



CÉLIA RIBEIRO DO NASCIMENTO

**IMPACTO DA APLICAÇÃO DE BAGANA DE CARNAÚBA SOBRE A
MICROBIOTA DO SOLO E COMPONENTES DO RENDIMENTO DO MILHO**

TERESINA - PI

2020

CÉLIA RIBEIRO DO NASCIMENTO

**IMPACTO DA APLICAÇÃO DE BAGANA DE CARNAÚBA SOBRE A
MICROBIOTA DO SOLO E COMPONENTES DO RENDIMENTO DO MILHO**

TERESINA - PI

2020

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

N244i Nascimento, Célia Ribeiro do

Impacto da aplicação de bagana de carnaúba sobre a microbiota do solo e componentes do rendimento do milho. / Célia Ribeiro do Nascimento - 2020

47 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Teresina, 2020.
Orientador : Prof. Dr. "Luis Alfredo Pinheiro Leal Nunes"

1. Resíduo Industrial 2. *Copernicia prunifera* 3. Cobertura do solo
I.Sousa, Ricardo Silva de II.Título

CDD 628.746

CÉLIA RIBEIRO DO NASCIMENTO

CÉLIA RIBEIRO DO NASCIMENTO

**IMPACTO DA APLICAÇÃO DE BAGANA DE CARNAÚBA SOBRE A
MICROBIOTA DO SOLO E COMPONENTES DO RENDIMENTO DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

APROVADA em 26 de agosto de 2020

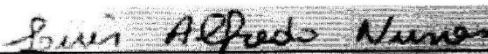
Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Ricardo Silva de Sousa – CCA/UFPI



Profa. Dra. Francineuma Ponciano de Arruda – UESPI



Prof. Dr. Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes – CCA/UFPI
(Orientador)

TERESINA-PI

2020

**IMPACTO DA APLICAÇÃO DE BAGANA DE CARNAÚBA SOBRE A
MICROBIOTA DO SOLO E COMPONENTES DO RENDIMENTO DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Agronomia - Agricultura Tropical para a obtenção do título de Mestre em Ciências com área de concentração em Agricultura Tropical.

TERESINA-PI

2020

Aos meus pais, Ananias e Aniceta, pelo exemplo de vida,
inspiração da minha formação moral e amor incondicional;

Aos meus filhos, Ananias Neto, Francélia e Gregor Mendel;

Aos meus netos, Anali, Maria Luisa e Apollo Wendel;

Ao meu bem, Ribamar, pelos momentos vívidos.

Com muito amor.

DEDICO

Ainda bem que existe outro dia

E outros sonhos.

E outros risos.

E outras pessoas

E outras coisas.

Clarice Lispector

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por conceder a cada novo dia: força, esperança e fé e, por sempre está presente em meu coração em todos os momentos de minha vida.

A Universidade Federal do Piauí (UFPI), pela qualidade no ensino do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Agricultura Tropical, em especial aos professores do programa pelos ensinamentos transmitidos e harmoniosa convivência.

Ao Colégio Técnico de Teresina (CTT), por me conceder permissão de acordo com o Plano Anual de Qualificação de docentes e disponibilizar toda sua estrutura para a realização deste trabalho.

Ao orientador Prof. Dr. Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes, pela amizade, dedicação e ensinamentos que foram de grande valia para a realização deste trabalho.

Ao coorientador Prof.Dr.Ricardo Silva de Sousa, que sempre manifestou disponibilidade para esclarecimento de dúvidas, orientação e auxílio na realização das análises estatísticas.

A todos os meus familiares, pelos ensinamentos e aos colegas de sala de aula, Emanuel, Kelson, Vicente, Silvestre, Bruno, Lorena, Jayslane, Ynayanna, Ana Cristina, Cleriston, Ana Raquel, e em especial a Raquel e Anderson pela troca de experiências, momentos de descontração e aprendizado.

Aos técnicos de laboratório Theuldes Santos e Seu Wilson do LASO, os bolsistas PIBIC da Agronomia, Lucas e Natan, aos monitores de Biologia do CTT Luís, Wesley, Flávio e Ravena e aos tratoristas do CTT, Kaique e Ernane.

Ao Silas da Coordenação do Curso de Mestrado em Agronomia, pela sua disponibilidade de atendimento ao alunado.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram para o êxito deste trabalho, me ajudando muito na condução do experimento.

Meus Sinceros Agradecimentos.

RESUMO

O resíduo produzido após a extração da cera da folha da carnaúba, conhecido como bagana de carnaúba é ocasionalmente utilizado como fonte de matéria orgânica por alguns produtores. O objetivo do trabalho foi verificar o impacto da aplicação superficial e incorporada da bagana de carnaúba sobre os atributos químicos e biológicos do solo, desenvolvimento e rendimento da cultura do milho. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: aplicação superficial de 8 t ha⁻¹ de bagana de carnaúba; incorporação de 8 t ha⁻¹ de bagana de carnaúba; aplicação superficial de 8 t ha⁻¹ de bagana de carnaúba + NPK, incorporação de 8 t ha⁻¹ de bagana de carnaúba + NPK, e mais dois controles somente com NPK (Controle 2) e sem adubação (Controle 1), onde não ocorreu qualquer adubação. Foram avaliados, peso fresco e seco da matéria da parte aérea, peso seco da matéria da raiz; peso da espiga verde com palha e sem palha e diâmetro de espiga verde com palha e sem palha. Nas parcelas, foram coletadas amostras do solo após colheita do milho para determinar o carbono da biomassa microbiana (CBM); respiração basal (RB); quociente microbiano (qMIC) e quociente metabólico (qCO₂) e os atributos químicos do solo: pH em H₂O, carbono orgânico total (COT), P, K, Ca, Mg, Al e H e V%. Durante a condução do experimento também foi determinado em amostras de solo, a umidade e mensurada a temperatura. Não houve diferenças entre os tratamentos para a fertilidade do solo, e a saturação por bases ficou abaixo de 50% em todos os sistemas de manejo. Os tratamentos que receberam a bagana de carnaúba mostraram maiores valores de COT. A aplicação da bagana de carnaúba em superfície associada a adubação NPK contribuiu para o aumento das médias das variáveis biométricas avaliadas nas plantas de milho como diâmetro e peso de espigas. O CBM e qMIC apresentaram maiores valores com o uso da bagana, independente da forma de aplicação. Os tratamentos com incorporação de 8 t ha⁻¹ de bagana de carnaúba e testemunha mostraram um maior quociente metabólico. A bagana da carnaúba contribuiu para a manutenção de uma maior umidade e menor temperatura no solo. Estudos de longo prazo são necessários para uma melhor avaliação dos efeitos deste resíduo sobre o solo e rendimento das culturas.

Palavras chave: Resíduo agroindustrial, *Copernicia prunifera*, cobertura do solo.

ABSTRACT

The residue produced after extraction of the wax from the carnauba leaf, known as carnauba bagana, is occasionally used as a source of organic material by some producers. The objective of the work was to verify the impact of the superficial and incorporated application of the carnauba bagana on the chemical and biological attributes of the soil, development and yield of the maize crop. The experimental design adopted was in randomized blocks with six treatments and four replications. The treatments were: superficial application of 8 t ha⁻¹ of carnauba bagana; incorporation of 8 t ha⁻¹ of carnauba bagana; superficial application of 8 t ha⁻¹ of carnauba bagana + NPK, incorporation of 8 t ha⁻¹ of carnauba bagana + NPK, and two more controls only with NPK (Control 2) and without fertilization (Control 1), where no fertilization occurred. It was evaluated, fresh and dry weight of shoot material, dry weight of root material; weight of green ear with straw and without straw and diameter of green ear with straw and without straw. In the plots, soil samples were collected after corn harvest to determine the carbon of the microbial biomass (CBM); basal breathing (RB); microbial quotient (qMIC) and metabolic quotient (qCO₂) and the chemical attributes of the soil: pH in H₂O, total organic carbon (TOC), P, K, Ca, Mg, Al and H and V%. During the conduct of the experiment, humidity was also determined in soil samples and the temperature was measured. There were no differences between treatments for soil fertility, and base saturation was below 50% in all management systems. The treatments that received the carnauba bagana showed higher TOC values. The application of the carnauba bagana on the surface associated with NPK fertilization contributed to the increase of the averages of the biometric variables evaluated in the maize plants as diameter and weight of ears. CBM and qMIC showed higher values with the use of bagana regardless of the application method. The treatments with incorporation of 8 t ha⁻¹ of carnauba and control bagana showed a higher metabolic quotient. The carnauba bagana contributed to the maintenance of a higher humidity and lower temperature in the soil. Long-term studies are needed to better assess the effects of this residue on the soil and crop yield.

Keywords: agro-industrial waste, *Copernicia prunifera*, soil cover

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de localização geográfica da área experimental. Teresina, PI. 2019.	23
Figura 2 Croqui das parcelas experimentais	24
Figura 3 Dados climáticos (precipitação, evapotranspiração de referência – ETo e temperatura média do ar) durante período experimental com aplicação de bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK.....	27
Figura 4 Medição da temperatura do solo com termômetro digital	26
Figura 5 Médias da matéria seca da parte aérea (acima do eixo X) e de raiz (abaixo do eixo X) de plantas de milho cultivado sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2)	29
Figura 6 Peso de espigas verdes (com palha e sem palha) (A) e Diâmetros de espigas verdes (com palha e sem palha) (B) de milho cultivado sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2).....	30
Figura 7 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) (A) e Quociente Microbiano (qMIC) (B) em solo cultivado sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2)	32
Figura 8 Respiração (A) e Quociente Respiratório (qco2) (B) em solo cultivado sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2)..	33
Figura 9 Análise de componentes principais (ACP) com base nas variáveis avaliadas do solo nos diferentes tratamentos em solo cultivado sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2)	34
Figura 10 - Média de temperatura (A) e umidade do solo (B) sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2)	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Análise química do solo das parcelas com os tratamentos avaliados.	28
---	-----------

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. Carnaúba	15
2.2. Cultura do Milho.....	16
2.3. Indicadores microbiológicos do solo.....	18
2.4. Cobertura morta	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4 . CONCLUSÃO	38

1 INTRODUÇÃO

A bagana de carnaúba vem apresentando grandes aplicabilidades de uso na agricultura, muito em função da sua capacidade na promoção de diversos benefícios ao solo, como melhoria das características físicas, agregação do solo e, principalmente, permitir a maior retenção de água do solo, como para o rendimento de diferenciadas culturas (LINHARES *et al.*, 2012), funcionando como o agente protetor contra a radiação, suportando até 3000 horas de insolação por ano (MARQUES, 2012; JETTER; KUNST, 2008).

Em virtude de a espécie ser uma palmeira nativa do semiárido do nordeste brasileiro e poder ser encontrada em todos os estados da região, (HENDERSON *et al.*, 1995; CARVALHO; GOMES, 2008), o uso para fins de cobertura do solo torna-se viável principalmente pela ampla disponibilidade do material, assim como por suas características de baixa decomposição (FERREIRA *et al.*, 2013), tornando-a uma alternativa como fonte de fertilizante orgânico em pequenas propriedades rurais (ALVES; COELHO, 2008).

