



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**RENDIMENTO DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM FUNÇÃO DA
DOSE DE BIOCÁRVÃO DE MORINGA (*Moringa oleifera*)**

LUIZ GONZAGA DO NASCIMENTO NETO

PETROLINA – PE
2024

LUIZ GONZAGA DO NASCIMENTO NETO

**RENDIMENTO DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM FUNÇÃO DA
DOSE DE BIOCÁRVÃO DE MORINGA (*Moringa oleifera*)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IFSertãoPE *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Silver Jonas Alves Farfan

PETROLINA – PE
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

N244 Nascimento Neto, Luiz Gonzaga do.

Efeito da adição de biocarvão de moringa (*Moringa oleifera*) no cultivo de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) / Luiz Gonzaga do Nascimento Neto. - Petrolina, 2024. 45 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Silver Jonas Alves Farfan.

Coorientação: Dr. Júlio César Sobreira Ferreira.

1. Ciências Agrárias. 2. Agroecologia. 3. Agricultura orgânica. 4. Estoque de carbono. 5. Mitigação de GEE. I. Título.

CDD 630

LUIZ GONZAGA DO NASCIMENTO NETO

EFEITO DA ADIÇÃO DE BIOCARVÃO DE MORINGA (*Moringa oleifera*) NO CULTIVO DE FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.)

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao IF SertãoPE Campus Petrolina Zona Rural, exigido para a obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Defendida em 14 de agosto de 2024.

Prof. Dr. Silver Jonas Alves Farfan (Orientador)
IF SertãoPE, Campus Petrolina Zona Rural

Prof. Dr. Cicero Antonio de Sousa Araujo
IF SertãoPE, Campus Petrolina Zona Rural

Prof. Dr. Fabio Freire de Oliveira
IF SertãoPE, Campus Petrolina Zona Rural

Prof. Msc. Eduardo Rodrigues Araújo (Avaliador externo)
Doutorando UNIVASF, Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco

RESUMO

O uso racional do solo e dos recursos naturais, através de práticas sustentáveis não é mais uma alternativa, trata-se de uma necessidade em razão dos impactos e problemáticas que avançam em tempos de mudanças climáticas provocadas pelas emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE). A agricultura, principalmente pelas mudanças no uso solo, desmatamento de florestas em escala e monocultivos, tem contribuído substancialmente para o aumento das emissões de GEE. O biocarvão ou carbono pirogênico desponta como um importante aliado para aumentar o estoque de carbono no solo, além de potencialmente induzir o desenvolvimento das plantas cultivadas, uma vez que condiciona propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O presente trabalho objetivou avaliar, através de caracteres de crescimento e produtividade, o cultivo de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes doses ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de biocarvão produzido com lenha de moringa (*Moringa oleifera*), para fornecer dados sobre seu uso em agroecossistemas. O experimento foi conduzido em área experimental do Núcleo de Extensão em Agroecologia (NEA) do campus Petrolina Zona Rural (CPZR) do IFSertãoPE. A cultivar de feijão-comum utilizada no experimento foi a BRS FC 104, do grupo carioca, de ciclo superprecoce, com maturação fisiológica até 65 dias após emergência (DAE). Os tratamentos foram cultivados em parcelas medindo 1,0 x 0,2 m e elevação de 0,1 m, sendo 10 plantas. m^{-1} linear, com espaçamento entre linhas de 0,40 m. Foi adotada irrigação localizada com microaspersão para suprir a demanda hídrica. O delineamento foi em blocos casualizados (DBC), com 6 tratamentos e 6 blocos, totalizando 36 parcelas. Os tratamentos consistiram em 5 doses de biocarvão calculadas em $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e uma testemunha, sendo: 0 (testemunha), 5, 10, 15, 20, 25 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de biocarvão. Todos os tratamentos, incluindo a testemunha receberam adubação de fundação com composto orgânico de esterco bovino + pó de rocha + Torta de mamona (fonte orgânica de N em duas parcelas). As coletas de dados ocorreram em dois períodos, sendo: no estágio V4 (25 DAE) para as variáveis: altura das plantas (AP) em cm, diâmetro do caule (DCau) em mm, número de folhas totalmente expandidas (NFTE), e diâmetro da copa (DCop) em cm e; pós-colheita (76 DAE), para as variáveis: número médio de vagens por planta (NMVP), número médio de grãos por vagem (NMGV), e massa de 100 grãos (P100) em gramas (g) e produtividade ($\text{Pmg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de Oneill e Mathews (2000), ambos a 5% de significância, procedendo-se a análise de variância (ANOVA) com a aplicação de teste F. O programa estatístico utilizado foi o R *Project for Statistical Computing*. O teste F a 5% de probabilidade indicou que não houve efeito para adição ou não do biocarvão em nenhuma das variáveis que analisaram o desempenho agrônômico do feijão-comum. Entretanto, o biocarvão possibilitou o estoque de carbono recalcitrante no solo, sem reduzir a produtividade do cultivo.

