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Característica química do solo utilizado no experimento, Laboratório de Solos da UFPB, Campus II, Areia-PB - 2018.

Atributos									
pH	P	K	Na ⁺	H+Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	M.O	
H ₂ O	mg dm ⁻³	-----cmolc/dm ³ -----							g dm ⁻³
6,2	45,5	65,1	0,0	3,22	0,05	0,40	0,40	7,05	

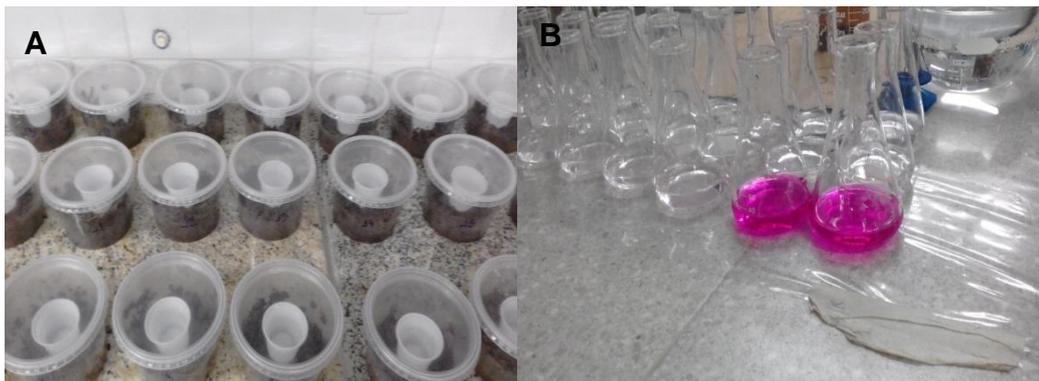
Após a coleta das amostras de solo, as mesmas foram postas para secar na casa de vegetação por um período de 72 horas, a fim de se obter a terra fina seca ao ar (TFSA). Em seguida, as amostras foram peneiradas em uma malha de 200 mesh e no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, UEPB, Lagoa Seca-PB foram colocadas em latas de alumínio e levadas à estufa a 65° C por 72 horas, para obter um solo seco com peso constante (Figura 3). Na sequência, foram determinadas as capacidades de retenção de água pelos solos através do método do funil com solo previamente seco, distribuído em Erlenmeyer de 250 mL adicionando água até umidade de 60% da capacidade de campo.

Figura 3. Obtenção da massa seca do solo dos tratamentos estudados, Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, UEPB, Lagoa Seca-PB – 2018



Para determinação da respiração edáfica os tratamentos foram acondicionados em potes plásticos transparentes de 0,5 L, nos quais foram colocados 0,2 kg de solo e a solução de álcali foi alocada em pote com volume de 40 ml na quantidade de 25 ml de NaOH (0,2 N) (Figura 4A). A técnica foi determinada por (Öhlinger 1993), consistindo na mensuração através da diferença entre o volume de ácido necessário para neutralizar o hidróxido de sódio contidos nos copos.

Figura 4. Unidade respirométrica (A). Titulação no laboratório de solo (B), Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, UEPB, Lagoa Seca-PB – 2018



Em intervalos de quatro dias (total de nove leituras), os recipientes foram abertos e titulada com HCl (2N) com indicador ácido/base fenolftaleína, sendo avaliados no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo para a titulação com o ácido HCl (0,2 N) em pipetador automático de 25 ml, utilizando como indicador 3 gotas de Fenolftaleína (Figura 4B). Depois da leitura a mesma quantidade de 25 ml da solução HCl (2N), foi colocada novamente, logo após os recipientes foram fechados. A diferença entre o volume do ácido necessário para neutralizar o hidróxido de sódio no tratamento é proporcional à quantidade de gás carbônico produzido pelos microrganismos do solo.

Para o cálculo da respiração edáfica, foi utilizada a formula proposta por Severino et al. (2004).

$$\text{CO}_2 = (\text{V1} - \text{V0}) \times 44 \div 0,2$$

Onde:

CO_2 = quantidade de carbono mineralizado (mg de CO_2 / kg de solo);

V1 = volume de HCl necessário para neutralizar o NaOH no tratamento (ml);

V0 = volume de HCl necessário para neutralizar a testemunha (ml);

44 = equivalente a peso molar do CO_2 ;

0,2 = é a massa do solo (kg).

4 Análise estatística

Os dados foram submetidos às seguintes análises: análise multivariada de componentes principais (ACP) para verificar o grau de distinção dos manejos e possíveis associações destes com as variáveis utilizando o programa estatístico Statistica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo resumo das análises de componentes principais é possível observar que as 17 variáveis originais foram reduzidas em três componentes principais (CP₁, CP₂ e CP₃) com informações relevantes caracterizadas por autovalores maior que unidade ($\lambda > 1,0$). Os três primeiros CPs explicam 91,22% da variância total acumulada, em que CP₁ responde por 68,92% da variância total, CP₂ explica 16,22% e o CP₃ contribui com 6,07% desta variância. Já o CP₄ caracterizou um processo univariado relacionado apenas para o teor de fósforo no solo (Tabela 3). Os três primeiros componentes principais e os teores de fósforo foram influenciados significativamente pelas variedades de cobertura do solo, profundidade de amostragem e interação entre estes dois fatores.

De acordo com a MANOVA (análise multivariada de variação), a respiração basal do solo foi influenciada por nove períodos de avaliação, demonstrando a importância das coberturas (capins) sobre a respiração edáfica, oriunda da atividade biológica dos microorganismos, a qual está diretamente relacionada com a quantidade de carbono orgânico existente no solo (Tabela 3). Normalmente o carbono da biomassa microbiana (CBM) representa de 1 a 4% do carbono orgânico total e, de modo geral, valores de qMIC inferiores a 1% podem ser atribuídos a algum fator limitante à atividade da biomassa microbiana (SILVA et al., 2012). Segundo Mazurana (2013) maior liberação de CO₂ geralmente ocorre em função da maior atividade biológica que se encontra relacionada diretamente com a quantidade de carbono lábil existente no solo.

Para as variáveis relacionadas aos atributos físicos e químicos do solo (pH, teor de fósforo no solo, teor de alumínio, teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, saturação por bases, densidade de partículas e porosidade total) a MANOVA demonstrou que os três primeiros componentes principais e os teores de fósforo foram influenciados significativamente pelas variedades de cobertura do solo e profundidade de amostragem. É possível observar ainda que, houve interação entre os fatores coberturas do solo e profundidade de amostragem sobre a respiração edáfica, bem como sobre os componentes físicos e químicos do solo, comportamento esse que pode ser atribuído ao potencial dos capins utilizados como cobertura do solo em sistemas de plantio direto, principalmente pela capacidade do sistema radicular desses capins em atingir maiores profundidades do solo, melhorando seu potencial físico, químico e biológico (Tabela 3).