Atualmente, mesmo que com baixa representatividade, a bagana de carnaúba vem sendo considerada eficiente na retenção de umidade do solo e substratos diversos, podendo atuar como fonte de nutrientes para a planta e na melhoria da estrutura física do solo. Além disso, algumas pesquisas mostraram o potencial desse resíduo como cobertura morta na produção de mudas diversas, incluindo espécies nativas da Caatinga (GONÇALVES *et al.*, 2020; SOUSA *et al.*, 2015a; SOUSA *et al.*, 2016; ARAÚJO *et al.*, 2017; LUSTOSA FILHO *et al.*, 2015), frutas e hortaliças (MORAIS *et al.*, 2017; ALBANO *et al.*, 2017; LINHARES *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2016) e cultivo de outras cultura como o milho (SILVA *et al.*, 2014b).

A utilização de coberturas vegetais, associada à adoção de um sistema que possibilite melhorar as condições do solo e o manejo adequado, pode ser de suma importância para o aumento da produtividade da cultura do milho (KAPPES.,2013), visto que a mesma é muito exigente no que se refere a necessidade de nutrientes. Pesquisa realizada por Araújo *et al.*, (2017), mostrou que a utilização da bagana de carnaúba como cobertura do solo favorece o desenvolvimento do milho e do feijão, com um potencial de redução do impacto das secas periódicas sobre os componentes da produção, favorecendo, também, o crescimento em altura e diâmetro das plantas de mandioca.

A bagana de carnaúba, além de servir como incremento da matéria orgânica (GONÇALVES et al., 2019), atua na manutenção da umidade do solo para as raízes, podendo assim prolongar o tempo de disponibilidade de água, sobretudo em períodos de estiagem prolongada (ALVES; COELHO, 2008). O que favorece a atividade microbiana no solo (ZIECH et al., 2014).

A microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo, podendo ter influência tanto na transformação da matéria orgânica, quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais (JENKINSON; LADD, 1981).

O objetivo deste trabalho foi verificar o impacto da aplicação superficial e incorporada da bagana de carnaúba associada ou não à adubação NPK sobre os atributos químicos e biológicos do solo, desenvolvimento e componentes do rendimento da cultura do milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Carnaúba

A carnaubeira *Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore é uma palmeira da família *Arecaceae*, nativa do Brasil e endêmica do semiárido do Nordeste. Distribuem-se principalmente nos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (ALVES; COELHO, 2008), onde se desenvolve de forma espontânea e espaçada em ambientes com solos argilosos e aluviões, onde há maior saturação hídrica e elevados teores de salinidade (HOLANDA et al., 2011). O termo “carnaúba” é derivado da língua indígena tupi e significa “árvore-que-arranha”. A espécie é conhecida ainda como “árvore da vida”, pois oferece uma infinidade de usos econômicos (GOMES et al., 2006; SOUSA et al., 2015).

As folhas da carnaúba têm cobertura cerífera que reflete a luz solar, funcionando como o agente protetor contra a radiação, suportando até 3000 horas de insolação por ano, visto que as características climáticas intrínsecas do semiárido nordestino fez com que a planta desenvolvesse mecanismo de adaptação contra temperaturas elevadas (QUEIROGA, 2017).

O principal produto extraído das folhas é o pó, com o qual é produzida a cera da carnaúba (através de processos industrializados), que está presente na composição de diversos produtos de várias indústrias (STOJAKOVIC et al., 2012; MELO et al., 2012; QUEIROGA et al., 2017). Após extração da cera, as folhas da carnaubeira geram um resíduo agroindustrial conhecido como bagana de carnaúba.

A bagana de carnaúba é um produto abundante em propriedades rurais produtoras de cera de carnaúba. É usada, ocasionalmente, como fertilizante orgânico por alguns produtores (ALVES; COELHO, 2008; GONÇALVES et al., 2019), uma vez que as fibras vegetais são ricas em lignina, pectina, sais orgânicos e substâncias nitrogenadas, (ROWWEL 2005). A cobertura cerífera desse resíduo contribui para diminuir a evapotranspiração e favorece uma maior umidade e baixa temperatura do solo (MARQUES, 2012; JETTER; KUNST, 2008), podendo assim prolongar o tempo de disponibilidade de água, sobretudo em períodos de estiagem prolongada (ALVES; COELHO, 2008).

Vários trabalhos realizados com substratos orgânicos de bagana de Carnaúba têm mostrado resultados promissores em relação a manutenção de uma maior

umidade no solo. Em estudo realizado com uso de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão, observou-se que o diâmetro de frutos apresentou maior valor com o uso da bagana de carnaúba, em função de uma maior umidade do solo e menor incidência de ervas daninhas proporcionando, desta maneira, melhor desenvolvimento dos frutos (QUEIROGA *et al.*, 2002). Souza *et al.* (2016), por sua vez, verificou que a bagana de carnaúba aumentou a capacidade de retenção de água do solo e inibiu o surgimento de plantas daninhas no crescimento inicial de duas variedades de alface.

Por outro lado, algumas pesquisas também mostram o efeito da carnaúba no desenvolvimento de plantas. Morais *et al.* (2017), ao avaliar o efeito da aplicação de 14 t ha⁻¹ de bagana de carnaúba triturada e incorporada no solo sob diferentes períodos em pré-plantio para o cultivo da cenoura, verificou maior comprimento de raiz e produtividade quando esta foi incorporada entre 15 e 30 dias antes da semeadura. Silva Junior *et al.* (2014), utilizando materiais alternativos na produção de mudas de tomateiro sob adubação foliar, verificou que os substratos contendo bagana de carnaúba apresentaram melhores resultados nas diversas etapas do desenvolvimento da cultura. Já Silva *et al.* (2014), utilizando a bagana de carnaúba como substrato, verificaram que o aumento da dose desse resíduo aumentou o número total, o número e a massa de espigas verdes empalhadas comercializáveis (BR 106), a massa total e de espigas verdes despalhadas comercializáveis e o rendimento de grãos do milho.

2.2 Culturas do Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta monocotiledônea que pertence à família das gramíneas (*Poaceae*) e devida seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, destaca-se por ser um dos cereais mais cultivados no mundo. Possui papel de destaque em função de ser uma cultura de base alimentar desde épocas remotas, principalmente da América Central e do Sul (VICENT, 2012). A estimativa do Brasil de produção de milho, considerando a primeira, segunda e terceira safras, na temporada 2019/20, deverá resultar numa produção de 101,9 milhões de toneladas sendo considerado o terceiro maior produtor mundial depois dos EUA e China (CONAB,2020).

Atualmente, o milho é um dos produtos agrícolas mais importantes mundialmente, visto que possui grande versatilidade na cadeia alimentar mundial. Boa parte da produção brasileira é consumida internamente, sendo que cerca de 70 a 80% é destinada à produção de rações para abastecer a cadeia produtiva de aves e suínos (DUARTE et al., 2009). Uma pequena parte é empregada na produção de óleo comestível e combustível, o restante é utilizado na fabricação de produtos básicos que compõem a alimentação de um grupo significativo de pessoas, principalmente na região nordeste do país (MIRANDA et al., 2014).

No entanto, o milho apresenta uma produtividade média baixa em relação ao potencial da cultura, relacionada com a variação edafoclimática brasileira e ao baixo nível tecnológico utilizado, principalmente no Nordeste brasileiro (CHIEZA et al., 2017). A produtividade de milho obtida no Brasil é de 5,7 t ha⁻¹. Na região Nordeste se situa em torno 2,6 t ha⁻¹ de grãos e no Piauí a produção média de milho está em torno de 1,8 toneladas (CONAB, 2020).

No semiárido nordestino, o milho é cultivado no período chuvoso, sendo amplamente praticado na agricultura familiar que tem como principal característica a produção com a menor dependência de insumos inorgânicos e raramente faz-se o manejo orgânico por meio de cobertura do solo (BORGES et al., 2014). Alguns autores encontraram resultados promissores para alguns sistemas de consórcios entre milho por manejo orgânico (HEINRICHS et al., 2005; GITTI et al., 2012). No entanto, ainda há uma necessidade de ampliar os estudos com cobertura do solo para a cultura do milho, e assim poder avançar em manejos que possibilitem uma produção voltada para a sustentabilidade.

O cultivo do milho para colheita de espigas verdes é uma atividade alternativa para pequenos produtores devido ao maior valor de comercialização, quando comparado ao milho para produção de grãos. Com alto valor nutritivo, o milho-verde pode ser utilizado para consumo *in natura*, de espigas cozidas ou processadas, apresentando consumo constante durante o ano (SANTOS et al., 2015).

Na avaliação das características agronômicas para produtividade de milho verde, os parâmetros mais utilizados são: altura de plantas, diâmetro de colmo e massa de espigas comerciais empalhadas e despalhadas; comprimento de espigas comerciais empalhadas e despalhadas; diâmetro de espigas comerciais empalhadas

e despalhadas, percentagem de espigas comerciais empalhadas e despalhadas (ROCHA, 2008).

Paiva Junior et al. (2001), consideram que deva ser dada maior ênfase ao peso de espigas comerciais despalhadas, pois essas são as espigas que realmente são comercializadas. Os autores entendem por espigas comerciais despalhadas aquelas maiores de 15 cm de comprimento e diâmetro superior a 3,5 cm. As espigas empalhadas deverão ter comprimento maior que 25 cm e diâmetro superior a 5 cm, bem granadas e sem evidências de ataques de pragas e doenças.

2.3 Indicadores químicos e microbiológicos do solo

O solo é um recurso natural e dinâmico e quando submetido a determinado sistema de cultivo sofre alterações em seus atributos físicos, químicos e biológicos, a exemplo do manejo de resíduos vegetais que ocasiona alterações em sua capacidade produtiva e de sustentabilidade das culturas (MELO et al., 2017).

Um solo saudável deve conter compostos contendo carbono suficiente para sustentar bilhões de formas de vida microscópicas, que aumentam a mineralização e disponibilidade de nutrientes e a produção agrícola (PETTIT, 2004). O plantio sob cobertura morta vegetal é uma prática que afeta a composição do carbono do solo, assim como a saúde do solo. No entanto, a interação entre o sistema de preparo do solo e a cultura de cobertura e os efeitos desses métodos de manejo devem ser considerados para o entendimento das respostas de rendimento das culturas (WULANNINGTYAS et al., 2021).

Os indicadores biológicos têm um grande potencial para uso em estudos relacionados à qualidade do solo, porque microrganismos são uma fonte e depósito de nutrientes em todos os ecossistemas, além de participar ativamente de muitos processos benéficos, como a formação de húmus, solubilização de nutrientes para plantas e degradação de compostos persistentes aplicados ao solo (COSTA et al., 2015).

A matéria orgânica do solo, por sua vez, tem importância na manutenção na produtividade do solo, devido aos processos de transformação como a mineralização dos nutrientes, absorção e retenção de água e atividade da biomassa microbiana (ARAÚJO; MELO, 2012). Assim, a manutenção ou incorporação de resíduos orgânicos na superfície do solo, forma uma camada de material vegetal em

diferentes estágios de decomposição, proporcionando fonte de energia e microclima favorável ao estabelecimento e atividade de microrganismo (SILVA et al., 2012; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A decomposição dos resíduos orgânicos e, por conseguinte, o conteúdo da matéria orgânica do solo é regulado pelo sistema de manejo adotado e pelas características da comunidade microbiana decompositora, do material orgânico e do ambiente onde o processo ocorre, incluindo, nesse caso, as condições edafoclimáticas (BALDOCK; NELSON, 2000).