Palavras-chave – ciências agrárias; agroecologia; agricultura orgânica; estoque de carbono; mitigação de GEE

ABSTRACT

The rational use of soil and natural resources through sustainable practices is no longer an alternative, it is a necessity due to the impacts and problems that are advancing in times of climate change caused by anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions. Agriculture, mainly due to changes in land use, large-scale deforestation and monocultures, has contributed substantially to the increase in GHG emissions. Biochar or pyrogenic carbon has emerged as an important ally for increasing the carbon stock in the soil, as well as potentially inducing the development of cultivated plants, since it conditions the soil's physical, chemical and biological properties. The aim of this study was to evaluate, using growth and productivity characteristics, the cultivation of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in different doses ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) of biochar produced from moringa (*Moringa oleifera*) waste, in order to provide parameters for its use in agroecosystems. The experiment was conducted in the experimental area of the Agroecology Extension Center (NEA) of the Petrolina Rural Zone campus (CPZR) of IFSertãoPE. The cultivar of common bean used in the experiment was BRS FC 104, of the carioca group, with a super-early cycle and physiological maturity up to 65 days after emergence (DAE). The treatments were grown in beds, with each plot measuring 1.0 x 0.2 m and an elevation of 0.1 m, with 10 plants $\cdot\text{m}^{-1}$ linear, with 0.40 m spacing between rows. Localized micro-sprinkler irrigation was used to meet the water demand. The design was a randomized block design (RBL), with 6 treatments and 6 blocks, totaling 36 plots. The treatments consisted of 5 doses of biochar calculated in $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and a control: 0 (control), 5, 10, 15, 20, 25 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of biochar. All the treatments, including the control, were fertilized with organic compost made from cattle manure + rock powder + castor bean cake (organic source of N in two plots). Data was collected in two periods: at stage V4 (25 DAE) for the variables: plant height (AP) in cm, stem diameter (DCau) in mm, number of fully expanded leaves (NFTE), and crown diameter (DCop) in cm and; post-harvest (76 DAE), for the variables: average number of pods per plant (NMVP), average number of grains per pod (NMGV), and mass of 100 grains (P100) in grams (g) and yield (Pmg. ha^{-1}). The data was subjected to the Shapiro-Wilk normality test and the Oneill and Mathews (2000) homogeneity test, both at a 5% significance level, and an analysis of variance (ANOVA) was carried out using the F test. The statistical program used was R Project for Statistical Computing. The F-test at 5% probability indicated that there was no effect of adding or not adding biochar on any of the variables analyzed. Under the conditions of this experiment, biochar had no significant effect on the agronomic performance of common beans; however, it did make it possible to store recalcitrant carbon in the soil, without reducing crop productivity.

Key words – agricultural sciences; agroecology; organic farming; carbon stock; GHG mitigation

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo geral.....	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
3.1 Biocarvão.....	10
3.1.1 Biocarvão para produção vegetal.....	12
3.2 Moringa (<i>Moringa oleifera</i>).....	14
3.3 Cultivo de feijão-comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	15
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1 Caracterização da área.....	18
4.2 Preparo da área.....	19
4.2 Caracterização do material.....	21
4.3 Tratos culturais e irrigação.....	23
4.4 Avaliação das variáveis.....	25
4.4.1 Variáveis de crescimento.....	25
a) Altura da planta (AP).....	25
b) Diâmetro do caule (DCau).....	25
c) Número de folhas totalmente expandidas (NFTE).....	26
d) Diâmetro da copa (Dcop).....	26
4.4.2 Variáveis de produção.....	26
a) Número médio de vagens por planta (NMVP).....	26
b) Número médio de grãos por vagem (NMGV).....	26
c) Massa de 100 grãos (P100).....	27
d) Produtividade (PMg.ha ⁻¹).....	27

4.5 Análise estatística.....	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1 Variáveis de crescimento.....	28
5.2 Variáveis de produção.....	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A agricultura possibilitou o crescimento da população mundial a partir de tecnologias que permitissem a fixação do indivíduo a uma determinada região. Dessa maneira, o nômade, antes sujeito aos fatores ambientais, tornou-se sujeito das modificações do ambiente, explorando a natureza em razão de suas necessidades. Entretanto, o rápido crescimento populacional, aliado a exploração não sustentável dos recursos naturais, põe em risco a viabilidade de áreas agrícolas em função do uso intensivo do solo (Mazoyer, Roudart, 2010).