De acordo com Gatiboni et al., (2007) o SPD é caracterizado pela formação de um ambiente orgânico que favorece a preservação da umidade e da fertilidade do solo, e que

facilita a difusão do fósforo (P) na solução do solo e sua absorção pelas plantas. Além disso, o uso de plantas de cobertura do solo pode promover a liberação de ácidos orgânicos solúveis em água, capazes de complexar o alumínio trocável, mobilizar o cálcio e o magnésio (Zambrosi et al., 2008) e reter o potássio, evitando sua perda por lixiviação (ROLEM et al., 2003, BOER et al., 2007).

Tabela 3. Resumo das análises de componentes principais, variância multivariada – MANOVA e univariada - ANOVA. Lagoa Seca, PB, 2019

Indicadores	Componentes Principais			
	CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄ **
	Coeficientes de correlação de Pearson (r)			
R ₁ – Respiração microbiana aos 4 dias	0,98*	-0,09	0,03	0,07
R ₂ – Respiração microbiana aos 8 dias	0,97*	-0,23	-0,04	0,07
R ₃ – Respiração microbiana aos 12 dias	0,96*	-0,17	-0,05	0,02
R ₄ – Respiração microbiana aos 16 dias	0,96*	-0,18	-0,10	0,03
R ₅ – Respiração microbiana aos 20 dias	0,97*	-0,17	0,05	0,03
R ₆ – Respiração microbiana aos 24 dias	0,90*	-0,26	0,33	0,04
R ₇ – Respiração microbiana aos 28 dias	0,94*	-0,17	0,28	0,03
R ₈ – Respiração microbiana aos 32 dias	0,97*	-0,20	0,13	-0,01
R ₉ – Respiração microbiana aos 36 dias	0,98*	-0,18	-0,02	-0,04
pH – Potencial hidrogeniônico	0,67*	-0,08	-0,66*	0,18
P – Teor de fósforo no solo	0,00	0,64*	0,07	0,75*
Al – Teor de alumínio	-0,93*	0,20	0,16	0,06
MO – Teor de matéria orgânica	0,58*	0,80*	-0,11	-0,02
CTC – Capacidade de troca catiônica	0,64	0,64*	-0,02	-0,34
V% – Saturação por bases	0,91*	0,28	-0,09	0,09
DP – Densidade de partículas	-0,55*	-0,52*	-0,54*	0,01
PT – Porosidade total	0,52	0,77*	-0,19	-0,29
λ – Autovalores	11,72	2,76	1,03	0,83
σ^2 (%) Total da variância explicada	68,92	16,22	6,07	4,86
σ^2 (%) Total da variância acumulada	68,92	85,14	91,22	96,07
Fontes de variação	Teste de Wilks (<i>p</i> valor)			Teste F (<i>p</i> valor)
Var – Variedades de cobertura do solo	< 0,01	< 0,01	0,01	<0,01
Pro – Profundidade de amostragem	< 0,01	< 0,01	0,01	<0,01
Var x Pro – Interação entre os fatores	< 0,01	< 0,01	0,01	<0,01

*: coeficientes de correlação superiores a 0,5 considerados nos componentes principais e,
 **: variável única no componente principal submetida a análise de variância pelo teste F.

Pela projeção bidimensional dos escores dos CPs (Figura 5A) e dos coeficientes de correlação de Pearson entre os CPs e as variáveis originais (Figura 5B), é possível verificar que, de forma geral, houve separação dos fatores variedades de capim e profundidade de coleta do solo em dois componentes, sendo o componente principal 1 (CP1) com 68,92% (capins) da variância e o componente principal 2 (CP2) com 16,22% (profundidade da

amostragem). As variedades de capim e profundidade de amostragem do solo se distribuíram pelos quatro quadrantes da figura de análise de componentes principais das variedades de capim e profundidade da amostragem (Figura 5A). Os sistemas de cobertura com maior diversificação de capins e profundidades de amostragem do solo agruparam-se no segundo e quarto quadrante ($p>0,1$). Estes, estabeleceram 5 associações com os índices e grupos das variedades de cobertura (capim) e profundidade de amostragem, os demais separaram-se pelos primeiro e terceiro quadrantes ($p>0,1$) (Figura 5A).

Atributos como a biomassa microbiana do solo fornecem informações que servirão de subsídios para avaliação da qualidade do solo, medindo o nível de desequilíbrio ao qual um determinado ambiente está sujeito, sendo úteis para determinar a sustentabilidade das práticas agrícolas (ALVAREZ et al., 1995). Nesse sentido, A respiração basal do solo mede a atividade microbiológica do solo onde os microrganismos degradam os compostos orgânicos a CO_2 , sendo assim um excelente indicador da atividade qualidade do solo (SILVA et al., 2013).

Dentre as associações formadas entre as coberturas e profundidade de amostragem no segundo e quarto quadrante, pode-se observar no CP_1 , as variedades de capim BRS Paiaguás e BRS Piatã utilizadas como cobertura do solo, promoveram maior atividade respiratória microbiana (R_1 a R_9), na profundidade de 0-10 cm (Figura 5A e B). As médias originais da respiração edáfica do solo estão apresentadas no apêndice A, ratificando os resultados da análise de componentes principais para a respiração edáfica. Entretanto, os valores médios de respiração edáfica foram reduzidos em função da profundidade de amostragem independente da cobertura do solo.

Essa maior atividade respiratória microbiana do solo está diretamente relacionada ao manejo do solo, através do sistema Integração Lavoura Pecuária (ILP) tendo os capins BRS Paiaguás, BRS Piatã e cv. Massai como cobertura do solo, os quais promovem o incremento de palhada na superfície do solo, a qual após o processo de decomposição resulta no aumento do teor de matéria orgânica do solo. ALVES et al. (2011) estudaram a influência dos diversos sistemas na atividade microbiana e não observaram diferenças estatísticas em relação à respiração basal do solo nos tipos de manejo do solo, integração lavoura-agropecuária, vegetação nativa e vegetação nativa em recuperação.