Os microrganismos participam ativamente em processos benéficos como a estruturação do solo, a solubilização de nutrientes para as plantas e a formação do húmus (KASCHUK; 2010). Assim, os indicadores microbiológicos são sensíveis à alterações ambientais decorrentes do uso agrícola, em função de seu uso e manejo seja ele mantenedor, melhorador ou degradador da qualidade (EPELDE et al., 2014).

De acordo com Araújo et al. (2012), os indicadores biológicos do solo, que incluem a biomassa microbiana, a respiração microbiana, a atividade enzimática e o quociente metabólico, são bastante utilizados para o monitoramento da qualidade do solo no que se refere não apenas à ciclagem dos nutrientes, como também na estimativa da capacidade do solo para o crescimento vegetal. Segundo Araújo e Monteiro (2007), estes indicadores podem fornecer informações sobre as tendências de mudanças do solo que estão ocorrendo em curtos e longos períodos.

O Carbono (C) associado à biomassa microbiana é o componente mais ativo da fração lábil, pois transforma e transfere energia e nutrientes para os demais componentes do ecossistema, contribui com um percentual de 2 a 5% do carbono orgânico do solo e é considerado o principal indicador da sustentabilidade de agroecossistemas e da qualidade ambiental (DE-POLLI; GUERRA, 2008). Os maiores valores de biomassa microbiana do solo são encontrados nos sistemas naturais, destacando-se os ambientes onde há um maior fluxo de resíduos orgânicos (RIBEIRO, 2014).

O quociente microbiano (qMIC), que corresponde à relação entre o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o carbono orgânico total (COT) reflete a qualidade da matéria orgânica e a quantidade de carbono imobilizado na biomassa microbiana (CARDOSO et al., 2009). Baixos valores de qMIC podem ser ocasionados devido à

baixa qualidade nutricional da matéria orgânica, fazendo com que a biomassa microbiana torne-se incapaz de utilizar totalmente o C orgânico ou por circunstâncias em que a microbiota se encontra sob algum fator de estresse (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008). Já em locais sob condições favoráveis, há a tendência de aumento da biomassa microbiana e, em consequência, o qMIC tende a aumentar (KASCHUK et al., 2010).

A respiração basal do solo (RBS) é definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO₂ é produzido. Os fungos e as bactérias são os principais responsáveis pela maior liberação de CO₂, via degradação da matéria orgânica do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A atividade da microbiota do solo pode ser avaliada de diversas formas, pela atividade de certas enzimas no solo, pela medição da sua biomassa, medidas da respiração basal (TÓTOLA; CHAER, 2002), entre outras. Assim como outros processos metabólicos, a respiração depende do estado fisiológico da célula microbiana e é influenciada por diversos fatores do solo, como: a temperatura, a estrutura, a umidade, a disponibilidade de nutrientes, a textura, a presença de resíduos orgânicos, a relação C/N entre outros. Altas taxas de respiração podem indicar tanto um distúrbio ecológico como um alto nível de produtividade do ecossistema (ISLAM; WEIL, 2000).

O quociente metabólico ou respiratório (qCO₂) indica a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o C disponível para biossíntese, sendo sensível indicador para estimar a atividade biológica e a qualidade do substrato (SAVIOZZI et al., 2002). Segundo Anderson e Domch (1993), valores de qCO₂ elevados são um indicativo de comunidades microbianas em estádios iniciais de desenvolvimento, com maior proporção de microrganismos ativos em relação aos inativos, ou seja, um indicativo de populações microbianas sob algum tipo de estresse metabólico.

2.4 Cobertura morta

Cobertura morta é qualquer material tal como palha, serragem, plástica e outros que quando espalhado na superfície do solo tem a função de proteger o solo (YAGHI et al., 2013). Dessa forma, no geral existe uma diversidade de tipos de cobertura morta que proporcionam melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo e nutrição da planta, sendo uma alternativa de sistema agrícola sustentável (ALMEIDA et al., 2009; CARDOSO et al., 2014; CARVALHO et al., 2018).

Segundo Montenegro et al.(2013), é necessário considerar tipo, espessura, densidade e modo de aplicação desses resíduos vegetais. Além disso, na escolha de um tipo de cobertura do solo é relevante considerar alguns aspectos, tais como: a relação C/N do material, teor de lignina, os efeitos no rendimento da cultura, na produtividade e a eficiência no uso da água assim como o tipo de cultura, o manejo da cultura e as condições climáticas (KADER et al., 2017). Para os autores, a adição de adubos orgânicos ao solo contribui, de acordo com o grau de decomposição e consequente mineralização desses resíduos, interferindo diretamente na disponibilidade de nutrientes para as plantas, em especial para aquelas de ciclo curto, podendo apresentar efeitos imediatos ou residuais, o que influencia nos cultivos subsequentes.

Carvalho et al. (2012), mostraram que resíduos com baixa relação C/N é o parâmetro que melhor explica o efeito de plantas de cobertura visto que apresentam decomposição mais acelerada de seus resíduos vegetais e promovem maiores produtividades de grãos de milho, em função da maior eficiência na ciclagem de nutrientes.

O uso da cobertura morta apresenta uma série de benefícios: como maior conservação de água no solo (FERREIRA et al., 2015), redução da amplitude térmica e da evaporação da água (FARIAS et al.,2015), inibição do desenvolvimento de ervas daninha (KADER et al., 2017), diminuição da sobrevivência de fitopatógenos presentes no solo (LINHARES *et al.*, 2016) e promove maior atividade microbiana ao longo do tempo (ZIECH et al., 2014).

Além disso, o uso de algumas espécies na formação da cobertura morta potencializa o rendimento produtivo da cultura do milho (CARVALHO et al.,2015). Costa et al. (2014), verificou que a presença de cobertura morta proporciona um incremento de 62% de matéria seca na cultura do sorgo. Segundo Ziech et al. (2014) a cobertura do solo, além de fornecer nutrientes às plantas, promove maior atividade microbiana.

A utilização de 12 kg. ha⁻¹de cobertura morta de milho proporcionou melhor aproveitamento da água no cultivo de feijão irrigado, auxiliando na relação solo-água-plantat-atmosfera por reduzir a temperatura e a evaporação da água do solo e aumentar a permanência da umidade no perfil do solo (PEREIRA et al., 2015). Pesquisa realizada por SOUZA et al., (2018) utilizando 16,6 mg ha⁻¹de cobertura

vegetal seca a partir de resíduos de ervas daninhas, proporcionou maior aporte de carbono orgânico no solo.

Para Martins et al. (2016), o uso de material orgânico como cobertura do solo desempenha um papel importante no controle de plantas daninhas, uma vez que na presença de resíduos vegetais sobre o solo, a emergência de plantas daninhas é comprometida devido a redução da interceptação de luz limitando assim o seu surgimento, podendo dispensar ou reduzir a quantidade de herbicidas necessária para o controle das invasoras.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental do Colégio Técnico de Teresina (CTT), localizado na cidade de Teresina, Piauí ($5^{\circ}2'58,48''S$; $42^{\circ}46'57,13''O$ e altitude 86 m).

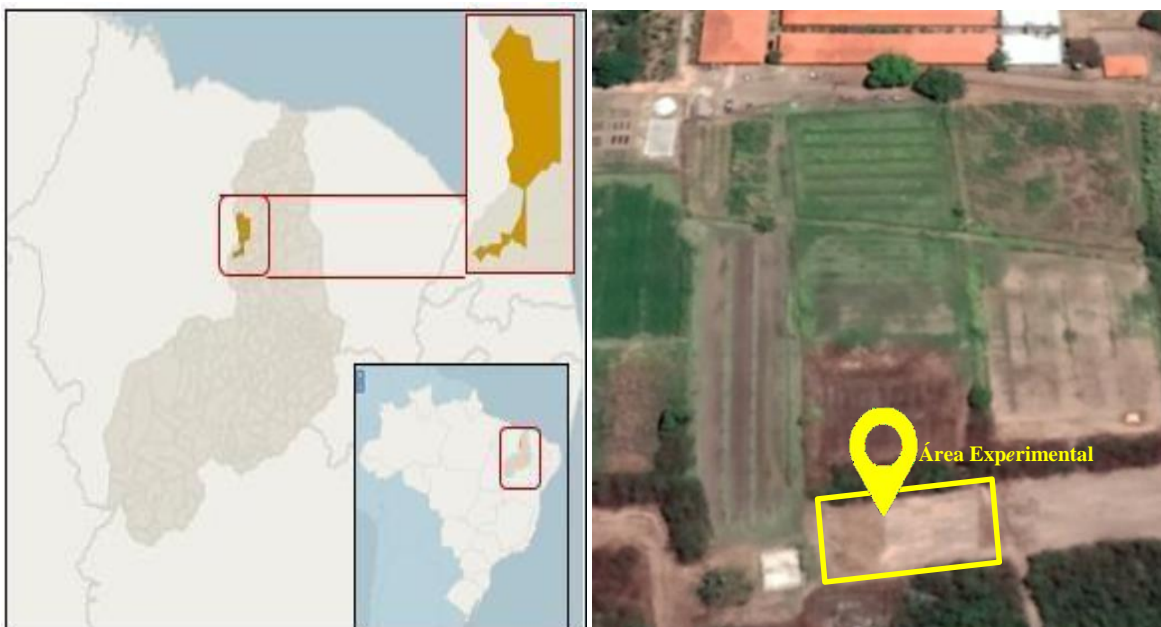


Figura 1 Mapa de localização geográfica da área experimental. Teresina, PI. 2019. Fonte: Google Earth Pro.

A classificação climática da região segundo Thornthwaite e Mather (1955) é definida como subúmido seco, apresentando precipitação pluviométrica média de $1.342,4 \text{ mm ano}^{-1}$, com média anual de temperatura do ar máxima, mínima e média de $33,9$; $22,3$; $28,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente, e umidade relativa do ar e evapotranspiração de referência anual média de $69,6\%$ e $4,7 \text{ mm dia}^{-1}$, respectivamente. O período chuvoso se estende de dezembro a maio, e os meses de fevereiro, março e abril formam o trimestre mais úmido do ano (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2016). O solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO AMARELO apresentando 800 g kg^{-1} de areia, 110 g kg^{-1} de silte e 90 g kg^{-1} de argila, caracterizando uma classe textural franco arenosa.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em: a) Aplicação de 8 t ha^{-1} de bagana de carnaúba na superfície do solo (BCSS); b) Aplicação de 8 t ha^{-1} de bagana de carnaúba incorporada ao solo (BCIN); c) Aplicação de 8 t ha^{-1} de bagana

de carnaúba na superfície do solo (BCSS) + NPK (100 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, 180 kg ha⁻¹ superfosfato triplo e 86 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio), d) Aplicação de 8 t ha⁻¹ bagana de carnaúba incorporada ao solo (BCIN) + NPK, e) aplicação de NPK (Controle 2) e f) Testemunha (Controle 1), sem aplicação de adubo mineral ou bagana de carnaúba. Os valores de fertilizantes foram definidos em função da análise química do solo.

