



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS – CCAA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA

**DESEMPENHO DA SOJA PRODUZIDA COM BIOCHAR DE BABAÇU E
ADUBAÇÃO MINERAL NO LESTE MARANHENSE**

Graduanda: Rayssa Carolinne Mouzinho
de Sousa

Orientadora: Profa. Dra. Luísa Julieth
Parra-Serrano

CHAPADINHA – MARANHÃO

Julho de 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS – CCAA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA

**DESEMPENHO DA SOJA PRODUZIDA COM BIOCHAR DE BABAÇU E
ADUBAÇÃO MINERAL NO LESTE MARANHENSE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Luisa Julieth Parra-Serrano.

CHAPADINHA – MARANHÃO

Julho de 2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos
pelo(a) autor(a). Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Sousa, Rayssa Carolinne Mouzinho de.

DESEMPENHO DA SOJA PRODUZIDA COM BIOCHAR DE
BABAÇU E ADUBAÇÃO MINERAL NO LESTE MARANHENSE /
Rayssa Carolinne Mouzinho de Sousa. - 2019.

42 p.

Coorientador(a): Alfredo Napoli.

Orientador(a): Luisa Julieth Parra-Serrano.

Curso de Agronomia, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha - Maranhão, 2019.

1. Attalea speciosa. 2. Condicionador de solo.
3. Fixação de carbono. 4. Glycine max L. I.
Julieth Parra-Serrano, Luisa. II. Napoli, Alfredo.
III. Título.

RAYSSA CAROLINNE MOUZINHO DE SOUSA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: _____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Luísa Julieth Parra-Serrano
Professora / CCAA – Agronomia – UFMA

Profa. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Professora / CCAA – Agronomia – UFMA

Dr. Alfredo Napoli
Pesquisador / BioWooEB Unit – CIRAD-França

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais (Raquel e Olivan) e irmãos (Rayza e Ramon), que não medem esforços e orações para que eu alcance meus objetivos e merecem todo o crédito das minhas vitórias, minha força vem deles.

À minha avó Elieth, a quem tenho como exemplo de vida, sendo ela o pilar de toda a minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu amor maior, por me fortalecer e surpreender a cada dia com sua constante presença e ação em minha vida, me concedendo saúde e disposição para enfrentar meus desafios.

À minha família em geral, especialmente ao meu avô Wilson, tio Marcinho, avó Izabel, avô Zé Romão (*in memoriam*), Eliane, Thayná, Nice, tio Joaquim, tia Lucenilde, tia Meire, Paulinha, Luciana e João Pedro, pelos conselhos, incentivos, apoio e pelas inúmeras demonstrações de dedicação e carinho por mim.

Ao meu segundo pai Deusdeth, que faz jus ao nome e data de nascimento (25/12, no natal) ao ser o reflexo de Cristo por quem passa na vida dele, como eu. Por isso, sou eternamente grata pela dádiva de conhecê-lo.

A meus melhores amigos, Larissa, Sâmia e Romário, por me fazerem crescer espiritual e profissionalmente, pelos exemplos de perseverança e força, pela parceria e inestimável ajuda nos problemas pessoais ou acadêmicos.

Ao meu grande amigo e namorado Gustavo, pelo companheirismo, amor, confiança e disposição. Por me mostrar que mesmo com as “rasteiras” e perdas da vida devemos estar sempre confiantes e dispostos a recomeçar.

Às minhas amigas Terezinha, Maria Luíza, Claudete e Luíza pelos bons e maus momentos divididos, que compuseram inesquecíveis lembranças que fizeram sentir-me sempre em casa, mesmo distante da minha cidade e família.

Aos meus amigos e colegas, Ivo, Marcus Venícios, Clene, Jardel, Verde, Letícia, Marina, Vanessa³, Samuel, Waldey, Jorge, Renan, Maya, Lohana, Raylan, Louis, Adriana, Fernando, Rodrigo, que com suas participações singulares em minha vida acadêmica, tornaram-se “família” e inesquecíveis no meu coração.

À minha orientadora Dra. Luísa Julieth, principalmente pela paciência, mas também pela oportunidade, amizade e confiança para comigo, e por sempre me induzir ao meu melhor como profissional, sendo ela um exemplo próspero de superação de desafios.

Às minhas professoras e amigas Dra. Raissa e MSc. Selma, pela gentileza e apoio incondicional prestado a mim, principalmente nesta última etapa da graduação.

Ao grupo GEPA, à UFMA e à todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse meu sonho de ser Engenheira Agrônoma.

RESUMO

O biochar é um sólido de granulação fina feito a partir de biomassa e provoca alterações nas propriedades do solo, sendo destinado a contribuir para: melhoria nas propriedades físicas e químicas do solo, redução das emissões de carbono, maior superfície específica, retenção de água no solo, maior disponibilidade de nutrientes. Sua associação a substratos e fertilizantes visa a eficiência e economia dos mesmos, tendo como objetivo maior rendimento para as culturas agrícolas, como a soja, em cultivos sustentáveis. Assim, objetivou-se analisar o efeito de três diferentes concentrações de biochar (B10 t ha⁻¹, B20 t ha⁻¹ e B30 t ha⁻¹) associadas ou não à adubação mineral (AM), no desenvolvimento de plantas de soja cultivar BRS 9383 IPRO, em comparação ao tratamento composto apenas por AM ou por Latossolo Amarelo distrófico (Lad). Realizou-se o experimento no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Maranhão localizada no município de Chapadinha-MA. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos e 7 repetições (T1: Lad; T2: Lad +B10 t ha⁻¹; T3: Lad+B20 t ha⁻¹; T4: Lad+B30 t ha⁻¹; T5: Lad+B10 t ha⁻¹+AM; T6: Lad+B20 t ha⁻¹+AM; T7: Lad+B30 t ha⁻¹+AM; T8: Lad+AM). Cada repetição possuía uma planta alocada em vaso com capacidade de 5 L. As variáveis analisadas foram: altura da planta, diâmetro do caule, comprimento radicular, número de vagens por planta, número de grãos por vagens, peso das vagens, massa fresca dos grãos, massa seca dos grãos, produtividade, massa fresca e massa seca da parte aérea. A aplicação de biochar em Lad associada a AM ou não, é benéfica ao desempenho da soja até o estágio R5. A dose que melhor se associa com AM é a de B30 t ha⁻¹. O efeito residual do biochar de babaçu atua de forma positiva no desenvolvimento da soja.

Palavras-chave: *Glycine max* L., condicionador de solo, fixação de carbono, *Atallea speciosa*.

ABSTRACT

Biochar is a fine-grained solid made from biomass and causes changes in soil properties. It is intended to contribute to: improvement of soil physical and chemical properties, reduction of carbon emissions, greater specific surface area, water retention in soil, greater availability of nutrients. Its association with substrates and fertilizers aims at the efficiency and economy of the same, aiming at higher yields for agricultural crops, such as soybeans, in sustainable crops. The objective of this study was to analyze the effect of three different concentrations of biochar (B10 t ha⁻¹, B20 t ha⁻¹ and B30 t ha⁻¹) associated to mineral fertilization (AM) on the development of soybean cultivar BRS 9383 IPRO, compared to the treatment composed only by AM or by Yellow Latosol Distrófico (Lad). The experiment was carried out at the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Maranhão located in the municipality of Chapadinha-MA. A completely randomized design was used with 8 treatments and 7 replicates (T1: Lad; T2: Lad + B10 t ha⁻¹; T3: Lad + B20 t ha⁻¹; T4: Lad + B30 t ha⁻¹; T5: Lad + B10 t ha⁻¹ + AM; T6: Lad + B20 t ha⁻¹ + AM; T7: Lad + B30 t ha⁻¹ + AM; The variables analyzed were: plant height, stem diameter, root length, number of pods per plant, number of grains per pods, weight of pods, fresh weight of grains, dry mass of the grains, productivity, fresh mass and dry mass of the aerial part. The application of biochar in Lad associated with AM or not, is beneficial to the performance of the soybean until the stage R5. The dose that is best associated with AM is B30 t ha⁻¹. The residual effect of babassu biochar acts positively on soybean development.

Key words: *Glycine max* L., soil conditioner, carbon fixation, *Attalea speciosa*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do Latossolo Amarelo Distrófico, utilizado no experimento.	21
Tabela 2. Descrição geral dos tratamentos de acordo com as suas respectivas composições.	22
Tabela 3 Teores de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N), umidade, cinzas, carbono fixo e materias voláteis presentes no biochar de babaçu.	23
Tabela 4. Valores médios das variáveis de altura da planta (AP) e diâmetro do caule (DC), avaliadas na soja cultivar BRS 9383 IPRO sob a adição de biochar e adubação mineral associados ou não.	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Médias de temperatura e precipitação no município de Chapadinha-MA durante o ano.	21
Figura 2 Evolução na altura das planta (AP) de soja cultivar BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha ⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.	26
Figura 3. Evolução do diâmetro do caule (DC) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha ⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.	27
Figura 4 Médias da massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha ⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.....	28
Figura 5 Médias do comprimento radicular (CR) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha ⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.	29
Figura 6. Médias do número de vagens (NV) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha ⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.	30
Figura 7. Médias do peso das vagens (PV) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha ⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.	31
Figura 8. Médias do número de grãos (NG)) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha ⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.	31
Figura 9. Médias da massa fresca dos grãos (MFG) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha ⁻¹) associadas ou não à adubação mineral..	32
Figura 10. Médias da massa seca dos grãos (MSG) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha ⁻¹) associadas ou não à adubação mineral..	33
Figura 11. Médias da produtividade em kg ha ⁻¹ (PROD) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha ⁻¹)	

associadas ou não à adubação mineral. 34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1 Cultura da soja.....	15
3.2 Produção de soja no Brasil.....	15
3.2.1 Cultivo da soja	16
3.2.2 Biochar: conceito e características.....	17
3.3 Propriedades e benefícios do Biochar adquiridos com o processo de pirólise	17
3.3.1 Aplicação de biochar em culturas agrícolas	18
3.3.2 Material precursor (Ráquis da palmeira de babaçu)	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Características do local e do solo utilizados no experimento	20
4.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos	21
4.3 Condições Experimentais.....	22
4.4 Biochar utilizado no experimento	22
4.5 Variáveis avaliadas.....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa lugar de destaque no cultivo da soja (*Glycine max* L.), possuindo grande influência na economia mundial como segundo maior produtor e exportador (EMBRAPA, 2019; APROSOJA, 2019). Em 2018 foram produzidos 116.996 milhões de toneladas de grãos em uma área plantada de 35.100 milhões de hectares, enquanto que a produtividade foi de 3.333 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). Para que o Brasil atingisse essa produção significativa, foi imprescindível ter a sua disposição avançadas técnicas de manejo, mudanças no uso do solo e disponibilidade de terras, afim de garantir a regularidade no fornecimento do produto (SIGNOR et al., 2014).