Em solos com presença de palhada, as perdas por evaporação são menores em comparação com solos sem cobertura vegetal, promovendo um ambiente mais adequado ao estabelecimento da cultura (PERES et al., 2010). Em pesquisa realizada por Fontana et al. (2011), ao estudarem os compartimentos da matéria orgânica em solo com diferentes

coberturas, verificam menores teores de carbono orgânico total (COT) em maiores profundidades, além de maiores teores de COT em mata nativa, quando comparados a solos cultivados. Esses resultados podem estar associados à maior reserva e ao aporte de matéria orgânica nos solos da mata, além da menor ação antrópica.

As médias originais das variáveis físico-químicas do solo estão apresentadas no apêndice B ratificando os resultados da análise de componentes principais. Na projeção do CP₃, verificou-se que solos cobertos com os capins BRS Paiaguás e BRS Urochloa apresentaram maior potencial hidrogeniônico (pH) quando comparados aos solos cobertos com o BRS Piatã e o BRS Massai respectivamente. De forma geral, sistemas de plantio que visam o menor revolvimento do solo, com maior teor de matéria orgânica pode resultar em maior potencial hidrogeniônico no final do processo de mineralização, devido à produção e liberação de ácidos orgânicos.

Sousa et al. (2007) afirmam que, em condições de acúmulo de matéria orgânica do solo em estágio final de mineralização, a oxidação libera elétrons para a solução do solo, o que propicia o aumento de pH, mesmo em profundidade. Entretanto, áreas sob sistemas de plantio direto com vários anos de estabilização, apresentam em menores valores de pH, possivelmente pela complexação do Al⁺³ tóxico pela matéria orgânica do solo. De acordo com Canelas et al., (2003), sistema plantio convencional apresenta maior acidez em relação ao sistema plantio direto, o que pode estar relacionado aos argumentos de Canellas et al., (2003).

No segundo componente principal (CP₂), verificou-se que a cobertura com capim BRS Mombassa proporcionou maior teor de fósforo (P) no solo, de modo que estes teores diminuíram com o aumento da profundidade do solo. O maior teor de fósforo (P) na camada mais superficial do solo se deve pela decomposição de resíduos de raízes, tanto das plantas de cobertura, como também das plantas cultivadas como, sorgo e outras acrescidas ao sistema, que a princípio se utilizam o fósforo do fertilizante aplicado nas camadas superficiais, para o seu desenvolvimento.

As plantas de cobertura, geralmente capins como o BRS Mombaça, possuem um sistema radicular agressivo, capaz de se aprofundar no perfil do solo absorvendo nutrientes e produzindo biomassa, fazendo com que ocorra o processo de ciclagem do fósforo, transportando-o para as camadas mais superficiais, sem o qual não seria possível dada a sua baixa mobilidade no solo. Rodrigues et al., (2016) estudando os teores de fósforo em sistema de manejo plantio direto e convencional a longo período, observaram resultados semelhantes com os observados nesta pesquisa, em que os teores de fósforo foram superiores no sistema SPD em comparação ao sistema de plantio convencional (SPC). O mesmo foi observado por

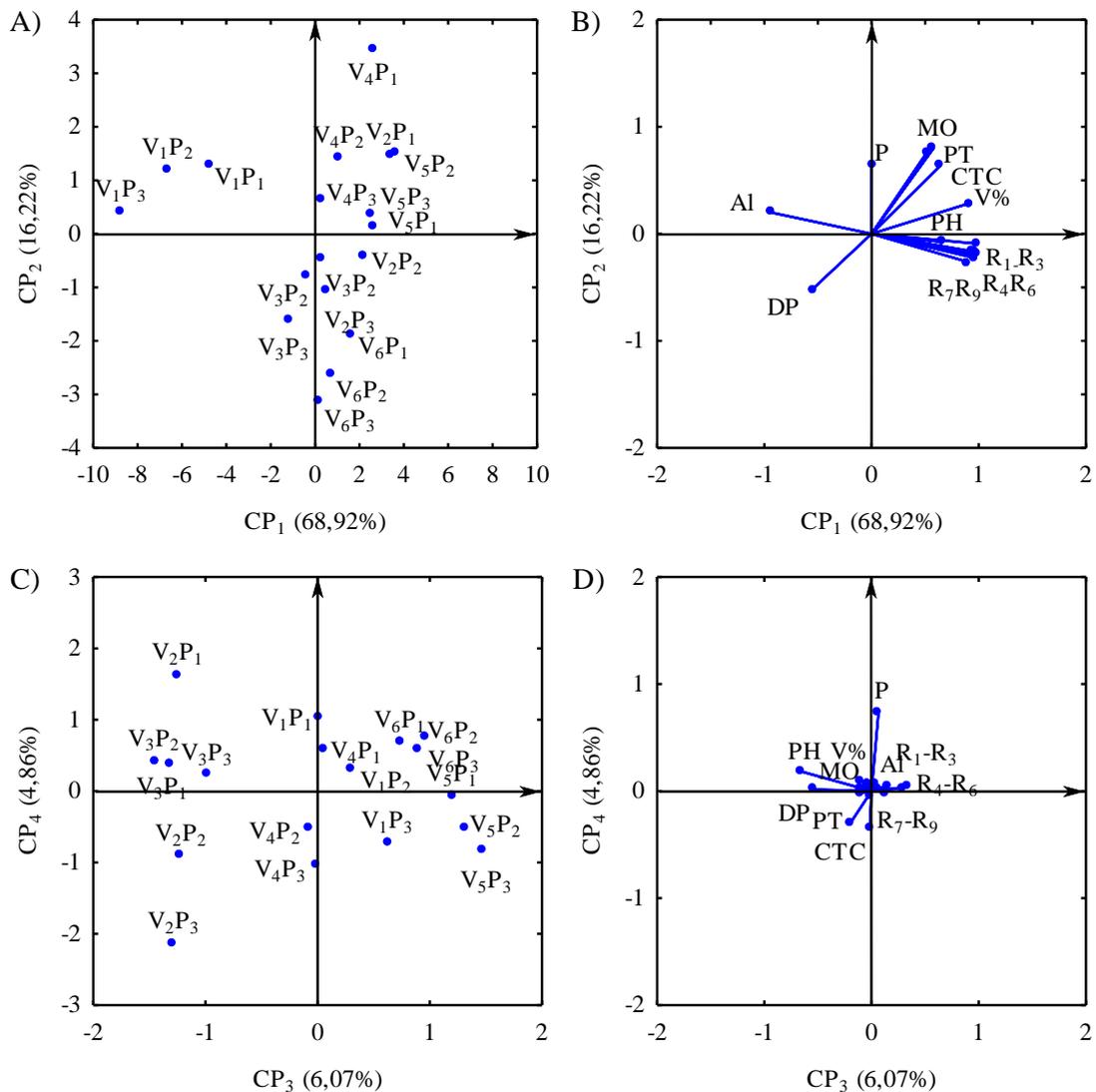
Santos et al., (2017), que verificaram em seus estudos maiores teores de P no sistema plantio direto e atribuíram ao fato de que neste tipo de cultivo há pouco revolvimento do solo em comparação aos demais sistemas.