As parcelas foram de 2 x 5 m e espaço de 1 m entre estas. Foram semeadas com milho AG 1051, com duas sementes por cova. O desbaste foi feito sete dias após emergência (DAE), deixando-se uma planta por cova. Foi realizada uma adubação de cobertura nitrogenada aos 30 dias após o plantio nos tratamentos contendo o adubo seja isolado ou associado a bagana de carnaúba.

O espaçamento utilizado foi 0,40 x 0,33 m, formando um stand de 75 plantas por parcela. A área útil foi constituída pelas duas fileiras centrais da parcela, desprezando-se as plantas contidas no espaço de 0,5 m no início e no fim das linhas úteis, totalizando 26 plantas por área útil de cada parcela.

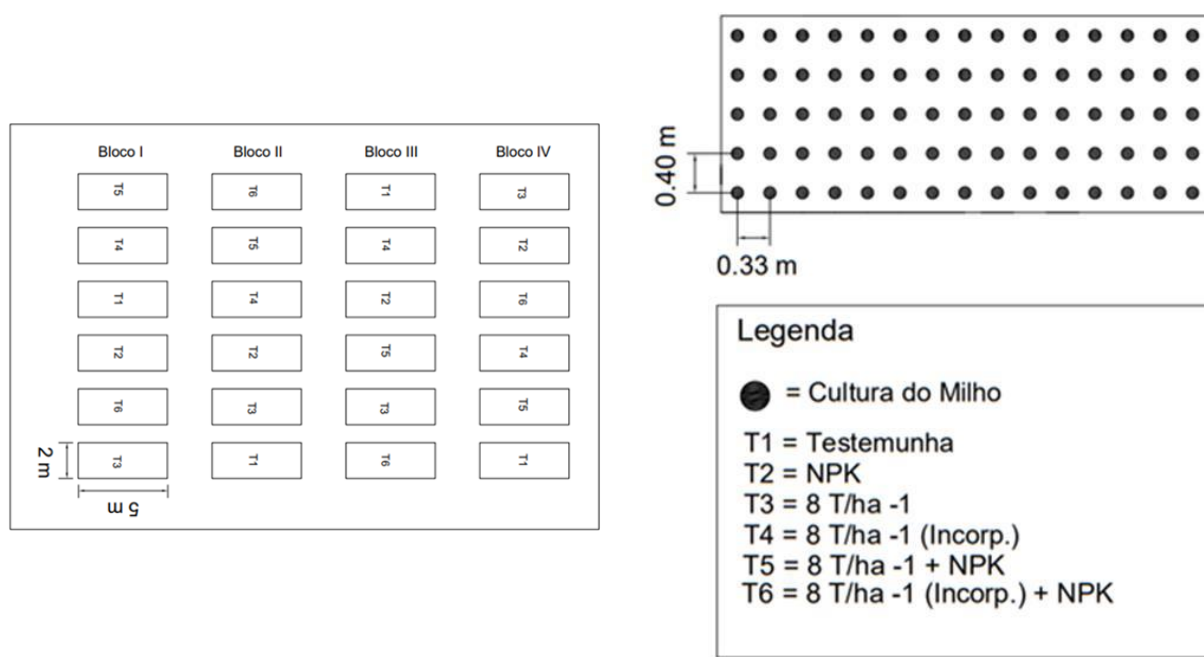


Figura 2 Croqui das parcelas experimentais

A colheita do milho foi realizada aos 73 dias após o plantio. Foram selecionadas as espigas verdes comercializáveis (acima de 17 cm e adequada

aparência para comercialização e sem manchas ou perfurações por pragas) em dez plantas escolhidas de modo aleatório na área útil de cada parcela.

Foram avaliados o diâmetro das espigas verdes com palha (DECP) e sem palha (DESP) com uso de paquímetro. E o comprimento utilizando régua graduada. Para a determinação da massa seca, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel de 5 kg e colocado em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C até atingir peso constante. As verificações foram realizadas com auxílio de balança com precisão de 0,001 g⁻¹ (Bioprecisa®) as seguintes variáveis: a) matéria fresca da parte aérea (MFPA); b) matéria seca da parte aérea (MSPA); c) matéria seca da raiz (MSR); d) peso da espiga verde com palha (PECP); e) peso da espiga verde sem palha (PESP).

Foram coletadas amostras do solo para análise químicas e microbiológicas em cada parcela num total de quatro amostras simples na profundidade de 0-20 cm para formar uma amostra composta. As amostras para análise microbiológicas foram identificadas e acondicionadas em sacos plásticos com respirador e transportadas em caixa de isopor até o laboratório e colocadas em refrigeração a 4°C.

Para análise química do solo, as amostras foram secas ao ar livre e passadas em peneira de 2 mm de malha conforme métodos descritos por (DONAGEMA et al., 2011). O carbono orgânico (CO) foi analisado em via úmida, segundo o método proposto por Yeomans e Bremner (1988).

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo método da irradiação-extração (ISLAM; WEIL, 1998). A partir dos valores do CBM e do conteúdo de COT (Carbono orgânico total), foi calculado o quociente microbiano (qMIC) por meio da seguinte expressão: $qMIC = CBM / COT \times 100$.

A respiração do solo foi estimada pela quantificação do CO₂ liberado durante sete dias de incubação do solo em sistema fechado. O CO₂ produzido foi capturado em solução de NaOH (1 mol L⁻¹) e posteriormente titulado com HCL (0,05 mol L⁻¹), conforme ALEF & NANNIPIERI, (1995). O quociente respiratório que representa a respiração microbiana por unidade de biomassa (ANDERSON e DOMSCH, 1993) foi determinado e expresso em mg CCO₂ g Cmic.h⁻¹.

A temperatura do solo foi medida em °C com o auxílio de um termômetro digital. Para a determinação da umidade do solo foram realizadas coletas nas parcelas, na profundidade de 0,0-0,10 cm. Para avaliação da umidade as amostras foram submetidas ao método termogravimétrico, que consiste em pesar o solo úmido (MU) e em seguida secá-lo em estufa a 105–110°C por 24 horas e, após esse período, determinar sua massa seca (MS). A umidade foi calculada pela equação: $U = \frac{Mu - Ms}{Mu} \times 100$ em que: U = umidade do solo (kg kg⁻¹); Mu = massa de solo úmido (g); Ms = massa de solo seco (g).



Figura 3 Medição da temperatura do solo com termômetro digital

Os dados diários de precipitação, temperatura média e umidade do período experimental (Janeiro a Maio de 2019), foram obtidos na estação 82578 – Teresina, PI, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Com base nos dados climáticos disponíveis, o modelo de Andrade Junior et al. (2018) foi aplicado visando à obtenção da evapotranspiração da cultura. Os dados diários de precipitação, temperatura média e umidade do ar do período de referência foram analisados por Software Cropwat e plotados em gráficos. Os dados climáticos ao longo do ciclo do milho podem ser observados na (figura 9).

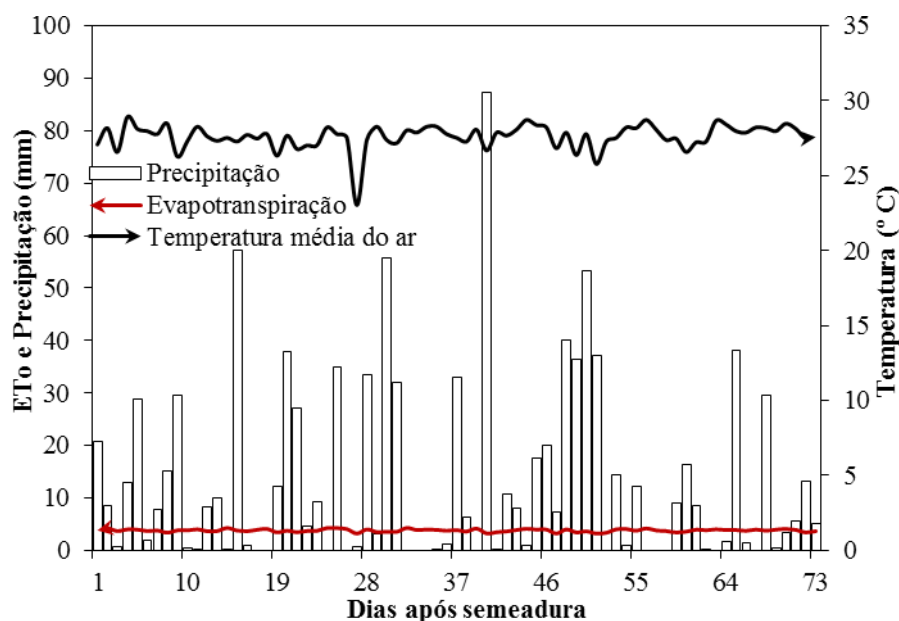


Figura 4 Dados climáticos (precipitação, evapotranspiração de referência – ETo e temperatura média do ar) durante período experimental com aplicação de bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK.

Inicialmente, os dados foram analisados pelo teste de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade. Em seguida, submetidos à análise de variância (ANOVA) precedida pelo teste F, sendo considerado um nível mínimo de significância de 5% de probabilidade. Para comparar as médias de cada tratamento, foi utilizado o teste Scott - Knott ($p < 0,05$).

Foram realizadas também técnicas multivariadas de Análises de Componentes Principais (ACP) para o entendimento de como as variáveis interagiram ao mesmo tempo, como os dados são expressos em unidades de medidas diferentes, estes foram padronizados para assegurar que todas as variáveis contribuam igualmente para o modelo independente da escala para a ACP. Todas as análises foram processadas no programa R (R Core Team 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 podemos observar os resultados da análise química dos solos estudados. De uma maneira geral, não houve diferenças dos cátions básicos que fazem parte do complexo sortivo que compõe a CTC, apenas o tratamento BCSS + NPK apresentou uma maior saturação por base, mas com valor abaixo de 50 %. O que ainda caracteriza o caráter distrófico. Isso seguramente ocorreu em função da textura arenosa deste solo com cerca de 80% de areia, o que provoca uma grande lixiviação de cátions básicos.

Tabela 1 Análise química do solo das parcelas com os tratamentos avaliados.

Tratamento	pH	COT	P	K	Mg	Ca	H + Al	V
	H ₂ O	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----Cmolc dm ⁻¹ -----				%
BCSS	5,30 a	2,90 a	0,23 b	0,11 a	0,59 a	0,85 a	2,73 a	34,57 b
BCIN	5,75 a	2,81 a	0,19 b	0,16 a	0,42 b	1,04 a	3,08 a	33,12 b
BCSS+NPK	5,77 a	3,22 a	0,62 a	0,11 a	0,81 a	0,91 a	1,65 b	46,02 a
BCIN+ NPK	5,40 a	3,06 a	0,57 a	0,14 a	0,64 a	0,69 a	3,37 a	31,02 b
NPK	5,37 a	2,65 a	0,68 a	0,12 a	0,35 b	0,87 a	3,32 a	29,76 b
T	5,27 a	2,46 b	0,11 b	0,05 b	0,29 b	0,72 a	3,05 a	24,54 b

BCSS = 8 t ha⁻¹ aplicado na superfície do solo; BCIN = 8t ha⁻¹ incorporado ao solo ;T5=8 t ha⁻¹ aplicado na superfície do solo + NPK, T6=8 t ha⁻¹ incorporado ao solo + NPK, NPK= Adubação com NPK.e T=Testemunha .