Contudo, o crescimento destas áreas agricultáveis associou-se às operações de desmatamento e queima realizadas de forma intensiva, o que ocasionou a redução da fertilidade e quantidade de matéria orgânica do solo, e favoreceu a aparição de procesos degradativos (PETTER; MADARI, 2012). Além disso, o uso excessivo de insumos químicos se tornou um fator relevante para as crescentes concentrações atmosféricas de gases promotores do efeito estufa e que estão relativamente ligados aos solos, como o dióxido de carbono (CO²), metano (CH⁴) e o óxido nitroso (N₂O) (SIGNOR et al., 2014; MACHADO, 2005). Fazendo-se necessário o uso de alternativas para a produção de sistemas agrícolas sustentáveis.

Diante de tais problemáticas, diversas pesquisas sobre a aplicação de biochar em solo ou substratos, foram desencadeadas como alternativa para mitigar a degradação dos recursos naturais e as perturbações do clima global. Pois, o carbono do biochar é estável, e quando comparado à biomassa que o originou, não pode retornar para a atmosfera prontamente como gás carbônico, mesmo em condições ambientais favoráveis (TRAZZI et al., 2018). Já identificou-se que o biochar apresenta armazenamento de carbono no solo por possivelmente milhares de anos, como enfatizado por John (2008).

Frações de carbono pirogênico, foram encontrados em grandes quantidades nas terras férteis e escuras de modificações antropogênicas, chamadas Terra Preta de Índio (TPI), datadas com mais de 1000 anos, sendo estas compostas por material vegetal de descomposição térmica (KÄMPF; KERN, 2005). Tal descoberta serviu como base para idealizar o biochar e evidenciar sua persistência a longo prazo.

O biochar corresponde à fração sólida da carbonização de biomassa, quem tem

sua qualidade, rendimento e poder calorífico dependentes do processo de pirólise e da matéria-prima que o originou, fazendo com que seus efeitos dependam das suas características físicas e químicas (MAIA et al., 2014). O processo de pirólise com a presença limitada ou ausente de oxigênio, confere granulação fina ao material e o capacita para o uso na agricultura como condicionador do solo (MELLIGAN et al., 2012). Com isso, a superfície específica e a microporosidade do biochar são elevadas (RÓZ, et al., 2015; JOSEPH et al., 2013; CAVALCANTE et al., 2012), tendo como consequência, maior retenção de água e capacidade de troca catiônica (MENEZES JÚNIOR et al., 2000).

O biochar é muito recalcitrante devido seu elevado grau de aromaticidade. Na literatura, seu tempo de residência no solo é relatado em até centenas de anos, dependendo das condições de manejo e quantidade aplicada (AKHTAR et al., 2014). Seus grupos funcionais reativos, presentes em estruturas aromáticas podem contribuir para uma maior absorção de nutrientes favorecendo o substrato no qual está condicionando (MELO; SILVA, 2018; FIGUEIREDO et al., 2017; SILVA et al., 2017; GHEZZEHEI et al., 2014).

Na região do Leste Maranhense a palmeira de babaçu (*Attalea speciosa* sin. *Orbignya phalerata* Mart.) demonstrou grande potencial como matéria-prima para a fabricação de biochar com características físicas, químicas e biológicas desejáveis para aumentar a produtividade das culturas agrícolas (PARRA-SERRANO et al., 2016).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o efeito de três diferentes concentrações de biochar, produzido a partir da carbonização da ráquis da palmeira de babaçu, associadas ou não à adubação mineral, no desenvolvimento de plantas de soja cultivar BRS 9383 IPRO.

2.2 Objetivos específicos

Identificar a dose de biochar que melhor se associa com a adubação mineral, proporcionando maior produtividade para a cultivar BRS 9383 IPRO.

Evidenciar a aplicabilidade do biochar como condicionador de melhorias no solo através da análise de seus efeitos nas características biométricas das plantas de soja.

Analisar o efeito residual do biochar produzido a partir da carbonização da ráquis da palmeira de babaçu, na produtividade da soja quando associado ou não à adubação mineral.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pertence à família das leguminosas (VENNETI; GASTAL 1979). Ela é uma planta herbácea e ereta que cresce anualmente (VILLHALVA, 2008) estando inserida na classe Magnoliopsida (Dicotiledônea), ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Glycine* L (VENNETI; GASTAL 1979). As características morfológicas apresentam grande variabilidade, e podem sofrer influência do meio ambiente, como por exemplo, a variação entre 30 e 200 cm de altura com mais ou menos ramificações (CANTELLI, 2016).

Os primeiros estudos detalhados para a escala fenológica da soja, foram elaborados em 1977 por Fehr e Caviness, que a subdividiram em duas grandes fases: vegetativa, com 6 estádios e reprodutiva, com 9 estádios. Os estádios da fase vegetativa são determinados de acordo com observações nas variações da haste principal, já no estádio reprodutivo, são observadas nas cultivares de ciclo indeterminado, as partes medianas da haste principal e o terceiro quarto nó de cima para baixo nas de ciclo determinado (RITCHIE et al., 1982; FEHR; CAVINESS, 1977).

3.2 Produção de soja no Brasil

Segundo o levantamento da produção de soja realizado pela CONAB (2018), dentre os estados brasileiros com maior produção de soja tem-se em primeiro lugar o Mato Grosso com 31,887 milhões de toneladas, seguido pelo Paraná com 19,070 milhões de toneladas e o Rio Grande do Sul com 16,968 milhões de toneladas. Em relação à

produtividade os referentes estados ocupam as mesmas posições. A produção nacional é direcionada para diferentes setores da agroindústria interna e externa. As diversas utilidades da cultura caracterizam o “complexo soja”, que é composto pelos grãos e seus derivados (óleo, farelo de soja, farinha de soja desengordurada e proteína isolada). Tais componentes são direcionados tanto para o uso comestível quanto para o industrial (EMBRAPA, 2018).

3.2.1 Cultivo da soja

No Brasil, implantação de variedades resistentes a doenças (FREITAS, 2011) e o desenvolvimento de programas de melhoramento de soja, possibilitaram a expansão da cultura para regiões de baixas latitudes, por meio da geração de cultivares mais adaptadas que receberam genes que atrasam o florescimento mesmo em condições de fotoperíodo indutor, conferindo a característica de período juvenil longo (KIIHL; GARCIA, 1989).

A temperatura média ideal para o crescimento e desenvolvimento da soja está em torno dos 30 °C, sendo que sua maturação acelera sob altas temperaturas e a floração é induzida com ambientes acima de 13 °C, havendo efeitos adversos na taxa de crescimento quando ultrapassados os 40 °C, além da ocorrência de distúrbios na floração e capacidade de retenção das vagens – principalmente quando associados ao déficit hídrico (EMBRAPA, 2013). A adaptação de diferentes cultivares a determinadas regiões depende, além das exigências hídricas e térmicas, de sua exigência fotoperiódica.

A soja é uma cultura muito exigente em recurso hídrico, variando de 430 a 800 mm – motivo pelo qual os produtores optam por trabalhar na safra de verão chuvoso (NAOE et al. 2017; EMBRAPA, 2013). O elemento água somado aos macro e micronutrientes essenciais, devem estar presentes no solo em quantidades suficientes e em relações equilibradas, para que possam ser eficientemente aproveitados pelas plantas evitando que interfiram negativamente entre si na absorção, tendo como consequência, por exemplo, decréscimo em produtividade (NAOE et al., 2017; GAVA, 2014; TAIZ; ZEIGER, 2006).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais requerido pela cultura da soja. Contudo, a fixação biológica do nitrogênio (FBN) é a principal fonte de N para a planta de soja, não havendo necessidade de utilização desse nutriente no ato da adubação (OLIVEIRA et al.

2007). Já a recomendação de fósforo e potássio (PK) tem sido feitas de acordo com o estado/região (RIBEIRO et al., 1999).

3.3 Biochar: conceito e características

Segundo Ralebitso e Orr (2016), o biochar é um carvão feito a partir de biomassa e provoca alterações nas propriedades do solo. Às vezes denominado pirochar – devido ao processo de pirólise ao qual o material é submetido - o biochar é um produto sólido rico em carbono obtido a partir da carbonização da biomassa, como madeira, estrume ou folhas, aquecida em altas temperaturas (entre 500 a 800 °C) sob baixa concentração de oxigênio (VERHEIJEIN et al., 2010).

O carbono aprisionado no carvão vegetal através do processo de pirólise faz com que ele perdure no solo por milhares de anos (SPOKAS et al., 2010; VERHEIJEIN et al. 2010). Embora a longevidade desse material no solo seja evidente, a taxa quantitativa de decomposição ainda requer avaliação por meio de metodologias que poderiam fornecer dados mais precisos.

3.3.1 Propriedades e benefícios do Biochar adquiridos com o processo de pirólise

O biochar está destinado a contribuir significativamente com a redução das emissões de carbono, com a redução de resíduos e produção de energia (PROTÁSIO et al., 2013). Isso é possível devido às suas características de produção, pois durante esse processo o carbono além de fixado na biomassa é estabilizado fotossinteticamente para em seguida ser aplicado ao solo.

O produto de origem para a fabricação do biochar determina a composição química definitiva, enquanto que a temperatura do processo pode determinar a área da superfície, tamanho, volume, distribuição do poro e área de absorção do biochar (RALEBITSO; ORR, 2016). A quantidade de carbono produzida pela queima também depende desse produto, assim como da temperatura e tempo de exposição (TROMPOWSKY et al., 2005).

Notoriamente, um dos grandes desafios para a comunidade científica atualmente é retardar o constante impulsionamento das condições climáticas, que de acordo com a literatura podem ser contornados com a utilização racional dos recursos hídricos e

sequestro de carbono.

Cernansky (2015) argumenta que com o sequestro de carbono, grandes benefícios econômicos poderão ser alcançados por meio da restauração do ecossistema, uma vez que terras contaminadas são recuperadas e a produtividade das culturas tende a aumentar associada à eficácia dos fertilizantes. Ele cita que esta prática é “inteligente para o clima” e que camponeses de países em desenvolvimento terão diversos benefícios.