Comportamento semelhante foi observado para a saturação de bases e capacidade de troca de cátions, em que o uso dos capins BRS Paiaguás e BRS Piatã como cobertura aumentou de forma significativa a saturação de bases e capacidade de troca de cátions (CTC) do solo (Figura 5 A e B). Essa elevação da saturação de bases e da CTC em sistema ILP com esses capins como cobertura, está atrelada ao potencial desses capins como produtores de palhada, resultando conseqüentemente no incremento da matéria orgânica. No mundo todo, pesquisas têm demonstrado que o plantio direto em comparação ao sistema de preparo convencional conduzido sob monocultivos, ao longo de cinco anos, apresentam valores superiores de potencial por saturação de bases, isto devido aos maiores teores de matéria orgânica, magnésio, cálcio, potássio e capacidade de troca de cátions (BIBLIO et al., 2010).

De acordo com Ciotta et al. (2003), apesar de baixo, o acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo, com argila de atividade baixa em sistema SPD, resulta em aumento nos valores de CTC efetiva e potencial, com melhores resultados até 8 cm de profundidade. Quanto menor a CTC da fração mineral do solo, maior é a contribuição relativa da matéria orgânica do solo em sua CTC total. SILVA et al. (1994) verificaram que decréscimos no teor de matéria orgânica do solo sob cultivos tradicionais resultaram também em decréscimos na CTC do solo.

O uso da cobertura vegetal com os capins BRS Paiaguás e BRS Piatã diminuiu o teor de alumínio (Al^{+3}) no solo, quando comparado ao solo sem cobertura vegetal (testemunha), verificando-se aumento desse teor conforme se aumentou a profundidade. Essa redução no teor de Al^{+3} no solo através do uso desses capins como cobertura, se deve à alta afinidade dos óxidos de Al^{+3} com a matéria orgânica. De acordo com (Cornejo; Hermosín, 1996), a matéria orgânica apresenta elevada concentração de grupos funcionais, dentre os quais se destacam os grupos carboxílicos que apresentam capacidade de estabelecer interações via reações de coordenação com os grupos $-OH$ de Al^{+3} presentes na superfície dos óxidos.

Figura 5. Projeção bidimensional dos escores e autovetores no primeiro e segundo (A e B), terceiro e quarto (C e D) componentes principais (CPs).



A ação da MO em reduzir o Al^{+3} por complexação já foi demonstrado por Ernani e Gianello (1983), em um experimento com aplicação de esterco bovino, cama de frango e cama de galinha, como alternativa de adubação de culturas em Litólico distrófico. Quanto maior a quantidade de resíduo orgânico no solo, maior será a biomassa do solo pela decomposição dos resíduos vegetais ou pelo aumento da quantidade de raízes, resultando numa exudação de ácidos orgânicos (SOUZA et al., 2010) tais como: ácido láctico, acético, cítrico, maleico, oxálico, tartárico e succínico. Esses ácidos podem participar de reações de complexação do íon alumínio, reduzindo sua toxidez às plantas, além de tamponar o pH do solo (HARGROVE & THOMAS, 1981, SPOSITO, 1989).

Já para o teor de matéria orgânica do solo (MO), observando o segundo componente principal (CP₂), verificou-se que, com o uso do capim BRS Mombaça (V4) como cobertura do solo, sendo o maior aporte de matéria orgânica verificado na camada mais superficial do solo, de 0-10 cm de profundidade. Entretanto, na medida em que a profundidade de amostragem foi aumentada, verificou-se uma significativa diminuição do teor de matéria do solo, (Figura 5A e B).

Sistemas de manejo conservacionista do solo como plantio direto (SPD) e integração lavoura pecuária promovem mínima perturbação do solo, melhorando assim a fertilidade, estrutura, e principalmente a atividade biológica, resultando assim em incrementos de produtividade. Tais melhorias são resultantes do aporte de matéria orgânica (MO) fornecida pela adição de palhada pelo capim Mombaça. As poáceas forrageiras *Panicum maximum* e *Brachiaria* spp. grandes fontes de palhada para o SPD, devido à produção de grande quantidade de matéria seca (Kluthcouski et al., 2003)

De acordo com a projeção bidimensional dos escores dos CPs (Figura 5C) e dos autovetores entre os CPs e as variáveis originais (Figura 5D), é possível verificar que, para os atributos físicos do solo, houve efeito significativo das coberturas (capins) para a densidade de partículas e a porosidade total do solo. Dentre as associações formadas (CP3) entre as coberturas e profundidade de amostragem do solo para os componentes físicos do solo (densidade de partículas e a porosidade total), foram observadas no terceiro quadrante (Figura 5D).

Observou-se que as variedades de capim BRS Paiaguás, BRS Mombaça e BRS Piatã, foram as que promoveram menor densidade de partículas do solo, quando comparadas com a testemunha (sem cobertura vegetal), verificando-se aumento dessa densidade em profundidade superior a 10 cm. Entretanto, dentre os capins utilizados como cobertura do solo no sistema ILP, o capim BRS Urochloa foi a que apresentou menor eficiência em diminuir a densidade de partículas (DP) e porosidade total do solo (PT).

A melhoria sobre esses atributos físicos do solo em sistemas de plantio direto (SPD) decorre do fato de não haver perturbação do solo através do revolvimento das camadas, e ao grande aporte de palhada e matéria orgânica, através dos diferentes sistemas radiculares das espécies presentes na área, pois a colonização do perfil do solo pelas raízes é uma maneira de incrementar a matéria orgânica em profundidade, melhorando a estrutura do solo, o que promove a atividade de microrganismos, contribuindo para o aumento da taxa de infiltração, redução da erosão, além de estabelecer efeitos positivos sobre a estabilidade de agregados, porosidade e densidade do solo (SPERA et al., 2010).