Os tratamento que receberão adição de bagana de carnaúba mostraram uma maior incremento de carbono organico total (COT) em relação a testemunha (Tabela 1). Estudos realizados por Sousa et al. (2018) revelaram que a análise da composição química da bagana de carnaúba mostrou teor de carbono orgânico de 161,6 g kg⁻¹ que é considerado alto, mas o tempo de decomposição desse resíduo só se intensifica depois dos 60 dias. Ainda segundo os mesmos autores, de acordo com a Instrução Normativa DAS/MAPA 25/2009, esse resíduo apresenta teores de nutrientes que permitem que os mesmos sejam usados como adubos orgânicos.

Para Santoja et al. (2015), quando a relação C/N no resíduo orgânico é superior a 30, há inicialmente predomínio da imobilização de nutrientes e o tempo de decomposição só se intensifica depois dos 60 dias. Estudos realizados por Souza et al. (2008) concluiu que a cobertura morta com palha de sorgo com alta relação C/N aplicada no solo foi eficiente em aumentar o teor de carbono orgânico do solo durante os quatro meses do ciclo da cultura, resultados parecidos ao desta pesquisa.

Os resultados obtidos na análise dos parâmetros das plantas diferiram entre os tratamentos (Figura 5). De uma maneira geral, os tratamentos com aplicação de NPK isolado ou associado a bagana de carnaúba mostraram os maiores valores das variáveis MSPA e MSR, com um incremento em mais de 50% em relação à testemunha. As aplicações de bagana de carnaúba isoladamente mostraram valores maiores dessas variáveis que a testemunha. Estudo realizado por Araújo et al. (2017) com substrato composto por bagana de carnaúba mostrou melhorias na fertilidade, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular de milho e mandioca.

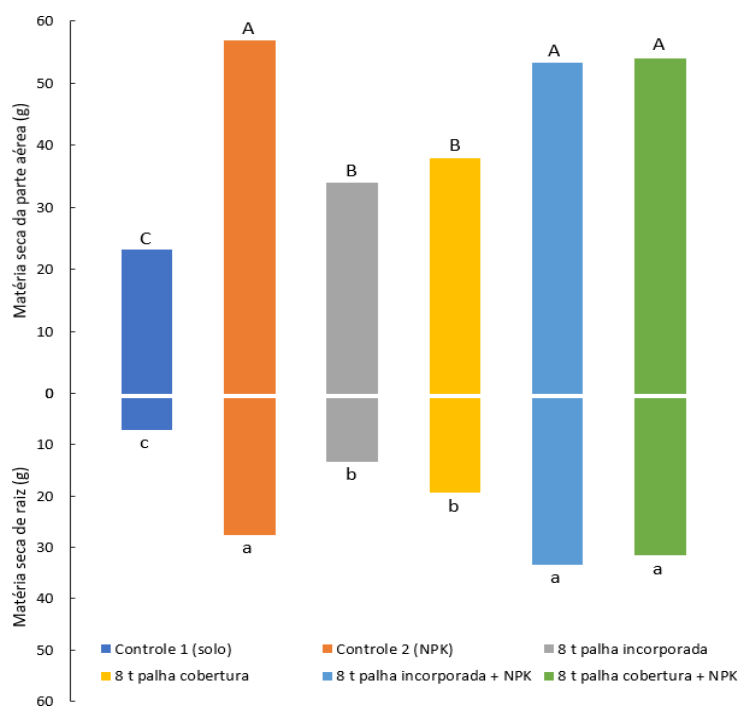


Figura 5 Médias da matéria seca da parte aérea (acima do eixo X) e de raiz (abaixo do eixo X) de plantas de milho cultivado sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2). * Letras iguais nas barras, maiúsculas (matéria seca da parte aérea) e minúsculas (matéria seca de raiz), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

A produção e o diâmetro de espigas verdes com palha e sem palha, a exemplo da massa da planta e da raiz, foi estatisticamente maior nos sistemas com NPK isolado ou associado com bagana de carnaúba (Figura 6). No entanto, o tratamento BCIN não diferiu da testemunha, enquanto o tratamento BCSS mostrou valores intermediários. De acordo com Ohland et al. (2005), o comprimento e o diâmetro da espiga são características que determinam o potencial de produtividade da cultura do milho.

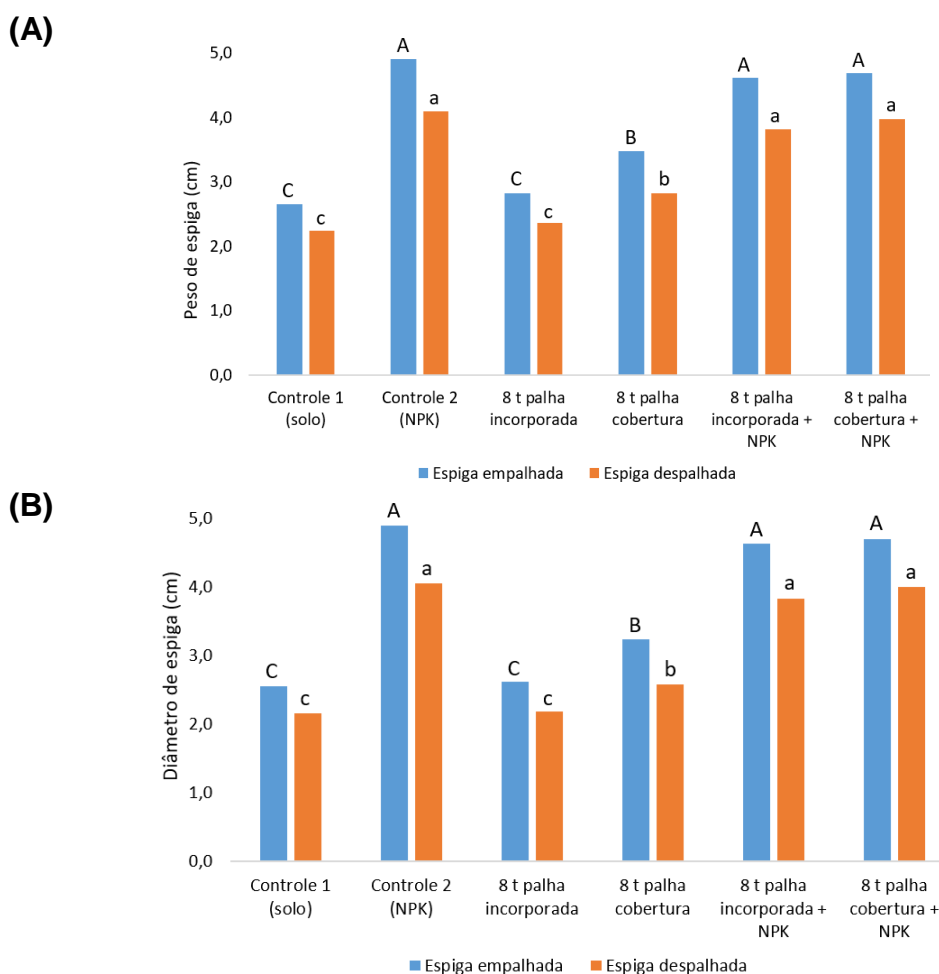


Figura 6 Peso de espigas verdes (com palha e sem palha) (A) e Diâmetros de espigas verdes (com palha e sem palha) (B) de milho cultivado sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2). * Letras iguais nas barras, maiúsculas (peso de espigas verdes com palha) e minúsculas (peso de espigas verdes sem palha), não diferem entre si.

Esse resultado pode estar relacionado à imobilização do N pelos microrganismos para decompor a bagana de carnaúba devido a sua relação C/N > 30. Segundo Lobo et al. (2012), para que ocorra a mineralização do N, essa tem de estar abaixo de 20/1; entre 20 e 30, a mineralização e a imobilização estarão em

equilíbrio e, acima de 30, ocorrerá a imobilização do N, ou seja, os microrganismos irão utilizar o N do solo para que possam decompor a palhada.

Por sua vez, Salmerón et al., (2011) observaram redução na produção de milho em grãos, quando se realizou o plantio sob coberturas mortas de *Hordeum vulgare L.* (Cevada). Os autores atribuíram o fato à deficiência de N nas plantas de milho em função da alta relação C/N desse resíduo, o que causou imobilização do N e, portanto, uma baixa disponibilidade desse nutriente durante o estágio de desenvolvimento da cultura do milho. Maiores rendimentos do milho estão diretamente relacionados ao maior acúmulo de massa seca e ao menor tempo de ciclagem dos resíduos vegetais das plantas de cobertura com baixa relação C/N (CARVALHO et al., 2015).

Desta forma, produtividades menores em sistemas com uso de resíduos orgânicos com alta relação C/N podem ser explicados pela ação mais demorada em relação à adubação mineral. O uso de menor aporte de nitrogênio no primeiro ano provavelmente promove diferença de produtividade entre os sistemas, sendo que após os três primeiros anos de adição contínua de matéria orgânica o nível de nutrientes melhora, deixando de ser um fator limitante para essa variável (Santos et al. 2015). Os autores verificaram que a produção de espigas verdes com palha em sistema com a adição de resíduos orgânicos no solo foi menor em 2550 kg ha⁻¹, ou seja, 14,7%, quando comparada ao convencional no primeiro ano de cultivo e de apenas 1796 kg ha⁻¹ no segundo ano, indicando que as diferenças entre os dois sistemas foram menores com o tempo de cultivo.

Pesquisa realizada por Silva et al.,(2014) estudando o efeito de diferentes doses da bagana de carnaúba no desenvolvimento da cultura do milho encontraram um maior rendimento de espigas de milho na dose de 8,17 t ha⁻¹ desse resíduo. Os autores encontraram ainda um incremento de 20,15% no rendimento com o uso da bagana quando comparado ao sistema onde o solo não foi coberto com esse resíduo.

Por sua vez, Araujo et al. (2017) observaram que a utilização da bagana de carnaúba no consórcio milho, feijão e mandioca, favoreceu a produção de grãos do milho e feijão, contribuindo também para o crescimento em altura e no diâmetro das plantas de mandioca. Já Pinho et al. (2008) avaliando a influência do sistema de cultivo, verificaram que a cultivar AG1051 destacou-se por apresentar massa

superior de espigas no sistema convencional com adubação de NPK quando comparado ao uso de resíduos orgânicos isoladamente.

Em geral, os resultados da CBM e qMIC mostraram um incremento nos tratamentos com adição de bagana de carnaúba isolada ou associados com NPK (Figura 7). Como o CBM é reconhecido como um indicador chave da qualidade do solo, sendo este um catalisador das transformações químicas do solo, e, também, sendo um reservatório de nutrientes para as plantas (TÓTOLA; CHAER, 2002), esses resultados sugerem que a aplicação desse resíduo disponibiliza matéria orgânica aos microrganismos do solo mesmo no primeiro ano de aplicação, permitindo uso de fontes de C pelos microrganismos do solo e, assim, aumentar o qMIC. Para Moreira e Siqueira (2006), os resíduos orgânicos depositados no solo, após a decomposição, são essenciais no processo de adição de carbono orgânico ao longo do tempo e influencia, sobretudo, nas propriedades microbiológicas.