Diversos pesquisadores evidenciaram que a quantidade de carbono no solo influencia a colonização por espécies microbianas. Hammer et al. (2014), por exemplo, observou a colonização fúngica em biochar onde avaliou o crescimento de micorrizas e recuperação de fósforo a partir das superfícies do material.

Na formação do biochar ocorre um rearranjo nos átomos de carbono o que resulta em sua estrutura altamente porosa que varia de $< 0,9$ nm em nanoporos a >50 nm em macroporos, melhorando sua capacidade de reter água e nutrientes e aumenta a área de superfície do solo (ATKINSON et al., 2010). Devido a essas características os efeitos mais importantes são para a física do solo. Esse material possui um real potencial agrônômico para rendimento das culturas, pois é um estimulante microbiano na rizosfera, reduz a aplicação de fertilizantes, minimiza emissões de carbono (ao realizar o sequestro de C) e diminui demandas por irrigações devido a sua alta capacidade de reter a umidade do solo (RALEBITSO; ORR, 2016), contudo, os efeitos são pronunciados em solos arenosos (MADARI et al., 2011).

3.3.2 Aplicação de biochar em culturas agrícolas

Diversos estudos já relataram efeitos significativos da aplicação de biochar nos solos para a melhoria do rendimento das culturas. Nas últimas décadas o número de estudos sobre a avaliação desses benefícios sobre o solo ou as culturas aumentaram (LEHMANN et al., 2003; OGUNTUNDE et al., 2004,; MADARI et al., 2006; STEINER et al., 2007; KIMETU et al., 2008; ASAI et al., 2009; PETTER,2010; KARHU et al., 2011; LAIRD et al., 2010; ZHANG et al., 2011; SOUCHIE et al., 2011).

Dentre os resultados de experimentos a campo, estão os de Oguntunde et al. (2004), que obtiveram efeitos positivos do carvão vegetal sobre a produção de milho e sobre as características físicas e químicas do solo, destacando-se aumentos de

aproximadamente 91% na produtividade de grãos e 44% na biomassa vegetal.

Major et al. (2005) observaram que a adição de carbono na forma de carvão provocou aumento na biomassa de plantas de arroz em 53%. Outros efeitos positivos da aplicação de biochar sobre os rendimentos foram verificados por Zhang et al. (2011) para milho e Steiner et al. (2007), Kimetu et al. (2008) e Asai et al. (2009) para arroz de terras altas, de diferentes regiões do mundo. Estes resultados foram alcançados em taxas de aplicação consideradas relativamente elevadas (KARHU et al., 2011; MADARI et al., 2011).

Os efeitos imediatos e significativos do biochar no aumento da disponibilidade de nutrientes e da queda da acidez do solo também são frequentemente relatados na literatura. Isto é devido ao alto teor de cinzas no biochar, que é composto, principalmente, de metais de reação básica (PETTER; MADARI, 2012).

Um aumento expressivo na disponibilidade de K, aproximadamente 329%, foi encontrado por Oguntunde et al. (2004), na disponibilidade P, K, magnésio (Mg) e cálcio (CA) por Laird et al. (2010). Petter (2010) também encontrou efeitos significativos da aplicação de biochar nas propriedades químicas do solo e na resposta fisiológica de soja e arroz na savana brasileira, notando aumentos nos níveis de P, K, Ca e Mg disponíveis, redução da acidez potencial do solo através do decréscimo no teor de alumínio (Al), e um aumento na eficiência de uso de nutrientes.

3.3.3 Material precursor (Ráquis da palmeira de babaçu)

O babaçu é uma palmeira nativa da América do Sul pertencente à família botânica Palmae (Arecaceae). *Attalea speciosa* refere-se ao babaçu comum (TEIXEIRA, 2008). A palmeira tem maiores populações e uso mais intensivo nos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins, e é usada como um precursor atrativo devido ser um material renovável, que naturalmente já é descartado na planta (MACHADO; KAWABATA, 2015).

O babaçu pertence a uma das mais representativas cadeias produtivas do Brasil e do Maranhão. A cultura abrange 13 a 18 milhões de hectares, 279 municípios de 11 estados, possuindo uma infinidade de usos potenciais que contribuem para o sustento de diversas famílias que sobrevivem da agricultura de subsistência (NOLETO, 2012). Segundo o censo agropecuário, a amêndoa do babaçu é o segundo produto florestal não

madeireiro mais vendido no Brasil, com cerca de 120 mil toneladas anuais, com valor de venda de quase R\$ 150 milhões (IBGE, 2017).

Além de todas as partes da palmeira de babaçu serem passíveis de aproveitamento, existe um grande mercado para seus produtos e subprodutos. Protásio et al. (2014), enfatizaram sobre o potencial agroindustrial e energético da biomassa de babaçu como contribuição para produção de caldeiras de calor ou vapor, ou na produção de carvão vegetal para a indústria siderúrgica, combustíveis a gás, etanol de segunda geração e cozinhar alimentos.

Além do potencial para a energia, o endocarpo de babaçu mostrou um significativo potencial como biochar para sequestro de C, devido ao seu alto carbono fixo e estabilidade térmica, e quando produzido a partir do resíduo de babaçu demonstrou estabilidade térmica e ausência de grupos funcionais em sua estrutura (MAIA et al., 2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características do local e do solo utilizados no experimento

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) Campus Universitário de Chapadinha – MA, no período de janeiro a abril de 2018 e teve parceria com CIRAD-França (Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agronômica para o Desenvolvimento). A UFMA está situada na Br 222 – KM 06, S/N – Boa Vista – CEP 65500 00, com coordenadas 03°44'28,7"S e 43°18'46,"W e altitude de 107 m.

Não houveram práticas de correção de solo para o presente experimento. O solo utilizado é classificado como um Latossolo Amarelo distrófico (Lad), textura franco-arenosa segundo a Embrapa (SANTOS, 2013) que apresenta as seguintes características na camada de 0 a 20 cm (Tabela 1):

Tabela 1. Características químicas do Latossolo Amarelo Distrófico, utilizado no experimento.

pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	P-resina	K	MO	V	Argila	Silte	Areia
CaCl ²	-----mmol dm ⁻³ -----					-----mg dm ³ -----			-----%-----			
4,5	5,0	14,0	7,0	24,3	54,3	8,0	50,83	15	44,8	14	42	54

Al: Alumínio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; SB: soma de base; CTC: capacidade de troca catiônica; P: fósforo; K: potássio; MO: matéria orgânica; V: saturação por bases

Baseado na classificação de Köppen e Geiger o clima da região é classificado como clima tropical semi-úmido (Aw), com temperatura média anual de 26,9 °C e precipitação pluviométrica anual média de 2100 mm ano⁻¹ (INMET, 2018). A região possui duas estações bem definidas, sendo uma estação chuvosa que se estende de janeiro a junho (Figura 1) e uma estação seca com um déficit hídrico de julho a dezembro (MOURA-SILVA et al., 2016).

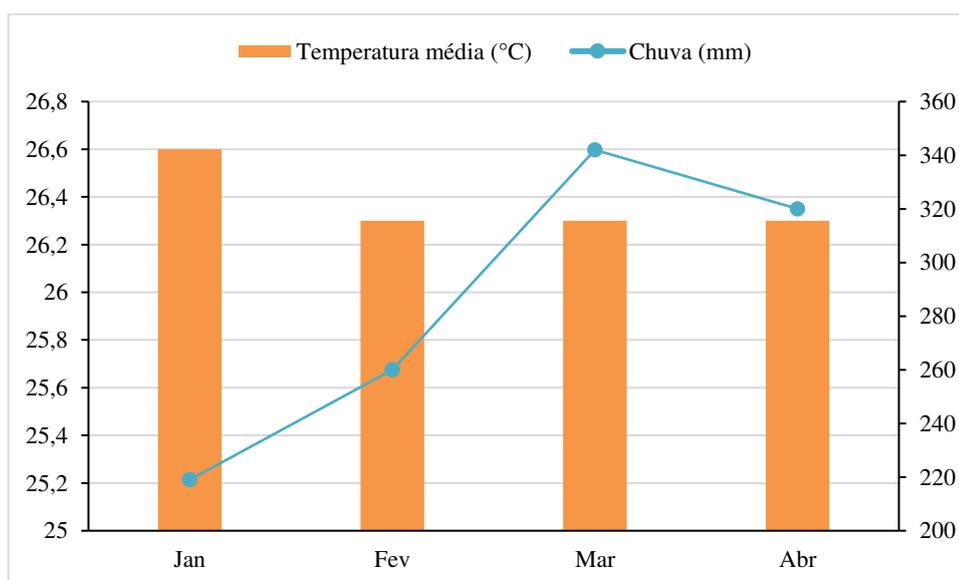


Figura 1. Médias de temperatura e precipitação no município de Chapadinha-MA durante a execução do experimento (janeiro a abril de 2018).

4.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) contendo 8 tratamentos e 7 repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação de 3 doses crescentes de biochar (B), 3 doses crescentes de biochar associadas à adubação mineral (AM), dose exclusiva de adubação mineral (AM) e um tratamento controle com solo

classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (Lad) (Tabela 2).

Tabela 2. Descrição geral dos tratamentos de acordo com as suas respectivas composições.

Tratamentos	Composição
T1	Lad
T2	Lad + B 10 t ha ⁻¹
T3	Lad + B 20 t ha ⁻¹
T4	Lad + B 30 t ha ⁻¹
T5	Lad + B 10 t ha ⁻¹ + AM
T6	Lad + B 20 t ha ⁻¹ + AM
T7	Lad + B 30 t ha ⁻¹ + AM
T8	Lad + AM

4.3 Condições Experimentais

Foram utilizados vasos com capacidade de 5 L e o início do experimento ocorreu em janeiro de 2018 com a homogeneização do solo contido nesses vasos, que foram posteriormente dispostos sob abrigo com 40m² protegido por telado 50% sombreado.

As sementes de soja foram previamente inoculadas e o solo dos vasos adubados de acordo com o recomendado por Alvarez et al. (2016), na ocorrência da semeadura de acordo com a recomendação para a cultura.

Foram semeadas 2 sementes em cada vaso a uma profundidade de 3 cm, realizando-se o desbaste aos 15 dias após a semeadura (DAS), de modo a deixar somente a muda mais vigorosa. A rega aconteceu de forma manual quando necessário. Devido a realização do experimento ter sido no período chuvoso houve o aparecimento de plantas daninhas que foram controladas pelo arranquio manual.

A soja utilizada foi a cultivar BRS 9383 IPRO desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), caracteriza-se como soja intacta, com resistência ao herbicida glifosato e proteção contra lagartas.