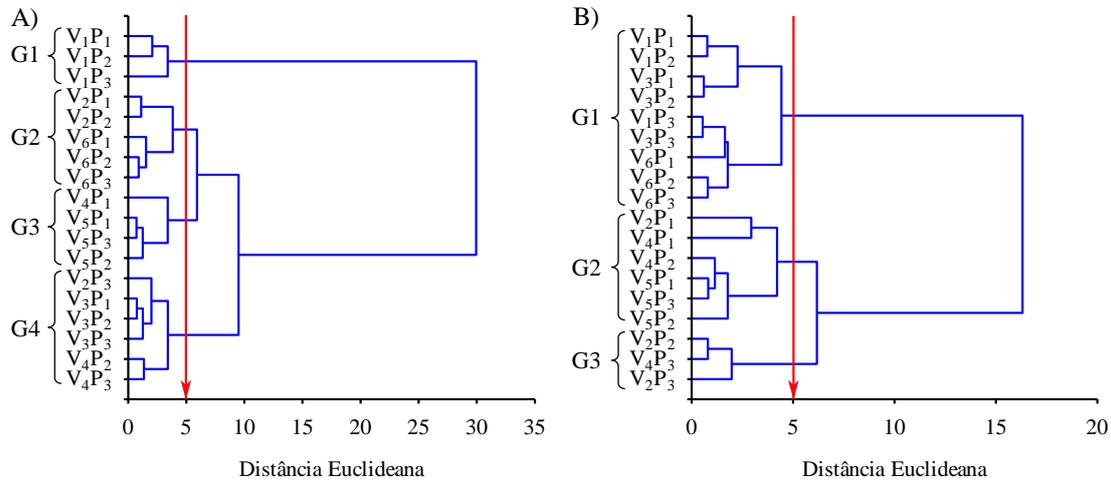
Por ter baixa densidade, a matéria orgânica, pode ter contribuído para a redução nos valores de densidade de partículas (DS) e porosidade total (PT) em amostras sob sistema ILP, quando comparada a área sem cobertura vegetal. Macedo (2009) relatou que os sistemas integrados aumentam a estabilidade dos agregados e a taxa de infiltração de água e diminuem a densidade do solo e a compactação.

A matéria orgânica forma macro agregados no solo, melhorando sua estrutura física através da agregação de partículas do solo, resultando numa maior porosidade total, otimizando assim o armazenamento de água, bem como a circulação do ar, promovendo maior aeração do solo. Macedo (2009) observou aumento da estabilidade de agregados e da taxa de infiltração de água, bem como a diminuição da densidade e compactação do solo em sistemas ILP.

As melhores condições físicas na área sob mata são proporcionadas pela presença de folhas e ramos sobre o solo que, ao se decomporem, aumentam os teores de matéria orgânica, proporcionando uma redução na densidade, devido a melhor estruturação do solo com sua adição (Bonini & Alves, 2011; Dalchiavon et al., 2013; Zaninet et al., 2016), e pelos diferentes sistemas radiculares das espécies presentes na área, pois a colonização do perfil do solo pelas raízes é uma maneira de incrementar a matéria orgânica em profundidade, melhorando a estrutura e criando bioporos (Calonego & Rosolem, 2010).

O dendrograma obtido pela análise de agrupamentos hierárquicos é apresentado na Figura 6. Houve uma formação de grupos (Figura 6A). O grupo G1, é formado pelo solo com cobertura independente da profundidade do solo. O G4, o melhor agrupamento com três coberturas, V2 - BRS Paiaguás, V3 - Urocloa, e V4 - BRS Mombaça, nas diferentes profundidades do solo (Figura 6A).

Figura 6. Dendrograma de agrupamento hierárquico das combinações de variedades de cobertura do solo e profundidades de amostragem no primeiro (A) e segundo (B) componentes principais (CPs)



Por meio da observação do dendrograma do segundo componente principal, nota-se que o classificador separou os perfis em três grupos, G1, G2 e G3, dentre os quais o G3 apresentou o menor agrupamento de variedades de capim (V2 e V4), sendo o maior agrupamento de capins observado no G1 com diferentes profundidades do solo (Figura 6B).

6. CONCLUSÕES

A maior atividade respiratória microbiana foi obtida com o uso das variedades de capim BRS Paiaguás e BRS Piatã na profundidade de 0-10 cm.

O capim BRS Mombaça promoveu maior aporte de matéria orgânica e teor de fósforo no solo.

Dentre os capins utilizados como cobertura, A BRS Massai apresentou menor desempenho seguido pelo Urochloa apresentando menor aporte de matéria orgânica, fósforo, e menor CTC do solo.

7. REFERÊNCIAS

- AKIYAMA H., TSURUTA H. **Nitrous oxide, nitric oxide, and nitrogen dioxide fluxes from soils after manure and urea application.** *Journal of Environmental Quality*. vol 32, p. 423–431, 2003.
- ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; FILHO, G. M.; REIS, L. S. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 721-726, 2013.
- ALLEN, V. G. et al. **Integrated irrigated crop-livestock systems in dry climates.** *Agronomy Journal*, Madison, v. 99, n. 2, p. 346-360, 2007.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ALVAREZ, R.; DOAZ, R.A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O.J. & BLOTTA, L. **Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage system.** *Soil Till. Res.*, 33:17-28, 1995.
- ALVES, T. D. S.; CAMPOS, L. L.; NETO, N. E.; MATSUOKA, M., & LOUREIRO, M. F. **Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.
- ANDRIOLI, I.; PRADO, R. M. **Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistema de plantio direto e convencional.** *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 3, p. 963-978, 2012.
- ARAGÃO, D.V.; CARVALHO, C.J.R.; KATO, O.R.; ARAÚJO, C.M.; SANTOS, M.T.P. & MOURÃO JUNIOR, M. **Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense.** *Acta Amazônica*, vol. 42, n. 1, p. 11-18. 2012.
- ARAÚJO, E.A. KER, J.C. NEVES, J.C.L. LANI, J.L. **Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação.** *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR*, v.5, n.1, p.187-206, 2012.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C. **Criação de ovinos a pasto no semi-árido Nordestino In: Congresso Nordestino de Produção Animal.** Anais... Fortaleza: SNPA, p. 143-149. 1998.
- ARAÚJO, K. D. et al. **Liberação de dióxido de carbono (CO₂) em área de Caatinga no Semi-árido da Paraíba.** *Geoambiente On-line*, Jataí, v. 1, n. 12, p. 42-53, jan/jun. 2009.

AVIDANO, L.; GAMARELO, E.; COSSA, P. G.; CARRARO, E. Characterization of soil health in a Italian polluted site by using microorganisms as bioindicators. **Applied Soil Ecology**, v. 30, n. 1 p. 21-33, 2005.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S. & HUNGRIA, M. **Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas**. R. Bras. Ci. Solo, 22:641-649, 1998.