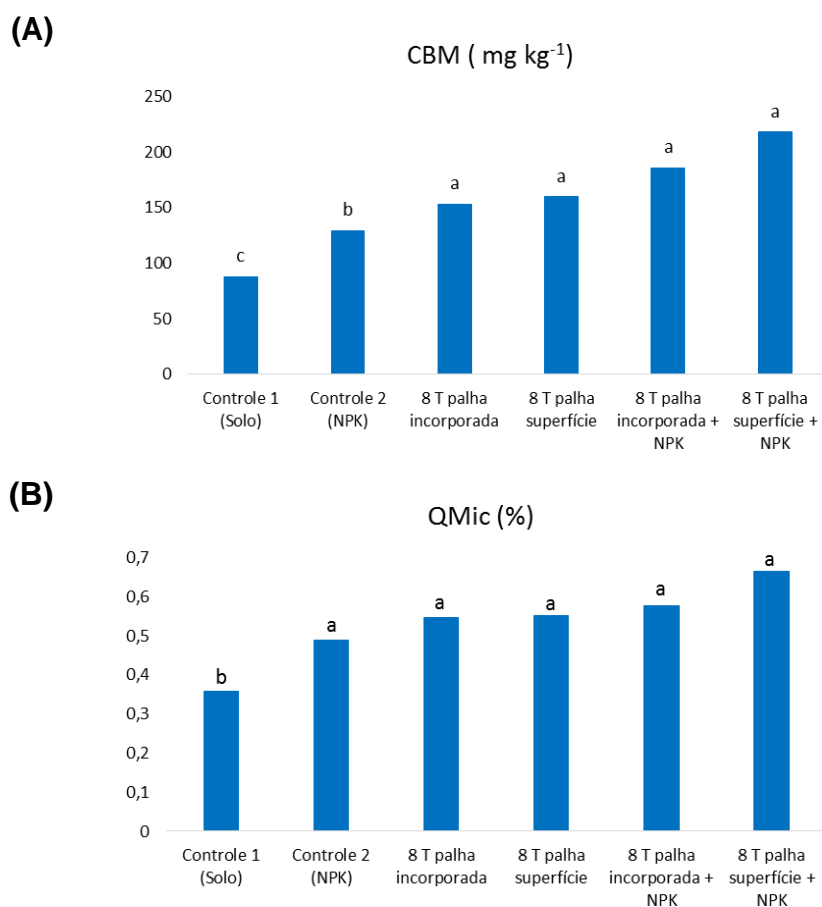
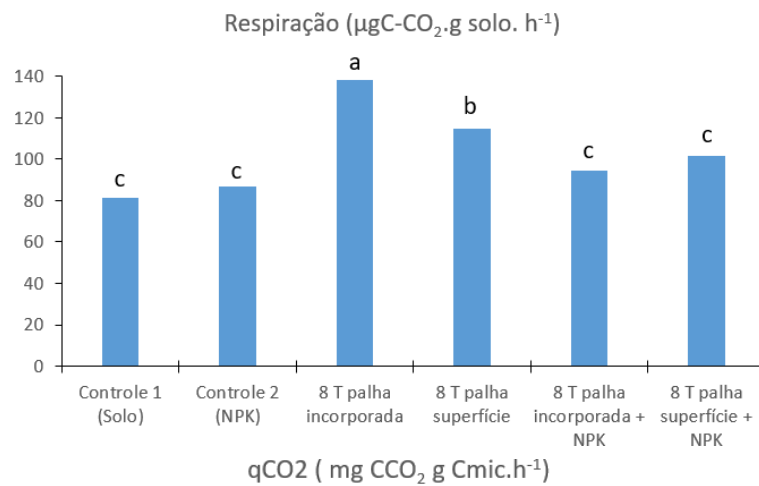


Figura 7 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) (A) e Quociente Microbiano (qMIC) (B) em solo cultivado sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2). * Letras iguais nas

barras, maiúsculas (peso de espigas verdes com palha) e minúsculas (peso de espigas verdes sem palha), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

O tratamento BCIN mostrou os melhores resultados para a respiração do solo seguido de BCSS. O que poderia indicar um maior equilíbrio energético nesses sistemas (Figura 8). No entanto, uma maior respiração do solo pode indicar estresse ecológico e menor eficiência de uso de carbono (ISLAN; WEIL, 2000). Para fins de verificação, avaliamos o quociente metabólico (qCO_2), que é um indicador útil da atividade da biomassa microbiana, sendo um indicativo importante da qualidade do solo (ANDERSON; DOMSCH, 1993; FERNANDES et al., 2005).

(A)



(B)

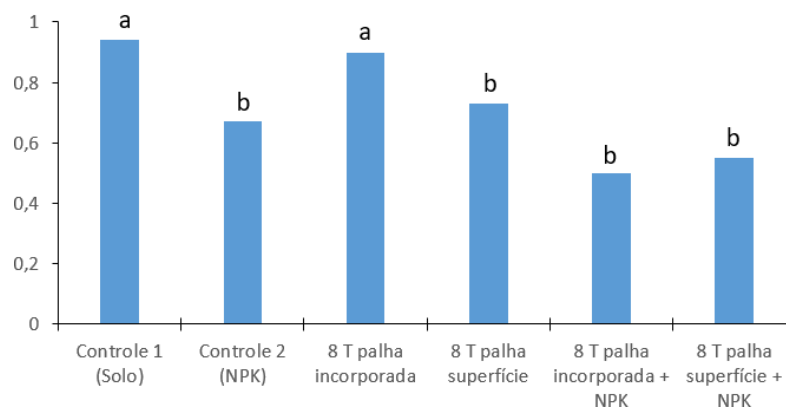


Figura 8 Respiração (A) e Quociente Respiratório (qCO_2) (B) em solo cultivado sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2). * Letras iguais nas barras, maiúsculas (peso de espigas verdes com palha) e minúsculas (peso de espigas verdes sem palha), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Desta forma, o tratamento BCIN e o controle mostraram maiores valores de qCO_2 (Figura 8) em relação aos demais, o que indica uma menor eficiência no uso de carbono. A maior relação C/N da bagana de carnaúba aliada a incorporação do resíduo ao solo provavelmente não favoreceu a decomposição do resíduo. Pesquisa realizada por Giacomini et al. (2008) concluiu que a incorporação da palha de aveia no solo proporcionou uma menor mineralização do C desses materiais orgânicos, quando comparada à sua manutenção na superfície. Por sua vez, os tratamentos com NPK isolado ou associados a bagana de carnaúba mostraram menores valores de qCO_2 , o que indica uma maior eficiência energética no uso do C pelos microrganismos.

A análise de componentes principais (ACP) foi realizada na matriz de dados constituída das variáveis estudadas (Figura 9). Quanto ao percentual de variância explicada pelas componentes principais, verifica-se que os dois primeiros componentes principais são responsáveis por 75,3% da variabilidade original, sendo que CP1 e CP2 retêm 54,8% e 20,5%, respectivamente.

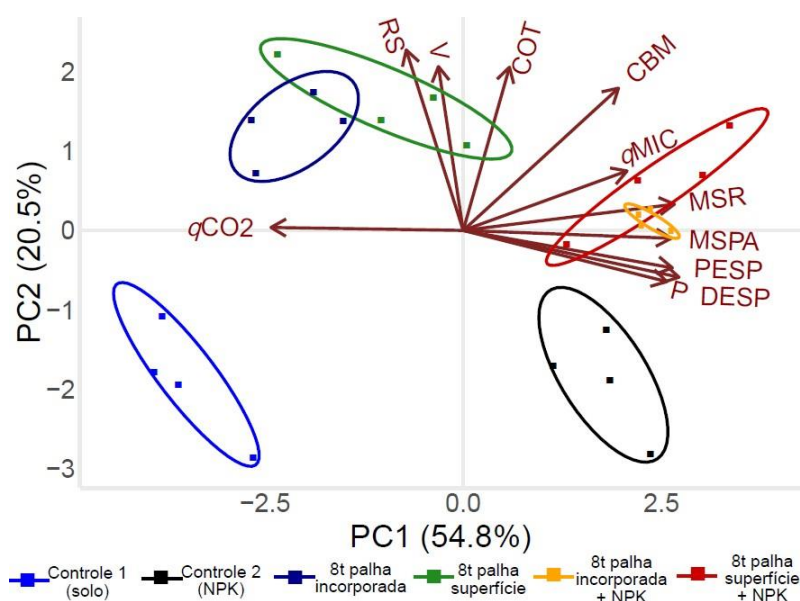


Figura 9 Análise de componentes principais (ACP) com base nas variáveis avaliadas do solo nos diferentes tratamentos em solo cultivado sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2).

O diagrama mostra que os grupos constituídos por BCSS e BCIN posicionaram-se na parte superior do gráfico e demonstrou correlação com respiração, qCO_2 , saturação de bases e COT. O grupo formado por BCSS + NPK e

BCIN + NPK localizou-se no quadrante superior direito e mostrou-se associado com o qMIC e massa seca da raiz e da parte aérea. As variáveis de produtividade relacionadas as espigas e o fósforo estiveram posicionadas entre o grupo anterior e o tratamento com NPK. Por sua vez, o controle 1 se posicionou no quadrante inferior esquerdo e não mostrou associação com nenhuma variável.

Verifica-se que as variáveis biológicas e o COT estiveram associados aos tratamentos com bagana de carnaúba seja isolado ou associada a NPK. Conforme Sousa et al. (2018), a bagana de carnaúba apresenta um elevado teor de COT e embora tenha uma elevada relação C/N, a aplicação desse resíduo mostrou um considerável aumento dessa variável no solo no primeiro ano de aplicação. A bagana de carnaúba quando associada ao NPK mostrou relação com os parâmetros biométricos das plantas de milho.

Na figura 10 encontram-se os valores de temperatura e umidade dos tratamentos durante a condução do experimento. Observou-se que os tratamentos que receberam a bagana de carnaúba mostraram uma menor temperatura e maior umidade ao longo do período experimental. Por outro lado os tratamentos sem nenhuma cobertura mostraram menores valores dessas variáveis, provavelmente em função da textura arenosa do solo, o que indica efeito positivo da bagana de carnaúba na atenuação da radiação solar e diminuição da evaporação do solo.

Pesquisa realizada num solo de textura areia franca com a utilização de cobertura morta de bagana de carnaúba, concluiu que esse resíduo promoveu uma maior capacidade de retenção de água, propiciando a manutenção da umidade por maior tempo (SOUSA et al., 2017).