4.4 Biochar utilizado no experimento

O biochar utilizado estava em seu efeito residual, tendo passado por um período

de incubação de 26 meses, com cultivo de três ciclos de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Babá de Verão (Manteiga), sendo este o quarto cultivo com o material. Os processos de escolha e coleta da matéria-prima para o biochar (feitos no município de Chapadinha-MA), bem como sua padronização para a carbonização e análise química (realizado pelo CIRAD-França), foram descritos por Parra-Serrano (2016). Através da análise química foram quantificados os teores dos elementos presentes no Lad apresentados na Tabela 3.

As ráquis da palmeira de babaçu foi escolhida como material precursor devido a abundância em quantidade e importância socioeconômica da cultura para a região do Leste Maranhense. Foram coletadas folhas secas de palmeiras aleatórias, das quais se retirou o galho central, o qual foi seccionado em partes com 15 cm de comprimento permitindo otimizar a disposição do material para a carbonização no forno. O teor de umidade foi homogeneizado mantendo a matéria prima em condições ambientais controladas, com temperatura média de 21°C e umidade relativa de 69% durante 8 dias.

A produção do biochar foi realizada pelo Cirad-França através do processo de pirólise com uso de um reator de carbonização Macro-ATG desenvolvido pelo instituto.. A temperatura de pirólise foi 500 °C com uma taxa de aquecimento de 5°C min⁻¹ e um tempo de residência de 2 horas em atmosfera de gás nitrogênio N₂, com fluxo de 2,5 N l .min⁻¹ e período de resfriamento de 8 horas. Após o processo de combustão, o material carbonizado foi triturado e peneirado para ser adicionado ao solo seco de forma homogênea e nas três concentrações a serem testadas também no atual experimento com soja: 10 ton.ha⁻¹ , 20 ton.ha⁻¹ e 30 ton.ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 3 Teores de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N), umidade, cinzas, carbono fixo e materiais voláteis presentes no biochar de babaçu.

PH	Teor de umidade (%)	Teor de cinzas (%)	Materiais Voláteis (%)	Carbo no Fixo (%)	N (%)	C (%)	H (%)
9,62	3,57	7,79*	13,56*	78,65*	0,37	67,46	2,74

*Teor analisado em base seca com analisador universal
(Fonte: PARRA-SERRANO et al., 2016)

4.5 Variáveis avaliadas

Durante o desenvolvimento das plantas de soja na casa de vegetação, as variáveis altura da planta (AP) e diâmetro do caule foram medidas nos respectivos tratamentos, com as plantas ainda em vasos. Para analisar a evolução no crescimento da cultura, as medições de AP e DC foram realizadas de 15 em 15 dias, iniciando-se aos 15 DAS. Para isso, a altura da planta foi medida do nível do solo ao ápice da planta com fita métrica e o diâmetro do caule foi medido a uma altura de 10 cm com paquímetro digital.

A coleta das plantas foi realizada no mês de abril, aos 85 DAS quando a cultura estava no estágio R5.5 (vagens localizadas no terço superior da haste principal entre 76 a 100% de granação máxima), pois o desenvolvimento das raízes foi limitado pelo volume do vaso, impossibilitando a finalização do ciclo da cultura, uma vez que já ocorria a perda das folhas, o que poderia comprometer as variáveis de análise da fitomassa.

Para a análise do efeito dos tratamentos, foi realizado o registro das seguintes variáveis: comprimento radicular (CR), número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagens (NG), peso das vagens (PV), massa fresca dos grãos (MFG), massa seca dos grãos (MSG), produtividade (PROD), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA). Para a determinação da massa seca o material vegetal foi conduzido à estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 65 °C até atingir um teor de umidade constante e pesada em balança analítica com precisão de 0,01g.

Para observar a diferença entre tratamentos foi efetuada a análise de variância (ANOVA) por meio do software Infostat[®] versão 2015 (DI RIENZO et al., 2008) e as médias comparadas entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar o crescimento da cultura da soja cv BRS 9383 IPRO, encontrou-se diferença significativa nos tratamentos em função dos diferentes dias de avaliação (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios das variáveis de altura da planta (AP) e diâmetro do caule (DC), avaliadas na soja cultivar BRS 9383 IPRO sob a adição de biochar e adubação mineral associados ou não.

Tratamentos	Variável	Dias após a semeadura (DAS)				
		15	30	45	60	75
T1	AP	16,46 ab	28,42 ab	31,02 bc	31,99 c	35,16 b
T2		15,39 b	27,76 ab	30,00 c	31,79 c	35,24 b
T3		18,90 a	31,27 a	37,69 a	40,33 a	41,47 a
T4		18,00 ab	29,60 ab	34,59 ab	38,09 ab	39,96 a
T5		17,51 ab	28,16 ab	33,74 abc	35,77 abc	38,97 ab
T6		16,59 ab	29,19 ab	33,89 abc	36,17 abc	38,36 ab
T7		17,66 ab	27,44 b	32,86 bc	36,37 abc	39,44 a
T8		17,69 ab	27,04 b	33,14 bc	35,38 bc	38,36 ab
T1	DC	0,17 a	0,27 ab	0,30 c	0,38 c	0,53 ab
T2		0,16 ab	0,29 ab	0,29 bc	0,43 bc	0,45 b
T3		0,18 a	0,29 ab	0,38 a	0,52 a	0,70 a
T4		0,19 a	0,28 b	0,35 ab	0,49 ab	0,53 ab
T5		0,16 ab	0,29 ab	0,32 abc	0,43 abc	0,59 ab
T6		0,18 a	0,32 a	0,34 ab	0,49 ab	0,59 ab
T7		0,18 a	0,29 ab	0,37 a	0,51 ab	0,61 ab
T8		0,14 b	0,23 c	0,28 bc	0,45 abc	0,53 ab

Médias com letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. DAS: dias após a semeadura; T1: Latossolo amarelo distrófico (Lad); T2: Lad + biochar (B10 t ha⁻¹); T3: Lad + biochar (B20 t ha⁻¹); T4: Lad+biochar (B30 t ha⁻¹); T5: Lad + B10 t ha⁻¹ + adubação mineral (AM); T6: Lad + B20 t ha⁻¹ + AM; T7: Lad + B30 t ha⁻¹ + AM; T8: Lad + AM.

A análise da evolução na altura e diâmetro do caule das plantas de soja mostra que o tratamento T3 (Lad+B20 t ha⁻¹) apresentou efeito positivo, se sobressaindo aos demais tratamentos (Figura 2). Na variável altura da planta (AP), este efeito ficou evidente para todos os dias de análises, diferindo estatisticamente dos tratamentos T1 (Lad) nos últimos dias de análise, e de T8 aos 45 e 60 dias após a semeadura (DAS).

A partir dos 60 DAS (fase reprodutiva) é possível observar que a influência exclusiva do biochar (T3) passa a não ser tão evidente na variável AP quanto na fase vegetativa, isso pode estar relacionado com a mudança de estágio da cultura, significando que o efeito do biochar passa a ser “dividido” entre a produtividade (PD), AP e fitomassa. O DC comportou-se de forma contrária à AP, pronunciando o efeito de T3 somente após os 60 DAS (Figura 3).

O biochar, ao induzir alterações físico-químicas no solo, pode ser benéfico sobre o desenvolvimento de plantas e disponibilidade de enxofre (S) e fósforo (P), mesmo em ambientes onde tais nutrientes são escassos, como foi descrito por Fox, et al. (2016).

O S e o P fazem parte de qualquer composto orgânico vital para as plantas, uma vez que são macronutrientes estruturais, levando em consideração o controle hormonal para o crescimento e diferenciação celular feito através do S e a necessidade de P para o crescimento e maturação normais (MALAVOLTA et al., 1977), o que pode ter favorecido o resultado das análises avaliadas. Os resultados obtidos neste experimento corroboraram os obtidos por Petter (2010), o qual estudando o efeito do biochar em solos de cerrado, constatou que, na cultura da soja, as doses de 8 e 16 t ha⁻¹ (doses intermediárias) proporcionaram maior altura e massa seca das plantas

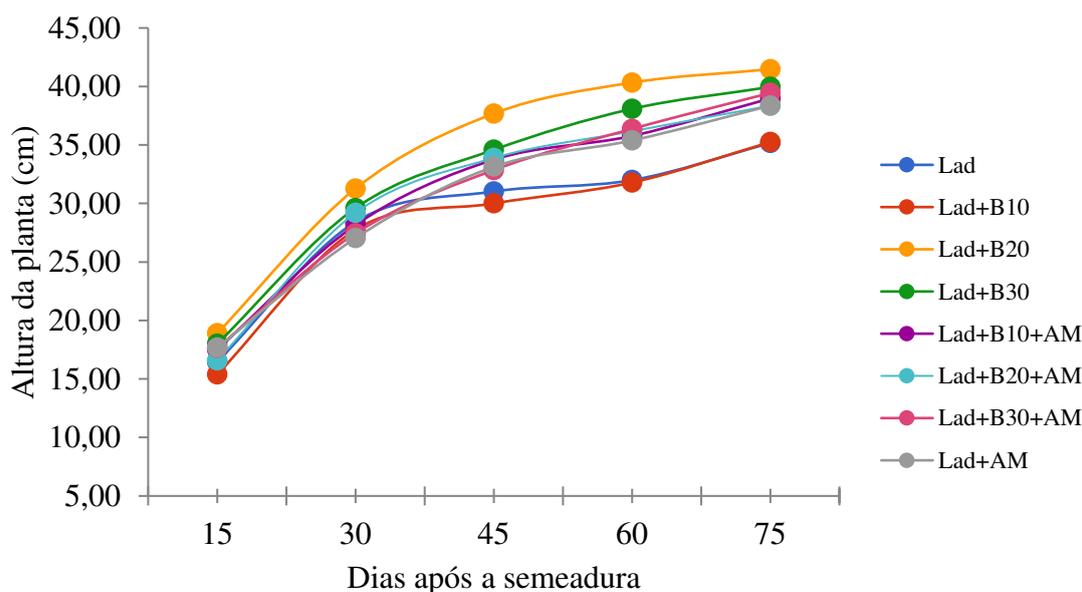


Figura 2. Evolução na altura das planta (AP) de soja cultivar BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.