BILIBIO, W. D.; CORREIA, G. F.; BORGES, E. N. **Atributos físicos e químicos de um latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo**. Revista de Ciência Agrotecnológica. Lavras, 34: 817-822. 2010.

BINI, D., SANTOS, C. A., BERNAL, L.P. T., ANDRADE, G., NOGUEIRA, M. A. Identifying indicators of C and N cycling in a clayey Ultisol under different tillage and uses in winter. **Applied Soil Ecology**, v. 76, p. 95-101, 2014.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. **Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de Cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.1269-1276, 2007.

BONINI, C.S.B.; ALVES, M.C. **Estabilidade de agregados de um Latossolo vermelho degradado em recuperação com adubos verdes, calcário e gesso**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, n.4, p.1263-1270, 2011. Disponível em: < <http://doi.org/10.1590/S0100-06832011000400019>>.

CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. **Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till**. European Journal of Agronomy, v.33, n.3, p.242-249, 2010. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.06.002>>.

CAMARGO, F. F. **Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos na área de preservação ambiental Serra da Mantiqueira, MG**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras (UFLA), 241 p. 2016.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. A. **Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa-MG, v. 27, n. 5, p. 935-944, 2003. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000500018>.

CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, P. C. R.; MELO, L. B. C.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; NETO, A. N. S. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária tropical**, v. 38, p. 276-283, 2008.

CARVALHO, P. C. F., MORAES, A., ANGHINONI, I., LANG, C. R., SILVA, J. L. S. SULC, R. M., TRACY, B. Manejo da Integração Lavoura-Pecuária para a região de clima subtropical. In: Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha. Uberaba - MG. **Integrando Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente**. FEBRAPD, 2006. p.177 – 184. 2006.

- CARVALHO, W.F.;MOURA, R.L.;SANTOS, M.S.;SILVA, S.F.;LEAL, T.M. **Morfogênese e estrutura de Capim-Massai em diferentes sistemas de cultivo sob pastejo**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.4, p.28-37, 2014.
- CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A. **Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto**. Ciência Rural, v.33, p.1161-1164, 2003.
- CORNEJO, J.; HERMOSÍN, M. C. **Interaction of Humic Substances and Soil Clays**. In: PICCOLO, A. (Ed.) Humic substances in terrestrial ecosystems. Amsterdam: Elsevier, 595-624 p. 1996.
- CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. **Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD)**. Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 20-31, Oct./Dec. 2008.
- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 818-829, 2015.
- DALCHIAVON, F.C.; DAL BEM, E.A.; SOUZA M.F.P.; RIBEIRO, R.; ALVES, M.C.; COLODRO, G. **Atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico degradado em resposta à aplicação de bio sólidos**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.8, n.2, p.205-210, 2013. Disponível em:< <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i2a2370>>.
- DAMASCENO, J.; SOUTO, J. S. **Indicadores biológicos do núcleo de desertificação do seridó ocidental da Paraíba**. Revista de Geografia (UFPE) V. 31, No. 1, 2014
- DANTAS NETO, J.; SILVA, F.A.S.; FURTADO, D.A.; MATOS, J.A. **Influência da precipitação e idade da planta na produção e composição química do capim-buffel**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.9, p.1867-1874, 2000.
- ERNANI, P.R.; GIANELLO, C. **Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e cama de aviário**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.7, p.191-165, 1983.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 63-70, jan./mar. 2012.
- FEIGL, B.J.; STEUDLER, P.A.; CERRI, C.C. Effects of pasture introduction on soil CO₂ emissions during the dry season in the state of Rondônia, Brazil. **Biogeochemistry**, v.31, p. 1-14, 1995.
- FONTANA, A.; SILVA, C. F. D.; PEREIRA, M. G.; BRITO, R. J. D.; BENITES, V. D. M. **Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica**. Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 33, n. 3, p. 545-550, 2011.

- GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. dos S.; FLORES, J.P.C. **Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.691-699, 2007.
- GENNARO, L. A. D., SOUZA, Z. M. D., WEILL, M. D. A. M., SOUZA, G. S. D., & ALVES, M. C. Soil physical and microbiological attributes cultivated with the common bean under two management systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p.641-649, 2014.
- GRANT, B., SMITH, W. N., DESJARDINS, R., LEMKE, R. LI C. Estimated N₂O and CO₂ emissions as influenced by agricultural practices in Canada. **Climatic Change**. vol. 65, p. 315-332, 2004.
- GREEN, R. N.; TROWBRIDGE, R. L.; KLINKA, K. **Towards a taxonomic classification of húmus forms.** Forest Science, Bethesda, v. 29, p. 1-48, Feb. 1993.
- HARASIM, E.; GAWEDA, D.; WESOŁOWSKI, M.; KWIATKOWSKI, C.; GOCOL, M. Cover cropping influences physico-chemical soil properties under direct drilling soybean. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science**, v.66, p.85-94, 2016.
- HARGROVE, W.L.; THOMAS, G.W. **Effect of organic matter on exchangeable aluminum and plant growth in acid soils.** In Dowdy R. H. (ed). Chemistry in the soil environment. ASA Spec. Publ. 40. ASA and SSSA, Madison, Wi. 1981.
- HECKLER, J. C.; SALTON, J.C. Coleção Sistema Plantio Direto 7. Palha: Fundamento do Sistema de Plantio Direto. **Embrapa**, Dourados, MS, 2002.
- INSAM, H. Developments in soil microbiology since the mid 1960s. **Geoderma**, v. 100, n. 3, p. 389-402, 2001.
- JACKSON, L.E.; CALDERON, F.J.; STEENWERTH, K.L.; SCOW, K.M. & ROLSTON, D.E – **Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality.** Geoderma, vol. 114, n. 3-4, p. 305-317. . 2003).
- JENKINSON, D.S. & LADD, J.N. **Microbial biomass in soil: measurement and turnover.** In: Paul, E.A. & Ladd, J.N. (Eds.) – Soil Biology and Biochemistry. New York, Marcel Decker, p. 415-471. 1981.
- JENKINSON, D.S. & POWLSON, D.S. **The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass.** Soil Biol. Biochem., 8:209-213, 1976.
- KLUTHCOUSKI, J., COBUCCI, T., AIDAR, H., COSTA, J.L.S. & PORTELA, C. **Cultivo do Feijoeiro em Palhada de Braquiária. Santo Antônio de Goiás.** (Documentos 157). Embrapa Arroz e Feijão. 2003.
- KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária.** 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.131-141. 2003.
- LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S.; NUNES, C.M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob

- diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 20-28, 2011.
- LUO, G. J., KIESE, R., WOLF, B., BUTTERBACH-BAHL, K. Effects of soil temperature and moisture on methane uptake and nitrous oxide emissions across three different ecosystem types. **Biogeosciences**, v. 10, p. 3205–3219, 2013.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 133-146, 2009.
- MARZAIOLI, R.; ASCOLI, R. D.; DE PASCALE, R. A.; RUTIGLIANO, F. A. Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. **Applied Soil Ecology**, v. 44, p. 205– 212, 2010.
- MATOSO, S.C.G.; SILVA, A.N.; FIORELLI-PEREIRA, E.C.; COLETA, Q.P. & SOUZA, E.F.M. – **Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira**. Acta Amazonica, vol. 42, n. 2, p. 231-240. 2012.
- MAZURANA, M.; FINK, J. R.; CAMARGO, E., et al. **Estoque de carbono e atividade microbiana em sistema de plantio direto consolidado no Sul do Brasil**. Revista de Ciências Agrárias, Lisboa, v. 36, n. 3, p. 288-296, 2013.
- MELOTTO, A.M. **O uso da integração lavoura-pecuária**. Maracaju, 2015 Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/uso-da-integracao-lavoura-pecuaria-e-tema-de-giro-tecnologico-no-showtec>>.
- MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P. de; FERREIRA, A. C. de B.; SANTANA, J. G.; BARROS, R. G. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 7-12, jan./fev. 2009.
- MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em áreas cultivadas com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 34, p. 476-485, 2008.
- MILINDRO, I. F. et al. **Atributos químicos como indicadores de qualidade do solo sob manejo agroecológico**. Cadernos de Agroecologia, Belém, v. 10, n. 3, p. 1-5, out. 2016.
- MORAIS, L. F. D.; CAMPELO, E. F. C.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G. Biomassa microbiana em áreas em processo de restauração na reserva biológica de poço das antas, RJ. **Caatinga**, v. 20, p. 54-63, 2007.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.
- MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. de.; VALLE, D.; MELLO, I. **Plantio Direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. 1º edição. p.144. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015.

MÜLLER, M.DOS SANTOS; FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; OVEJERO, R.F.L. **PRODUTIVIDADE DO *Panicum maximum* cv. Mombaça IRRIGADO, SOB PASTEJO ROTACIONADO**. Scientia Agrícola, v.59, n.3, p.427-433, jul./set. 2002.

MUÑOZ, A.; LÓPEZ-PIÑEIRO, A.; RAMIREZ, M. Soil quality attributes of conservation management regimes in a semi-arid region of south western Spain. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam: 2007.

OLIVEIRA, M. C. de Capim-urocloa IN: KIILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. **Espécies Vegetais Exóticas com Potencialidades para o Semiárido Brasileiro**, p.207-225, 2005.

PAIVA, T. C. P. **Cultivo de milho em plantio direto e convencional com diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura**. 2011. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós- Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Acre, 2011.

PARKIN, T.B., DORAN, J.W., FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and Laboratory Tests of Soil Respiration. In: DORAN, J.W. et al. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.231-245.
Parque Itaipu, 2015.

PARRA, J.R.P.; PANIZZI, A.R.; HADDAD, M.L. Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimento por insetos. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa Soja, 2009. p.37-90.

PECHE FILHO, A. Mecanização do Sistema Plantio Direto. **Informações Técnicas - IAC**. O Agrônomo, Campinas - SP. 2005.

PEREIRA, F.A.R. **Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (*Glycine max* L. Merrill) no cerrado**. 1990. 83f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

PEREIRA, F.S. ANDRIOLI, I. PEREIRA, F.S. OLIVEIRA, P.S. CENTURION, J.F. FALQUETO, R.J. MARTINS, A.L.S. Qualidade física de um latossolo vermelho submetido a sistemas de manejo avaliado pelo índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35: 87-95, 2011.

PERES, J. G.; SOUZA, C.F.; LAVORENTI, N.A.; **Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana de açúcar na umidade e na perda de água no solo**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 875-886, 2010.

RABARY, B.; SALL, S.; LETOURMY, P.; HUSSON, O.; RALAMBOFETRA, E.; MOUSSA, N.; CHOTTE, J.-L. **Effects of living mulches or residue amendments on soil microbial properties in direct seeded cropping systems of Madagascar**. Applied Soil Ecology, v.39, p.236-243, 2008.

RAMOS, M. R. et al. **Soil, water and nutrient loss under conventional and organic vegetable production managed in small farms versus forest system.** Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics, Kassel, v. 115, n. 1, p. 131–40, 2014.

REINERT, D. J.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; SUZUKI, L.E.A.S. **Qualidade física dos solos.** In: Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 16, 2006. Anais... Aracaju: SBCS, 2006.

REIS, H.A. et al. Agrossilvicultura no Cerrado, região noroeste do estado de Minas Gerais. In: FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. de; MÜLLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. da C. (Ed.). **Sistemas Agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. cap.s, p.137-154. , 2007.

RODRIGUES, M.; PAVINATO, P. S.; WITHERS, P.J.A.; TELES, A. P.B.; HERRERA, W.F.B. Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna. **Science of the Total Environment.** Amsterdam, v. 542, n.15, p. 1050-1061, 2016.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. **Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.355-362, 2003.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. Sistema Plantio Direto. O produtor pergunta, a Embrapa responde. **Embrapa Agropecuária Oeste.** p. 254. Brasília, 1998.

SALTON, J. C.; PEZARICO, C. R.; TOMAZI, M.; COMAS, C. C.; RICHETTI, A.; MERCANTE, F. M.; CONCENÇO, G. **20 anos de experimentação em Integração Lavoura-Pecuária na Embrapa Agropecuária Oeste: relatório 1995-2015.** (Documentos, 130). Dourados/MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L.H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5ª Edição. EMBRAPA. 353p. 2018.

SANTOS, O. F.; SOUZA, H. M.; OLIVEIRA, M. P.; CALDAS M. B.; ROQUE C. G. Propriedades químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista de Agricultura Neotropical,** Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 36–42, jan./mar. 2017. Disponível em :< <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1185>>.

SCHOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. **A review of chemical and physical properties as indicators of 355 forest soil quality: challenges and opportunities.** Forest Ecology Management, Austrália, v. 138, n. 1/3, p. 335-356, Nov. 2000.

SILVA, C. F. da. et al. **Florestais e pastagem no médio vale do Paraíba do Sul (RJ).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, p.1680-1689, 2012.