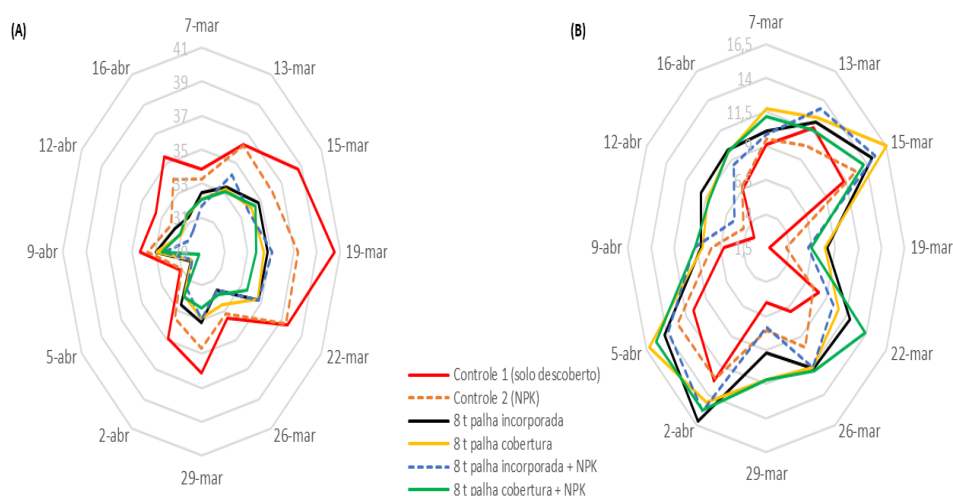


Figura 10 - Média de temperatura (A) e umidade do solo (B) sob bagana de carnaúba em cobertura ou incorporada e associada ou não a NPK em referência ao solo descoberto e não fertilizado (controle 1) e uso de adubação mineral com NPK (controle 2). A linha cinza clara mostra escala de variação média das variáveis.

Souza et al. (2016) mostrou que o uso de cobertura de solo com a bagana de carnaúba foi eficiente em reter água no solo, como também na inibição do surgimento de plantas daninhas. A análise da capacidade de retenção de água da bagana de carnaúba apresentou um valor acima de 100%, o que o caracteriza como um insumo potencial de uso na agricultura, visto que o teor de água disponível em um dado substrato representa um menor gasto de energia pela planta para aproveitá-lo (FREIRE, 2018).

Este resultado é semelhante aos encontrados por Andrade et al. (2002) que verificou uma diminuição dos valores de evapotranspiração à medida que se aumentou a porcentagem de cobertura do solo em um sistema sob plantio direto cultivado com feijoeiro em um Latossolo de textura arenosa. Oliveira et al. (2002) afirmam ser a bagana de carnaúba, um importante insumo para o semiárido nordestino, caracterizado pelas baixas precipitações e elevadas temperaturas, principalmente devido aos seus efeitos sobre o aumento na eficiência de irrigação, decorrente da redução na evaporação de água.

Resultado obtido por Borges et al. (2014), ao avaliar a influência de técnicas conservacionistas na manutenção da umidade do solo sobre a cultura do milho (*Zea mays*L.) no semiárido pernambucano, verificaram que os tratamentos conservacionistas com uso de cobertura morta resultaram em maiores incrementos no armazenamento de água no solo durante a maior parte do tempo em regime

sequeiro, promovendo assim maior umidade do solo nas camadas de 20 e 40 cm de profundidade.

Por sua vez, Montenegro et al.(2013), afirmaram que coberturas mortas à base de palha com aplicação de 2 e 4 t ha⁻¹ tiveram eficiência no controle do escoamento superficial da água na menor temperatura e maior umidade do solo.

4 CONCLUSÃO

A aplicação da bagana de carnaúba em superfície associada à adubação NPK contribuiu para o aumento das médias das variáveis biométricas avaliadas nas plantas de milho.

Os atributos microbiológicos foram favorecidos pela utilização da bagana de carnaúba.

A bagana da carnaúba contribuiu para a manutenção de uma maior umidade e menor temperatura do solo.

Estudos de longo prazo são necessários para uma melhor avaliação dos efeitos da bagana de carnaúba no solo e rendimento das culturas.

REFERÊNCIAS

- ALBANO, F. G.; CAVALCANTE, I. H. L.; MACHADO, J. S.; LACERDA, C. F.; SILVA, E. R.; SOUSA, H. G. New substrate containing agroindustrial carnauba residue for production of papaya under foliar fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 128-133, 2017.
- ALEF, K NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**, Academic Press, p.576, 1995.
- ALMEIDA, D.; FILHO, O. K.; FELIPE, A. F.; ALMEIDA, H. C. Carbono, nitrogênio e fósforo microbiano do solo sob diferentes coberturas em pomar de produção orgânica de maçã no sul do Brasil. **Bragantia**, v.68, p. 1077-2006, 2009.
- ALVES, M.O.; COÊLHO, J. D. **Extrativismo da carnaúba: relações de produção, tecnologia e mercados**. Banco do Nordeste do Brasil-Série Documentos do ETENE, v. 20.2008.
- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology Biochemistry**, v.25, p.393-395, 1993.
- ANDRADE, R. S.; MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; CARVALHO, J. A. Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.35-38, 2002.
- ANDRADE JUNIOR, A. S.; DA SILVA, C. O.; DE SOUSA, V. F.; RIBEIRO, V. Q. Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência no estado do Piauí. **Agrometeoros**, v. 25, n.1, 2018.
- ARAÚJO, A. K.; ARAÚJO, J. A. F.; MARANHÃO, S. R. Consórcios de milho, feijão e mandioca em presença de bagana de carnaúba em um argissolo no litoral norte do Ceará sob condições de sequeiro. **Essentia**, v. 18, p. 2-23, 2017
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 66-75, 2007.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada Agrotecnologia**, v.5, p. 187-206, 2012.
- ARAÚJO, E. F., AGUIAR, A. S., ARAUCO, A. M. S., GONÇALVES, E. O., ALMEIDA, C. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Revista Nativa**, v.5, p.16-23, 2017
- BALDOCK, J.A.; NELSON, P.N. **Soil organic matter**. In: Sumner, Malcolm E., (ed.) Handbook of Soil Science, p.25-84, 2000.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Boletim agrometeorológico do ano de 2015 para o município de Teresina**, Piauí. Embrapa Meio-Norte- (Documentos, 239), p.38, 2016.

BORGES, T.K.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; SANTOS, M.E.T.; SILVA, D.D.; SILVA JÚNIOR, V.P. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo cultivado do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1862-1873, 2014.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.44, p.631-637, 2009.

CARDOSO, R. A.; BENTO, A. S.; MORESKI, H. M. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. **Semina**, v. 35, p. 51-60, 2014.

CARVALHO, A.M. de; COELHO, M.C.; DANTAS, R.A.; FONSECA, O.P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FIGUEIREDO, C.C. Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. **Crop and Pasture Science**, v.63, p.1075-1081, 2012.

CARVALHO, A. M. D.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. D. A. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p. 551-561, 2015.

CARVALHO, D. F.; RIBEIRO, E. C.; GOMES, D. P. Marketable yield of onion under different irrigation depths with and without mulch. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.22, p.107-112, 2018.

CARVALHO, F.P.A.; GOMES, J.M.A. Eco – Eficiência na produção de cera de carnaúba no município de Campo Maior, Piauí, 2004. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.46, p.421– 453, 2008.

CONAB: Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Quarto levantamento. v. 7, safra 2019/2020, 2020.

COSTA, E.J.B.; SOUZA, E.S.; BARROS JUNIOR, G.; NUNES FILHO, J.; SOUZA, J.R.; TABOSA, J.N.; LEITE, M.L.M.V. Cultivo de sorgo em sistema de vazante com e sem cobertura do solo **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, p.182-195, 2015.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K.S.M.; YOKOBATAKE, K.L.; FERREIRA, J.P.; PARIZ, C.M.; BONINI, C. dos S.B.; LONGHINI, V.Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.852-863, 2015.

CHIEZA, E.D.; GUERRA, J.G.M.; ARAUJO, E.S.; ESPINDOLA, J.A.; FERNANDES, C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em

diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 64, p. 189-196, mar/abr, 2017.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. Carbono, nitrogênio e fósforo da biomassa microbiana do solo. In: **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2 ed, p. 263-276, 2008.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W.; VIANA, J. H. M. Manual de Métodos de Análise de Solos. 3ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **EMBRAPA**, 2017. 225p.

DUARTE, J. de O. Mercado e comercialização: produção. In: CRUZ, J. C. (Ed.). Cultivo do milho. **Embrapa Milho e Sorgo- Sistemas de produção**, v.1, 2009.

EPELDE, L.; BURGESS, A.; MIJANGOS, I.; GARBISU, C. Microbial properties and attributes of ecological relevance for soil quality monitoring during a chemical stabilization field study. **Applied Soil Ecology**, v. 75, p. 1-12, 2014.

FERNANDES, S.A.P; BETTIOLA, W.; CERRI, C.C. Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. **Applied Soil Ecology**, v.30, p. 65-77, 2005.

FARIAS, D. B. dos S; LUCAS, A. A. T.; MOREIRA, M. A; NASCIMENTO, L.F.de A; SA ;FILHO, J. C. F de. Avaliação da umidade do solo em função da presença de matéria orgânica e cobertura do solo no cultivo da alface crespa (*Lactuca sativa* L.). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, p. 287-291, 2015.

FERREIRA, C. D. S; NUNES, J. A. R; GOMES, R. L. F. Manejo de corte das folhas de *Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore no Piauí. **Revista Caatinga**, v. 26, p. 25-30, 2013.

FERREIRA, N. M.; MESQUITA, E. F. D.; SÁ, F. V. S.; BERTINO, A. M. P.; PAIVA, E. P; FARIAS, S. A. R. Crescimento e produção da mamoneira BRS Paraguaçu sob irrigação, cobertura do solo e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 857-864, 2015.

FREITAS, L; OLIVEIRA, I; CASAGRANDE, J.C; SILVA, L.S ; AMORIM, C.C.C.M. Estoque de carbono de Latossolos em sistemas de manejo natural e alterado latossolos (oxissolos) carbon storage in natural and altered management. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 228-239, 2018.

FREIRE, V.H.F. **Caracterização da Palha de carnaúba como substrato para cultivos hidropônicos**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 9p., 2018.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais**, p.159-170, 2008.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; MIOLA, E.C.C.; RECOUS, S. Mineralização do carbono da palha de aveia e dejetos de suínos aplicados na superfície ou incorporados ao solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 32:2661-2668, 2008.

GITTI, D.C.; ARF O.; VILELA, R.G.; PORTUGAL, J.R; KANEKO, F.H.; RODRIGUES, R.A.F. Épocas de semeadura de *Crotalaria* em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v11, p.156-168, 2012.

GOMES, J. M. A; SANTOS, K. B.; SILVA, M. S. **Cadeia produtiva da cera de carnaúba: diagnóstico e cenários**. EDUFPI, 190p, 2006.

GONÇALVES, M.P.M.; FELICIANO; A.L.P.; SILVA, A.P.; SILVA, L.B.; SILVA, K.M., SILVA JUNIOR, F.S. Desenvolvimento em campo de espécies da Caatinga com o uso de resíduo de carnaúba. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p.1188-1200, 2020.

GONÇALVES, M. P. M.; SILVA, M. I. O. ; Grugik, M.A ; FELICIANO, A. L. P. ; SILVA, L. B. Substratos alternativos na produção de mudas de *Harpalyce brasiliiana* BENTH. **Oecologia Australis**, v. 23, p. 464-472, 2019.

HEINRICHS, R.; VITTI, G.C; MOREIRA, A., FIGUEIREDO, P.A.M., FANCELLI, A.L.; CORAZZA, E.J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.71-79, 2005.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Palms of the Americas**. Princeton University Press, 1995, p. 352.