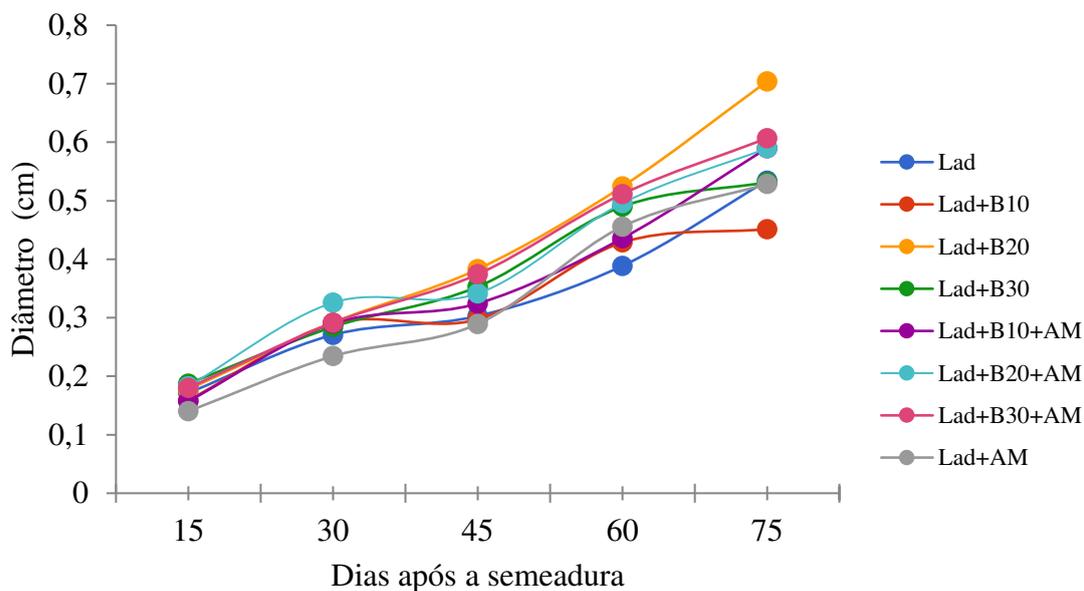


Figura 3. Evolução do diâmetro do caule da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.

Para a massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, T3 (Lad+B20 t ha⁻¹) apresentou a média mais elevada (Figura 4). Jeffery et al (2011) citam que a característica alcalina do biochar pode beneficiar as leguminosas, estimulando a fixação biológica de nitrogênio (FBN), particularmente sob condições limitantes de N no solo. Contudo, mesmo beneficiando a FBN, a aplicação exclusiva do fator B, assim como a de AM não diferiram do tratamento controle (T1).

Essa capacidade competitiva em T1 pode ter ocorrido devido a demanda de N ter sido atendida pela FBN dispensando a aplicação de biochar ou de AM. O que culminou na atuação do N em todas as fases da planta, sendo este o nutriente quantitativamente mais requerido pelas plantas (Kong et al., 2013).

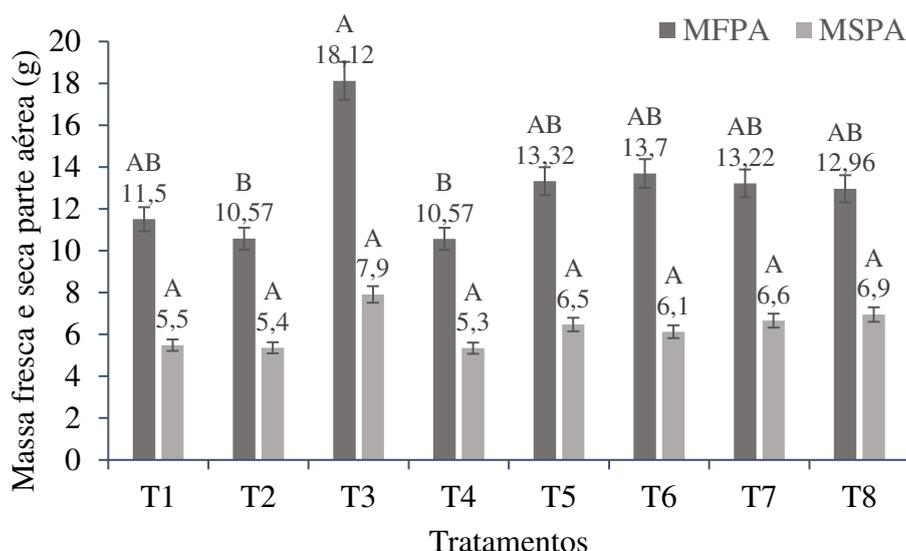


Figura 4 Médias da massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.

Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. T1: Latossolo amarelo distrófico (Lad); T2: Lad + biochar (B10 t ha⁻¹); T3: Lad + biochar (B20 t ha⁻¹); T4: Lad+biochar (B30 t ha⁻¹); T5: Lad + B10 t ha⁻¹ + adubação mineral (AM); T6: Lad + B20 t ha⁻¹ + AM; T7: Lad + B30 t ha⁻¹ + AM; T8: Lad + AM.

O aumento do comprimento radicular (CR) foi proporcional ao aumento da concentração de biochar no substrato sem a adição de AM, com destaque na dose de B 30 t ha⁻¹ que promoveu maior acréscimo para essa variável, sendo este tratamento aproximadamente 27% superior a dose de B 10 t ha⁻¹ e 43% superior ao utilizar somente Lad ou Lad+AM (Figura 5). Os tratamentos com a associação entre B e AM também foram superiores e estatisticamente diferentes de T8 (Lad+AM) e T1(Lad).

De acordo com Achete et al. (2013), o biochar tende a elevar a capacidade de troca de cátionica (CTC) e promover um ambiente mais favorável ao desenvolvimento do sistema radicular. Tal desenvolvimento pode corresponder também às melhorias físicas do solo condicionadas pelo biochar, pois o aumento da dose possivelmente propiciou, maior porosidade e aeração.

Por outro lado, pode aferir-se que a ausência de calagem ou biochar desfavoreceu o CR em T8 (Figura 5). Pois a calagem também possui importante papel nas melhorias para o ambiente radicular em situações de impedimento físico por compactação ou selamento de poros, além de aumentar a eficiência dos adubos (ZANDONÁ et al., 2015).

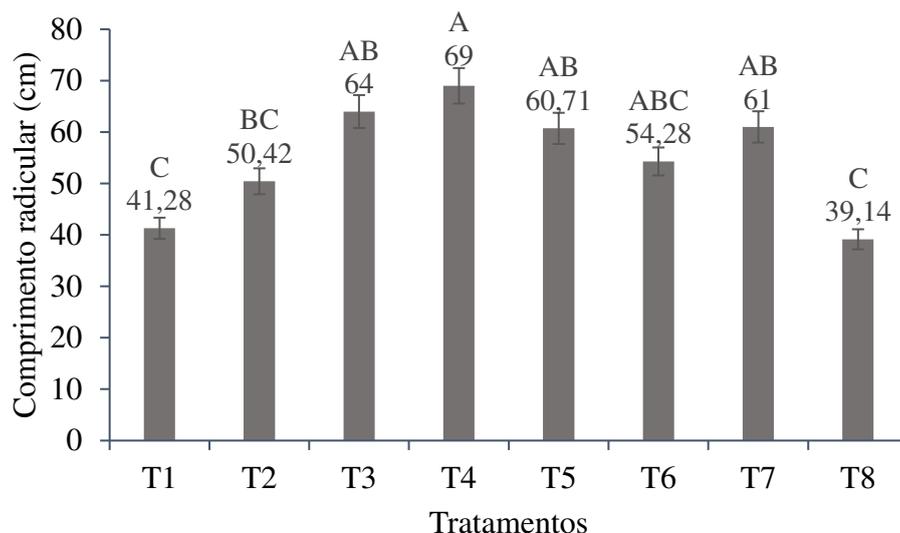


Figura 5 Médias do comprimento radicular (CR) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha⁻¹) associadas ou não à adubação mineral..

Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. T1: Latossolo amarelo distrófico (Lad); T2: Lad + biochar (B10 t ha⁻¹); T3: Lad + biochar (B20 t ha⁻¹); T4: Lad+biochar (B30 t ha⁻¹); T5: Lad + B10 t ha⁻¹ + adubação mineral (AM); T6: Lad + B20 t ha⁻¹ + AM; T7: Lad + B30 t ha⁻¹ + AM; T8: Lad + AM.

O tratamento exclusivo de AM promoveu um maior incremento no número de vagens (NV) diferindo estatisticamente de todos os tratamentos, onde proporcionou uma média de 49 vagens por planta (Figura 6). Isso ocorre devido ao suprimento de elementos essenciais à planta através da adubação mineral, que auxiliam na formação das vagens.

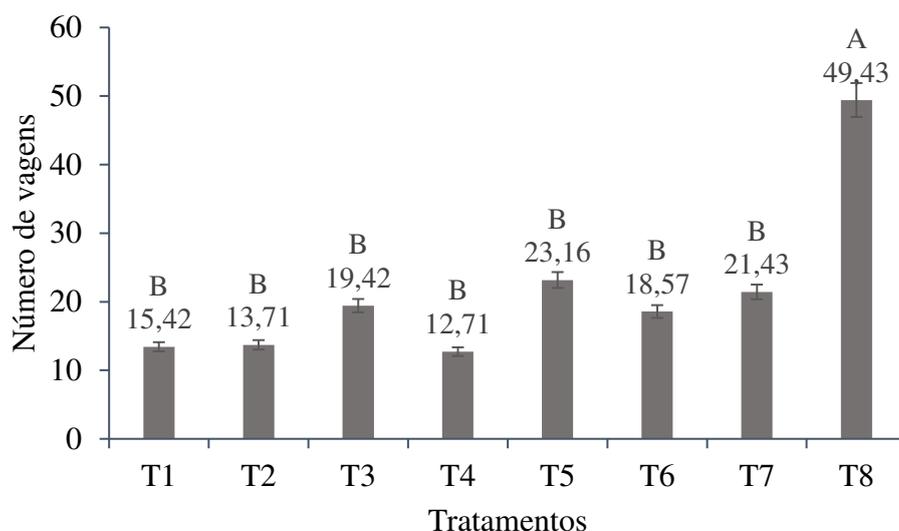


Figura 6. Médias do número de vagens (NV) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.

Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. T1: Latossolo amarelo distrófico (Lad); T2: Lad + biochar (B10 t ha⁻¹); T3: Lad + biochar (B20 t ha⁻¹); T4: Lad+biochar (B30 t ha⁻¹); T5: Lad + B10 t ha⁻¹ + adubação mineral (AM); T6: Lad + B20 t ha⁻¹ + AM; T7: Lad + B30 t ha⁻¹ + AM; T8: Lad + AM.