- SILVA, L. G da. **Uso e monitoramento de indicadores microbiológicos para avaliação de qualidade do solo de cerrado sobre diferentes agroecossistemas.** xvii, 121 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)-Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- SILVA, M. A. G da; PORTO, S. M. A ; MANNIGEL, A. R. Manejo da adubação nitrogenada e influência no crescimento da aveia preta e na produtividade do milho em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Universidade Estadual de Maringá. [s.l.]. v. 31, n. 2, p.275-281, 2009.
- SILVA, P. C. M.; CHAVES, L. H. G. **Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em alissolos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 431-436, set./dez. 2001.
- SILVA, R. B. da; SANTOS, A. C. dos; BATISTA, R. B. **Respiração edáfica como indicativo da qualidade do solo em três agroecossistemas.** Enciclopédia Biosfera, Gôiania, v. 6, n. 11, p. 1-15, maio/ago. 2010.
- SILVA, R. B., CORREIA, T. A.; ARAÚJO, F. F. de, SILVA, P. C. G. da. **Atividade microbiana do solo em função do sistema de cultivo e integração lavoura-pecuária.** In: XVIII Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, 18. Presidente Prudente. Anais... Presidente Prudente: UNOESTE. p. 16-20. 2013.
- SINGH, J.S., GUPTA, S.R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. **Botanical Review**, v. 43, p. 449-528, 1977.
- SKIBA U.; SMITH K.A. The control of nitrous oxide emissions from agricultural and natural soils. **Chemosphere - Global Change Science**, v.2, p. 379-386, 2000.
- SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C. V. S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS, A. P. **Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavourapecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34, 79-88, 2010.
- SOUZA, K. B.; PEDROTTI, A.; RESENDE, S. C.; SANTOS, H. M. T.; MENEZES, M. M. G.; SANTOS, L. A. M. **Importância de Novas Espécies de Plantas de Cobertura de Solo para os Tabuleiros Costeiros.** Revista da Fapese, Aracaju, v.4, p.131-140, 2008.
- SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOOM, G.O. **Atributos físicos de Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto.** Revista Acta Scientiarum Agronomy, v. 32, n. 1, 2010.
- SPOSITO, G. **The chemistry of soils.** New York, Oxford University Press, 1989. 277p.1995.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDESON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems.** Berkley: University of California Press, 1979. 372 p.
- TIMOSSI, P.C.; DURIGAN, J.C.; LEITE, G.J. **Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto.** Bragantia, Campinas, v.66, n.4, p.617-622, 2007.

TODA, F. E.; VASQUES, T.; ARAÚJO, M. F. F. Biomassa microbiana e sua orrelação com a fertilidade de solos em diferentes sistemas de cultivo, **Colloquium Agrariae**, v. 6, p. 01-07, 2010.

TORRES, J. L. R.; CUNHA, M. A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Cultivo de feijão e milho em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, üossoró, v. 27, n. 4, p. 117-125, 2014.

USSIRI, D., LAL, R. **Soil Emission of Nitrous Oxide and its Mitigation**. Springer Dordrecht, Rotterdam, Netherlands. 378 p. 2013.

VERONESE, M.; FRANCISCO, E. A. B.; ZANCANARO, L.; ROSOLEM, C. A. Plantas de cobertura e ciclagem na implantação do sistema plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.8, p.1158-1165, ago. 2012.

VILELA, L.; MACEDO, M. C M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da Integração Lavoura Pecuária. In. KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H., **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 165. 2003.

ZANINET, R.A.; MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C. **Atributos fsicos, químicos e biológicos de Latossolo Amarelo na conversão de floresta primária para seringais na Amazônia**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.51, n.9, p.1061-1068, 2016. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900005>>.

APÊNDICE

Apêndice A. Médias dos valores de respiração edáfica em função da interação entre as variedades de cobertura e profundidades de amostragem do solo determinados em intervalos de 4 dias. Lagoa Seca, PB, 2019

Pro	Var	Respiração edáfica (mg de CO ₂ kg ⁻¹ de solo)								
		4 Dias	8 Dias	12 Dias	16 Dias	20 Dias	24 Dias	28 Dias	32 Dias	36 Dias
0-10 cm	V ₁	843,33	742,13	887,33	586,67	711,33	424,60	425,33	388,67	623,33
	V ₂	2002,00	1673,47	1760,00	1518,00	1613,33	1267,93	1408,00	1459,33	1906,67
	V ₃	1408,00	1394,80	1320,00	990,00	1144,00	974,60	1056,00	1188,00	1650,00
	V ₄	1738,00	1438,80	1327,33	1100,00	1386,00	1084,60	1224,67	1254,00	1664,67
	V ₅	1826,00	1607,47	1576,67	1232,00	1496,00	1568,60	1562,00	1532,67	1840,67
	V ₆	1774,67	1622,13	1554,67	1268,67	1532,67	1524,60	1474,00	1488,67	1796,67
10-20 cm	V ₁	418,00	272,80	586,67	337,33	418,00	292,60	352,00	264,00	374,00
	V ₂	1899,33	1548,80	1672,00	1386,00	1496,00	1165,27	1202,67	1305,33	1723,33
	V ₃	1408,00	1328,80	1276,00	946,00	1100,00	908,60	924,00	1056,00	1474,00
	V ₄	1650,00	1372,80	1261,33	1048,67	1290,67	974,60	1166,00	1173,33	1554,67
	V ₅	1892,00	1607,47	1628,00	1254,00	1525,33	1627,27	1628,00	1613,33	1921,33
	V ₆	1694,00	1556,13	1459,33	1202,67	1481,33	1451,27	1408,00	1386,00	1716,00
20-30 cm	V ₁	168,67	45,47	300,67	51,33	168,67	123,93	154,00	102,67	212,67
	V ₂	1349,33	1372,80	1496,00	1239,33	1349,33	996,60	1012,00	1210,00	1650,00
	V ₃	1364,00	1284,80	1144,00	924,00	1012,00	908,60	924,00	990,00	1430,00
	V ₄	1525,33	1299,47	1202,67	990,00	1239,33	952,60	1144,00	1122,00	1650,00
	V ₅	1848,00	1526,80	1591,33	1173,33	1466,67	1590,60	1598,67	1547,33	1870,00
	V ₆	1650,00	1519,47	1393,33	1166,00	1452,00	1377,93	1393,33	1364,00	1650,00

Pro: profundidade de amostragem do solo, Var: variedades de cobertura do solo, V₁: solo sem cobertura, V₂: Paiaguás, V₃: Urocloa, V₄: Mombassa, V₅: Piatã e V₆: Massai.