HOLANDA, S. J. R; ARAÚJO, F. S; GALLÃO, M. I; FILHO, S. M. Impacto da salinidade no desenvolvimento e crescimento de mudas de carnaúba(*Copernicia prunifera* (Miller) H.E.Moore). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 47-52, 2011.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v.27, p. 408- 416, 1998.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.79, p.9-16, 2000.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: Paul, E.A.; Ladd, J.N., eds. **Soil Biochemistry**, New York: Marcel Dekker, v.5, p.415- 471, 1981.

JETTER, R.; KUNST, L. Plant surface lipid biosynthetic pathways and their utility for metabolic engineering of waxes and hydrocarbon biofuels. **The Plant Journal**, v.54, p. 670-683, 2008.

KADER, M. A.; SENGE, M.; MOJID, M.A.; ITO, K. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. **Soil Tillage Research**, v. 168, p.155–166, 2017.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J.A.C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p.1310-1321, 2013.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology Biochemistry**, v. 42, p. 1-13, 2010.

LINHARES, P. C. F.; SOUSA, A. J. P.; PEREIRA, M. F. S.; ALVES, R. F.; MARACAJA, P. B. Beterraba fertilizada sob diferentes doses de palha de carnaúba incorporada ao solo. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, p.71-76, 2012.

LINHARES, M. C. S.; FREITAS, C. F. L.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; CRUZ, L. B. S.; DANTAS, A. M. M. Efeito de coberturas do solo sobre a sobrevivência de *Macrophomina phaseolina* no feijão-caupi. **Summa Phytopathol**, 42,, p. 155-159, 2016.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO H.; BULL, L. T. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bioscience Journal**, v.28, p. 224-234, 2012.

LUSTOSA FILHO, J. F.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; DIAS, B. O.; AMARAL, F. H. C.; AMORIM, S. P. N. Influence of organic substrates on growth and nutrient contents of jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*). **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p.2544-2552, 2015.

MARTINS, D.; GONÇALVES, C. G.; SILVA JUNIOR, A. C. D. Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Ciência Agronômica**, 47, p. 649-657, 2016.

MARQUES, J. S. **Uso do pó da palha da carnaúba em compósitos de quitosana**. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012, 74p.

MELO, J.D.D; CARVALHO, L.F.M; MEDEIROS, A.M; SOUTO, C.R.O; PASKOCIMAS, C. A. A biodegradable composite material based on polyhydroxybutyrate (PHB)and carnauba fibers. **Composites Part B: Engineering**, v.43, p. 2827–2835, 2012.

MELO, V.F.; SILVA, D.T.; EVALD, A.; ROCHA, P.R.R. Chemical and biological quality of the soil in different systems of use in the savanna environment. **Revista Agro@ambiente on-line**, v.11, p.101-110, 2017.

MIRANDA, R. A.; LÍCIO, A. M. A.; PURCINO, A. A. C.; PAULINELLI, A.; PARENTONI, S. N.; DUARTE, J. O.; GONTIJO NETO, M. M.; LANDAU, E. C.;

MONTENEGRO, A.A.A.; ABRANTES, J.R.C.B.; LIMA, J.L.M.P.; SINGH, V.P. & SANTOS, T.E.M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. **Catena**, v.109, p.139-149, 2013.

MORAIS, M.C.; ARAÚJO, B.B.J.; FARIAS, B.L.A. Palha de carnaúba incorporada ao solo para fertilização no cultivo orgânico de cenoura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, p. 820-823, 2017.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2. Ed., 729 p, 2006.

OHLAND, R. A. A., SOUZA, L. C. F., HERNANI, L. C., MARCHETTI, M. E. E.; GONÇALVES, M. C.. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência Agrotécnica**, v.29, p. 538-544, 2005.

OLIVEIRA, F.N.S. et al. **Influência da cobertura morta no desenvolvimento de fruteiras tropicais**. Embrapa Agroindústria Tropical, -Documentos, 49, 24p, 2002.

OLIVEIRA, L. S.; COSTA, M.C.G. ; SOUSA, H. A.; BLUM, J.; SILVA, G. H. A. ; ABREU, M. G. P. ; MAIA, D. S. Characterization of Organic Wastes and Effects of Their Application on the Soil. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 291-298, 2018.

PAIVA JUNIOR, M. C.; PINHO, R. G. von; PINHO, E. V. R. von; RESENDE, S. G. Desempenho de cultivares para a produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura em Lavras-MG. **Ciência Agrotecnológica**, v. 25, p.1235-1247. 2001.

PEREIRA, F. F. S.; MATSURA, E. E.; MOUSINHO, F. E. P.; BIZARI, D. R. Retenção de água em níveis de cobertura morta no feijoeiro irrigado em sistema plantio direto. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 557-569, 2015.

PETTIT, R.E. Matéria orgânica, húmus, humate, ácido úmido, ácido fúlvico e humina: sua importância na fertilidade do solo e na saúde das plantas. **CTI Research**, v.1, p. 1 – 17. 2004

PINHO, L.; PAES, M. C. D.; ALMEIDA, A. C.; COSTA, C. A. Qualidade de milho-verde cultivado em sistemas de produção orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, p. 279-290, 2008.

QUEIROGA, R.C.F.; NOGUEIRA, I.C.C.; BEZERRA NETO, F.; MOURA, A.R.B.; PEDROSA, J.F. Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p.416- 418, 2002.

QUEIROGA, V. P.; ASSUNÇÃO, M. V.; ALMEIDA, F. A. C.; ALBUQUERQUE, E.M.B. **Carnaubeira: Tecnologias de plantio e aproveitamento industrial**. AREPB, 2 Ed, 260p, 2017.

QUEIROZ, V. A. V.; OLIVEIRA, I. R. **Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil**. Embrapa Milho e Sorgo, 102 p, 2014.

R Core Team. Uma Linguagem e Ambiente para Computação Estatística. R Fundação para Computação Estatística, Viena, Áustria, 2016. Disponível em: <https://www.-project.org/>.

ROWELL, R. M. Handbook of wood chemistry and wood composites. **Taylor & Francis, Group**, 2005. 487 p.

RIBEIRO, J. M. **Atributos químicos e microbiológicos do solo em sistemas agroflorestais do norte de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Minas Gerais, 89 p, 2014.

ROCHA, D. R.; **Desempenho de cultivares de milho-verde submetidas à diferentes populações de plantas em condições de irrigação**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 89p., 2008.

SALMERÓNA, M.; ISLA, R.; CAVERO, A. J. Effect of winter cover crop species and planting methods on maize yield and N availability under irrigated Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, v. 123, p. 89–99, 2011.

SANTONJA, M., FERNANDES, C.; GAUQUELIN, T; BALDY, V. Climate change effects on litter decomposition intensive drought leads to a Strong decrease of litter mixture interactions. *Plant Soil*, v.393, n., p. 69-82, 2015.

SANTOS, N.C.B.; CARMO, S.A.; MATEUS, G.P.; KOMURO, L.K.; PEREIRA, L.B.; SOUZA, L.C.D. Características agronômicas e de desempenho produtivo de cultivares de milho-verde em sistema orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, p. 1807-1822, 2015

SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R. & RIFFALD, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: A laboratory study. **Biology Fertility Soils**, v. 35, p.96-101, 2002.

SILVA JÚNIOR, J. V.; CAVALCANTE, M. Z. B.; BRITO, L. P. S.; AVELINO, R. C.; CAVALCANTE, I. H. L. Aproveitamento de materiais regionais na produção de mudas de tomateiro sob adubação foliar. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, p.528- 536, 2014.a

SILVA, C.F.; PEREIRA, M.G.; MIGUEL, D.L.; FEITORA, J.C.F.; LOSS, A.; MENEZES, C.E.G.; SILVA, E.M.R. da. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas florestais e pastagem no médio vale do Paraíba do sul (RJ). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.36, p.1680-1689, 2012.

SILVA, P.S.L.; SILVA, P.I.B.; OLIVEIRA V.R.; SILVA K.E.F.; MONTEIRO A.L. Doses of carnauba leaf residues and corn yield. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 74-79, 2014.b

SOUSA, P.G.R; SOUSA, J.P.F.; SOUSA, A.M.; COSTA, R.N.T. Produtividade do mamoeiro cultivado sob aplicação de cinzasvegetais e bagana de carnaúba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.11, p. 1201 - 1212, 2017

SOUSA, L. B., LUSTOSA-FILHO, J. F., AMORIM, S. P. N., NOBREGA, R. S. A., NOBREGA, J. C. A. Germinação, crescimento e nodulação natural de *Enterolobium contortisiliquum* em substratos regionais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.11, p.345-353, 2016.

SOUSA, L.B., NÓBREGA, R.S.A., LUSTOSA FILHO, J.F., AMORIM, S.P.N., FERREIRA, L.V.M., NÓBREGA, J.C.A. Cultivo de *Sesbania virgata* (Cav. Pers) em diferentes substratos. **Revista Ciência Agraria**, v.58, p.240-247, 2015a.

SOUSA, R.F.; SILVA, R.A.R.; ROCHA, T.G.F.; SANTANA, J.A.S.; VIEIRA, F.A. etnoecologia e etnobotânica da palmeira Carnaúba no Semiárido brasileiro. **Cerne**, v. 21, p. 587-594, 2015b.

SOUZA, A. A. L.; MOREIRA, F. J. C.; ARAÚJO, B. A.; LOPES, F. G. N.; SILVA, M. E. S.; CARVALHO, B. S. Desenvolvimento inicial de duas variedades de alface em função de dois tipos de substratos e cobertura do solo. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10, p. 316-326, 2016.

SOUZA, T. E. M. S.; GONÇALVES E. P.; PEREIRA, D. S.; SANTOS, L. M.; MACHADO, L. S.; SOUZA, E. R. Redução da erosão em cultivo de sorgo com cobertura morta. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 730-736, 2018

STOJAKOVIC, D.; BUGARSKI, B.; RAJIC, N. A kinetic study of the release of vanillin encapsulated in Carnauba wax microcapsules. **Journal of Food Engineering**, v.109, p.640–642, 2012.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. Drexel Institute of Technology; 1955, 104p.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. **Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos**. In: Alvares, V. H.; Schaefer, C. E. G. R.; Barros, N. F.; Mello, J. W. V.; Costa, L. M. (ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.2, p.195-276, 2002.

VICENT, P.L.D. **Zea Mays (Maize, Corn)**; In John Wiley & Sons, Ltd (Ed.), eLS. Chichester, 2012.

WULANNINGTYAS, H. S.; GONG, Y.; LI, P.; SAKAGAMI, N.; NISHIWAKI, J.; KOMATSUZAKI, M. Uma cultura de cobertura e sistema de plantio direto para

melhorar a saúde do solo, aumentando a matéria orgânica do solo no cultivo de soja. **Soil Tillage Research**, v. 205, p. 104-749, 2021.

YAGHI, T., ARSLAN A., NAOUM F.: Cucumber (*Cucumis sativus* L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. **Agriculture Water Manage**, v.128, p.149-157, 2013.

YOEMANS, J.C; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in soil Science and plant analysis**, v.19, p. 1467-1476, 1988.

ZIECH, A.R.D.; CONCEIÇÃO, P.C.; LUCHESE, A.V.; PAULUS, D.; ZIECH, M.F. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, p 948–954, 2014.