O efeito de T8 (Lad+AM) também apresentou uma maior média para o peso das vagens e número de grãos (NG) (Figuras 7 e 8), porém não diferiu estatisticamente de T7 (Lad + B 30 t ha⁻¹) nas duas variáveis. Assim, ambos diferiram do tratamento testemunha. O resultado em T8 corrobora com os de Batistella filho et al. (2013), ao constatarem que sementes de soja produzidas em diferentes safras com a aplicação de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, foram 3,1% mais pesadas do que as do tratamento testemunha.

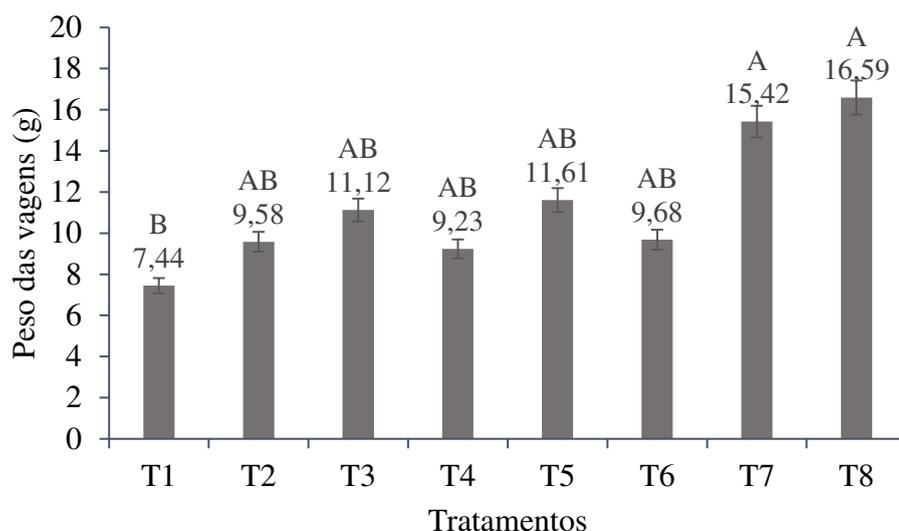


Figura 7. Médias do peso das vagens (PV) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.

Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. T1: Latossolo amarelo distrófico (Lad); T2: Lad + biochar (B10 t ha⁻¹); T3: Lad + biochar (B20 t ha⁻¹); T4: Lad+biochar (B30 t ha⁻¹); T5: Lad + B10 t ha⁻¹ + adubação mineral (AM); T6: Lad + B20 t ha⁻¹ + AM; T7: Lad + B30 t ha⁻¹ + AM; T8: Lad + AM.

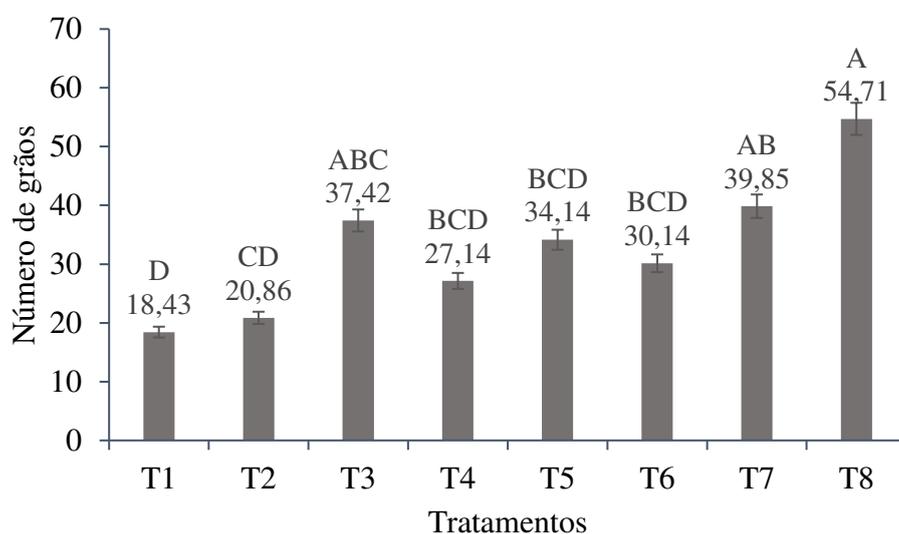


Figura 8. Médias do número de grãos (NG) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.

Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. T1: Latossolo amarelo distrófico (Lad); T2: Lad + biochar (B10 t ha⁻¹); T3: Lad + biochar (B20 t ha⁻¹); T4: Lad+biochar (B30 t ha⁻¹); T5: Lad + B10 t ha⁻¹ + adubação mineral (AM); T6: Lad + B20 t ha⁻¹ + AM; T7:

Lad + B30 t ha⁻¹ + AM; T8: Lad + AM.

E em T7 o resultado sinaliza a capacidade conjunta do biochar residual e adubação mineral, em condicionar melhorias ao solo afetando positivamente as culturas, de modo que apresenta influência até mesmo nos estádios reprodutivos. Silva et al. (2017), ao avaliarem três diferentes tipos de biochar, compostos por biochar do filtro de casca de arroz, biochar do filtro de serragem e biochar filtro de silagem de sorgo comprovou que doses crescentes de biochar podem beneficiar características agrônômicas, como número e peso de vagens.

Assim como para o NV, o tratamento 8 (Lad+AM), também promoveu maior incremento na massa fresca dos grãos (MFG), onde os grãos apresentaram em média um peso de 12,95 gramas, favorecendo a diferença estatística em relação aos outros tratamentos (Figura 9). Para MFG tanto a aplicação de biochar quanto sua interação com AM não foram compensatórias ao se apresentarem estatisticamente iguais a T1.

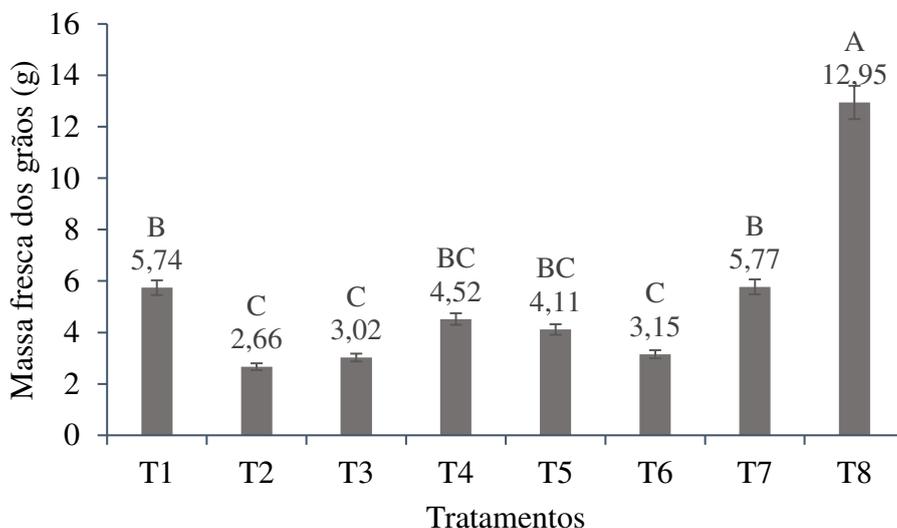


Figura 9. Médias da massa fresca dos grãos (MFG) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha⁻¹) associadas ou não à adubação mineral..

Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. T1: Latossolo amarelo distrófico (Lad); T2: Lad + biochar (B10 t ha⁻¹); T3: Lad + biochar (B20 t ha⁻¹); T4: Lad+biochar (B30 t ha⁻¹); T5: Lad + B10 t ha⁻¹ + adubação mineral (AM); T6: Lad + B20 t ha⁻¹ + AM; T7: Lad + B30 t ha⁻¹ + AM; T8: Lad + AM.

Já o contrário ocorreu para a massa seca de grãos (MSG), onde T7 (Lad+B 30 t

ha⁻¹+AM) e T4(Lad+B 30 t ha⁻¹) compostos pela maiores doses de biochar, respectivamente associadas e não a AM, apresentaram maiores médias, onde T7 diferiu de T8 (LAd+AM) (Figura 10).

A adubação potássica pode não ter afetado a produtividade em relação a MSG como o esperado, o que pode estar relacionado aos baixos teores médios de K no solo (0,1 cmolc dm³). Nesta condição, a probabilidade de resposta à adubação com o nutriente é menor, embora a cultura da soja seja exigente e responsiva à adubação potássica (Foloni & Rosolem, 2008; Serafim et al., 2012).

Mete et al. (2015), testaram a aplicação conjunta de NPK e biochar em um solo de caráter alcalino no cultivo de soja. Os resultados mostraram que aplicação simultânea de B e AM elevou, em média, o rendimento na produção de biomassa em 361 % e de sementes em 391%. A obtenção desse rendimento quando comparado à fertilização individual por NPK e biochar mostrou um claro efeito sinérgico entre ambos os recursos, como o apresentado no presente experimento para a variável MSG em questão.

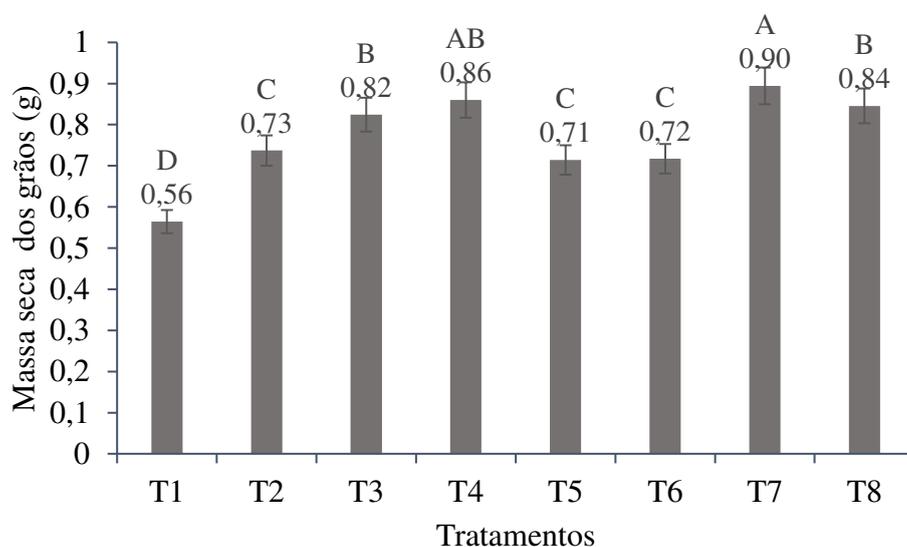


Figura 10. Médias da massa seca dos grãos (MSG) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha⁻¹) associadas ou não à adubação mineral..

Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. T1: Latossolo amarelo distrófico (Lad); T2: Lad + biochar (B10 t ha⁻¹); T3: Lad + biochar (B20 t ha⁻¹); T4: Lad+biochar (B30 t ha⁻¹); T5: Lad + B10 t ha⁻¹ + adubação mineral (AM); T6: Lad + B20 t ha⁻¹ + AM; T7: Lad + B30 t ha⁻¹ + AM; T8: Lad + AM.

De um modo geral, as respostas das plantas para a produtividade foram maiores com o aumento de biochar associado à AM, principalmente em T7 (Lad+B30+AM) que apresentou diferença estatística com uma PROD de 164,47 Kg ha⁻¹, sendo 3,6 % maior que a PROD em T8 e 37 % maior que em T1 (Figura 11). Possivelmente este resultado foi influenciado pela MSG, evidenciando deste modo, que biochar pode elevar a taxa de eficiência de fertilizantes, tornando-se mais eficiente o papel desempenhado por tal aditivo na produtividade da cultivar BRS 9383 IPRO.

Tal ação ação sinérgica entre o biochar e o NPK foi explicada por Chen et al. (2014), onde é citado que a adição de biochar promove o enriquecimento da matéria orgânica do solo (MO), sendo esta um importante agente estruturador do solo que facilita a formação de macro e micro poros em seu interior, otimizando a eficiência na percolação de NPK nas estruturas porosas e obtendo consequentemente tal ação de sinergia.

Dong et al. (2014), realizaram por dois anos a aplicação conjunta de biochar e uréia como fonte de N em arrozais. Os resultados mostraram que a aplicação do biochar apresentou-se fortemente promissora para elevar a retenção do N no solo, impactando diretamente na produtividade da cultura.

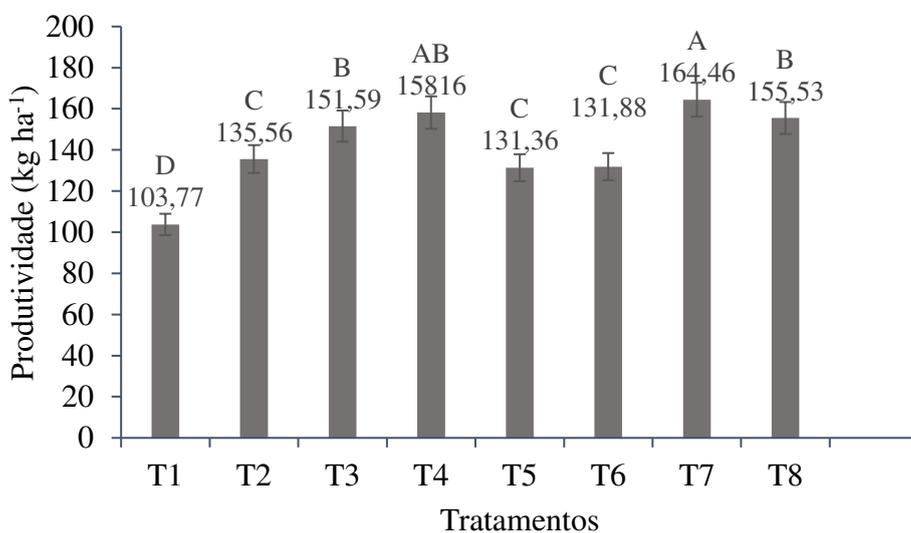


Figura 11. Médias da produtividade em kg ha⁻¹(PROD) da soja BRS 9383 IPRO, produzida sob diferentes doses de biochar de palmeira de babaçu (10, 20, 30 t ha⁻¹) associadas ou não à adubação mineral.

Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. T1: Latossolo amarelo distrófico (Lad); T2: Lad + biochar (B10 t ha⁻¹); T3: Lad + biochar (B20 t ha⁻¹); T4: Lad+biochar (B30 t ha⁻¹); T5: Lad + B10 t ha⁻¹ + adubação mineral (AM); T6: Lad + B20 t ha⁻¹ + AM; T7:

Lad + B30 t ha⁻¹ + AM; T8: Lad + AM.

Contudo, devido a uma necessidade de regularidade no fornecimento de grãos de soja, não é cabível uma recomendação do uso de biochar em substituição à adubação mineral para a escala em que a cultura da soja é produzida atualmente, mesmo com os resultados benéficos apresentados em muitos experimentos. Pois e como enfatizado por Jeffery et al. (2013), lacunas importantes em relação a essa temática, mo padronização dos métodos empregados, adoção de controles adequados e escolha de delineamentos experimentais robustos, ainda precisam ser exploradas.

6 CONCLUSÕES

A aplicação de biochar de palmeira de babaçu no Latossolo Amarelo Distrófico associada a adubação mineral ou não é capaz de proporcionar bom desempenho para a soja (*Glicine max* L.) até o estágio R5.

A dose de 30 t ha⁻¹ é a que melhor se associa com a adubação mineral e conferiu maior produtividade para a cultivar BRS 9383 IPRO.

Os resultados positivos evidenciam que o biochar da palmeira de babaçu é um eficiente condicionador de solo, que mesmo em seu estado residual, atua de forma positiva sobre as características das plantas de soja.

REFERÊNCIAS

ACHETE, A.A.; FALCÃO, N.; ARCHANJO, B. A nanociência desvendando os segredos do biocarvão das terras pretas de índio da Amazônia. **Revista Analytica**, n. 36, p. 12-13, 2013.

AKHTAR, S. S.; LI, G.; ANDERSEN, M. N.; LIU, F. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 138, n. 31, p. 37-44, 2014.

ALVAREZ V., V.H., RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. Aproximação. Viçosa : CFSEMG, 1999. p.43-60

APROSOJA – Associação dos produtores de soja. **A origem do grão, chegada no Brasil e uso da soja**. Disponível em: < <https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>>. Acesso em 12 de abril de 2019.

ASAI, H.; SAMSON, B. K.; STEPHAN, H. M.; SONGYIKHANGSUTHOR, K.; HOMMAA, K.; KIYONO, Y.; INOUE, Y.; SHIRAIWA, T.; HORIE, T. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos. 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. **Field Crops Research**, v.111, p.81-84, 2009.

ATKINSON, C. J. et al. Potential mechanism for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. **Plant Soil**, v. 337, n. 2, p. 1-18, 2010.

BATISTELLA FILHO, F.; FERREIRA, M. E.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P.; CENTURION, M. A. P.; SYLVESTRE, T. B.; RUIZ, J. G.C. L. Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.48, n.7, p.783-790, jul. 2013

CANTELLI, K. C. **Caracterização de linhagens de soja *glycine max* (L.) Merrill para produção de brotos**. Dissertação (Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2016.

CAVALCANTE, I. H. L.; PETTER, F. A.; ALBANO, F. G.; SILVA, R. R. S. da; SILVA JÚNIOR, G. B. S. Biochar como substrato para produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 111, n. 1, p. 41-47, 2012.

CERNANSKY R. Agriculture: State of the art soil. **Nature: International Weekly Journal of Science**, p. 258 – 260, 14 jan. 2015.
<https://www.nature.com/news/agriculture-state-of-the-art-soil-1.16699>.

CHEN, C.-P., CHENG, C.-H., HUANG, Y.-H., CHEN, C.-T., LAI, C.-M., MENYAILO, O. V., FAN, L.-J., YANG, Y.-W. Converting leguminous green manure into biochar: changes in chemical composition and C and N mineralization. **Geoderma**, v. 232-234, p. 581–588, 2014.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO/ adaptado por Embrapa Soja. Soja em Números: A evolução da soja no Brasil. Disponível em: < <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.br.embrapa.sojaemnumeros>>. Acesso em: 10 de março 2019.

DE FIGUEREDO, N. A.; DA COSTA, L. M.; MELO, L. C. A.; SIEBENEICHLERD, E. A.; Tronto, J. Characterization of biochars from different sources and evaluation of release of nutrients and contaminants. **Revista Ciencia Agronomica**, v.48, n.3, p.395-403, 2017.

DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZALES, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. Infostat verion 2008. Grupo InFostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2008. doi:10.1007/s11368-014-0984-3

DONG, D., FENG, Q., MCGROUTHER, K., YANG, M., WANG, H., WU, W. Effects of biochar amendment on rice growth and nitrogen retention in a waterlogged paddy field. *J. Soils Sediments*, v. 15, p. 153– 162, 2014.

EMBRAPA SOJA – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **História da soja no Brasil**. Disponível em < <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>> Acesso em: 12 abril 2019.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Ames, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1977. 11 p. (Special Report, n. 80).

FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1549-1561, 2008.

FOX, A.; GAHAN, J.; IKOYI, I.; KWAPINSK, W.; O’SULLIVAN, O.; COTTER, P.D.; SCHMALENBERGER, A. Miscanthus biochar promotes growth of spring barley and shifts bacterial community structures including phosphorus and sulfur mobilizing bacteria. **Pedobiologia**, v. 59 p. 195–202, 2016.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n.12, p. 12, 2011.

GAVA, R. **Os efeitos do estresse hídrico na cultura da soja** Max, (L.)Merril.) 128p Tese de Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

GHEZZEHEI, T. A.; SARKHOT, D. V.; BERHE, A. A. Biochar can be used to capture essential nutrients from dairy wastewater and improve soil physico-chemical properties. **Solid Earth**, v.5, n.2, p.953-962, 2014.

GRIZE, J. B. **Psicologia genética e lógica**. In: BANKS-LEITE, L. (Org.). Percursos piagetianos. São Paulo: Cortez, 1997. p. 63-76.

HAMMER E. C. et al. A mycorrhizal fungus rows on biochar and captures phosphorus from its surfaces. **Soil Biol. Biochem**, p. 77, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção e extração vegetal e da silvicultura**. Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em:< <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2017>>. Acesso em 16 abril 2019.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Boletins agroclimatológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 18 out. 2018.

JEFFERY, S., BEZEMER, T.M., CORNELISSEN, G., KUYPER, T.W., LEHMANN, J., MOMMER, L., SOHI, S.P., VAN DE VOORDE, T.F.J., WARDLE, D. A., VAN GROENIGEN, J.W. The way forward in biochar research: Targeting trade-offs between the potential wins. **GCB Bioenergy**, v.7, p. 1–13, 2013.

JEFFERY, S.; VERHEIJEN, F.G.A.; VAN DER VELDE, M.; BASTOS, A.C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 144:175-187, 2011.

JOHN, G.; LEHMANN, J. Energy Balance and Emissions Associated with Biochar Sequestration and Pyrolysis Bioenergy Production. *Environmental Science and Technology*. v. 42, p. 4152-4158. 2008

JOSEPH, S.D.; GRABER, E.R.; CHIA, C.; MUNROE, P., DONNE, S.; THOMAS, T.; NIELSEN, S.; MARJO, C.; RUTLIDGE, H.; PAN, G.X.; Li, L.; TAYLOR, P.; RAWAL, A. & HOOK, J. Shifting paradigms: development of high-efficiency biochar fertilizers based on nano-structures and soluble components. **Carbon Management**, v. 4, n. 3, p. 323-343, 2013.

KÄMPF, N.; KERN, D. C. O solo como registro de ocupação humana pré-histórica na Amazônia. *Tópicos em Ciência do Solo*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, p.277- 320. 2005.

KARHU, K.; MATTILA, T.; BERGSTRÖM, I.; REGINA, K. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity – Results from a short- term pilot field study. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.140, p.309-313, 2011.

KIIHL, R.A.S.; GARCIA, A. The use of the long-juvenile trait in breeding soybean cultivars. In: **World soybean research conference**, 4. p. 994-1000, 1989.

KIMETU, J. M.; LEHMANN, J.; NGOZE, S.; MUGENDI, D. N.; KINYANGI, J.; RIHA, S., VERCHOT, L.; RECHA, J. W.; PELL, A. Reversibility of productivity decline with organic matter of differing quality along a degradation gradient. **Ecosystems**, v.11, p.726-739. 2008.

KONG, L.; WANG, F.; LÓPEZ-BELLIDO, L.; GARCIA-MINA, J.M.; SI, J. Agronomic improvements through the genetic and physiological regulation of nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Biotechnology Reports*, v.7, p.129-139, 2013.

LAIRD, D.A.; FLEMING, P.; DAVIS, D. D.; HORTON, R.; WANG, B.; KARLEN, D. L. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. **Geoderma**, v.158, p.443-449, 2010.

LEHMANN, J.; SILVA, J. P. DA; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**,

v.249, p.343-357, 2003.

MACHADO, N.; KAWABATA, C.; FIORELLI, J.; SAVASTANO, H.; *Babassu husk fiber particleboard*. In: LAHR, F.; FIORELLI, J.; SAVASTANO, H. Non – Conventional Building Materials based on agro-industrial wastes. Bauru: Tiliform., v.1, Pg. 233-248. 2015

MACHADO, P. L. O. de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v.28, p.329-334, 2005.

MADARI, B. E.; COSTA, A. R.; CASTRO, L. M.; SANTOS, J. L.; BENITES, V. M.; ROCHA, A. O.; MACHADO, P. L. O. A. Goiânia: EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. 2006. 4p. Comunicado Técnico 125.

MADARI, B. E.; PETTER, F. A.; CARVALHO, M. T. M.; SILVA, M. A. S. Efeito agrônômico da aplicação de biomassa carbonizada em áreas agrícolas. In: Encontro Brasileiro de Substâncias Húmicas, 9, 2011. Aracaju. **Anais...** Aracaju: UFS. 2011. CD Rom

MAIA, C. M. B. F. et al. **Biochar from babassu residues**: chemical characteriation and thermo gravimetric analysis. 17^o Meeting of the International Humic Substances Society. Loannina, Greece: September, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MELLIGAN, F.; DUSSAN, K.; AUCCAISE, R.; NOVOTNY, E.H.; LEAHY, J. J.; HAYES, M.H.B.; KWAPINSKI, W. Characterisation of the products from pyrolysis of residues after acid hydrolysis of Miscanthus. **Bioresource Technology**, v. 108, p 258-263, 2012.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; FERNANDES, H. S.; MAUCH, C. R.; SILVA, J.B. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 164-170, 2000.

METE, F.Z., MIA, S., DIJKSTRA, F.A., ABUYUSUF, M., HOSSAIN, A.S.M.I. Synergistic Effects of Biochar and NPK Fertilizer on Soybean Yield in an Alkaline Soil. *Pedosphere*, v. 25, p. 713–719, 2015. doi:10.1016/S1002- 0160(15)30052-7

MOURA-SILVA, A. G. de; AGUIAR, A. das C. F.; MOURA, E. G. de; JORGE, Neuza. Influence of soil cover and N and K fertilization on the quality of biofortified QPM in the humid tropics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 96, p. 3807-3812, 2016.

NAOE, A. M. L.; PELUZIO, J. M.; SOUSA, J. P de. Estresse ambiental na cultura da soja. **Revista Integralização Universitária – RIU**, Palmas, v. 12 n. 16, p. 71-80, 2017.

NOLETO, R. Política nacional da sociobiodiversidade e a cadeia do babaçu. IN:

- FIGUEIREDO, I.; ALMEIDA, F. V. R. de; SAWYER, D. R.; LOBO, A. **Aproveitamento integral do fruto e da folha do babaçu (*Attalea spp.*)**. Brasília (DF): ISPN, 2012. ed. 2. 68 p. (Manual tecnológico 5).
- OGUNTUNDE, P. G.; FOSU, M.; AJAYI, A. E.; GIESEN, N. V. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. **Biology and Fertility of Soils**, v.39, p.296-299. 2004
- OLIVEIRA, F. A.; SFREDO, G. J.; CASTRO, C. de.; KLEPKER, D. **Fertilidade do solo e nutrição da soja**. Londrina (PR): Embrapa, 2007. 8 p. (Embrapa. Circular Técnica. 50)
- PARRA-SERRANO, L. J.; REIS, I. S.; FURTADO, M. B.; NAPOLI, A. Efeitos da aplicação de biochar da palmeira de babaçu sobre a cultura da alface. IN: **Tópicos em produção agrícola no leste maranhense**: livro comemorativo dos 10 anos do curso de Agronomia do CCAA/UFMA. São Luís: Edufma, 2017. p. 37-49.
- PETTER, F. A. **Biomassa carbonizada como condicionador de solo: aspectos agrônômicos e ambientais do seu uso em solos de cerrado**. Goiânia: UFG, 2010. 130p. Tese Doutorado.
- PETTER, F. A.; MADARI, B. E. Biochar: Agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 16, n. 7, p.761–768, 2012.
- PROTÁSIO, T. B.; BUFALINO, L.; TONOLI, G.H.D.; GUIMARÃES JUNIOR, M.; TRUGILHO, P. F.; MENDES, L. M.; Brazillian lignocellulosic wastes for bioenergy production: ch racterization and comparison with fóssil fuels. **BioResour**, v.8, p. 1166-1185, 2013.
- PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO P. F.; CÉSAR, A. S.; NAPOLI, A.; ALVES M. I. C.; GOMES S. M. Babassu nut residues: potential for bioenergy use in the North and Northeast of Brazil. **SpringerPlus**, v. 3, n. 1 p. 1-14, 2014
- RALEBITSO – SENIOR, T. K.; ORR, C.H. **Biochar Application, Essencial Soil Microbial Ecology**: Mycrobial Ecology Alysis of Biochar – Augmented Soils. Middlesbrough, Reino Unido: Elsevier, 2016.
- RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops**. Ames, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension, p. 20, 1982. (Special Report, n. 53).
- RÓZ, A. L. da.; RICARDO, J. F. C.; NAKASHIMA, G. T.; SANTOS, L. R. O.; YAMAJI, F. M. Maximização do teor de carbono fixo em biocarvão aplicado ao sequestro de carbono. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.8, p.810-814, 2015.
- SANTOS, H. G. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de**

Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SERAFIM, M.E.; ONO, F.B.; ZEVIANI, W.M.; NOVELINO, J.O.; SILVA, J.V. Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, p.222-227, 2012. DOI: 10.1590/S1806-66902012000200003.

SIGNOR, D.; PISSIONI, L. L. M.; CERRI, C. E. P. Emissão de gases de efeito estufa pela deposição de palha de cana-de-açúcar sobre o solo. **Revista Bragantina**, Campinas, v.73, n. 2, p. 10, 2014.

SILVA, I. C. B.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; SAMPAIO, R. A. Growth and production of common bean fertilized with biochar. **Ciência Rural**, v.47, n.11, p.1-8, 2017.

SILVA, I.C.B. et al. Growth and production of common bean fertilized with biochar. **Ciência Rural**, v.47, n.11, 2017.

SOUCHIE, F. F.; MARIMON JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; MADARI, B. E.; MARIMON, B. S.; LENZA, E. Carvão pirogênico como condicionante para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris* L.G. Silva & H.C. Lima. **Ciência Florestal**, v.21, n.4, p.811-821, 2011.

SPOKAS, K. A. Review of the stability of biochar in soils: predictability of O:C molar ratios. **Carbon Management**, v. 1, n. 2, p. 289-303, 2010.

STEINER, C.; TEIXEIRA, W. G.; LEHMANN, J.; NEHLS, T.; MACÊDO, J. J. V. DE; BLUM, W. E. H.; ZECH, W. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. **Plant and Soil**, v.291, p.275-290, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do estresse. In: **Fisiologia vegetal**. Trad. Santarém et al. São Paulo: Editora Artmed, 2006.

TEIXEIRA, M. A. Babaçu – a new approach for an ancient Brazilian biomass. **Biomass Bioenergy**, v. 32, p. 857-864, 2008.

TROMPOWSKY, P. M.; BENITES, V. M.; MADARI, B. E.; PIMENTA, A. S.; HOCKADAY, W. C.; HATCHER, P. G. Characterization of humic like substances obtained by chemical oxidation of eucalyptus charcoal. **Organic Geochemistry**, v.36, p.1480- 1489, 2005.

VENNETI, F. J.; GASTAL, M. F. C. **Descrição botânica da soja**. Pelotas: Embrapa, 1979. 15 p. (Embrapa. Circular Técnica, 7).

VERHEIJEN, F. et al. **Biochar Application to soils: A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions**. JRC Scientific and Technical Reports. Luxembourg: European Communities, 2010.

VILLALVA, M. M. H. **Modificação química para obtenção de um isolado proteico de soja com solubilidade semelhante à da caseína humana**. Dissertação (Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Campus de Viçosa, 2008.

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 128-137, abr./jun. 2015

ZHANG, A.; LIU, Y.; PAN, G.; HUSSAIN, Q.; LI, L.; ZHENG, J.; ZHANG, X. Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic carbon poor calcareous loamy soil from Central China Plain. **Plant and Soil**, v.351, p.263-275, 2011.