Segundo a FAO (2015), cerca de um terço das terras agricultáveis no mundo estão degradadas, o que representa perdas entre 25 e 40 bilhões de toneladas de solo por ano. Dentre os efeitos sentidos, destaca-se o impacto na produtividade agrícola ocasionada pela redução da capacidade do solo em estocar carbono (C), nutrientes e água. Estas perdas tendem a afetar diretamente a oferta de alimentos e bioenergéticos, levando a exploração de novas áreas com conseqüente necessidade de supressão de vegetação nativa (Saath; Fachinello, 2018).

A floresta em pé representa um estoque de milhões de toneladas de C que, ao ser derrubada, resulta na liberação de CO₂ (Wagner; Wolf, 2009) através da decomposição da biomassa, além de óxido nitroso (N₂O), resultado da degradação microbiana da matéria orgânica, cujo potencial de aquecimento global (PAG) é 290 vezes superior ao da molécula de CO₂, para um período de 20 anos (Brasseur et al., 1999). Dessa maneira, ao desmatar áreas para exploração agrícola, o que pode ser entendido como solução a curto prazo, para aumento da oferta de alimentos, pode desencadear um efeito em cascata resultando em mudanças climáticas que afetam diretamente a obtenção de produtos agrícolas.

Na contramão da expansão agrícola e das conseqüentes ações de desmatamento, na agricultura praticada no terceiro milênio, discutem-se alternativas que reduzam a necessidade de exploração de novas áreas. O uso racional do solo e dos recursos naturais, através de práticas sustentáveis, conservacionistas e regenerativas têm conquistado espaço. Práticas para manejo e recuperação de solos, têm sido adotadas com sucesso, a exemplo de: rotação de culturas e

policultivo; utilização de plantas de cobertura e adubação verde; integração e diversificação de segmentos produtivos (agroflorestas); Plantio direto (Wadt, 2003).

Atualmente o biocarvão ou biochar (fusão do inglês *biomass* = biomassa e *charcoal* = carvão) tem motivado estudos sobre a sua utilização como um insumo na produção agrícola sustentável, com vocação para aplicação em contextos agroecológicos. Entretanto, para entender o interesse em estudar o biocarvão na produção agroecológica, é necessário entender como se desencadeou o processo que o promoveu a aliado da sustentabilidade.

Pesquisas em sítios arqueológicos da Amazônia pré-histórica, descobriram solos com horizonte *A antrópico* (Au) ou *arqueo-anthropogênico* (do inglês: *archaeo-anthropogenic*), denominação para esse horizonte proposta por Kämpf et al. (2003). Vestígios indicaram que os locais onde ocorrem estes solos serviram de depósitos de resíduos de origem vegetal (folhas e talos de palmeiras diversas, cascas de mandioca e sementes) e de origem animal (ossos, sangue, gordura, fezes, carapaças de quelônios e conchas) (Woods e McCann, 2001).

Segundo Lehmann et al. (2003), as Terras Pretas de Índio (TPI), como ficaram conhecidos os solos arqueo-anthropogênicos da Amazônia, apresentam características heterogêneas quanto à fertilidade. Ainda que tais autores citem as diferenças entre as TPI, em comum são descritas características, como: elevadas concentrações de material de origem pirogênica (cinzas e carvão) proporcionando ao solo um teor elevado de matéria orgânica estável, propiciando melhoria da fertilidade do solo, resultando em solos com acidez moderada (Falcão et al., 2009; Kern et al., 2009); elevados teores de Ca^{2+} , P disponível, Mg^{2+} , Zn^{3+} , Mn^{2+} , C orgânico e; baixos teores de Al^{3+} trocável (Falcão et al., 2009; Moreira, et al., 2010; Silva, et al., 2011; de Souza et al., 2014; Costa et al., 2015; Silva et al., 2023).

As propriedades encontradas nas TPI, inspiraram os estudos com o biocarvão e sua influência na estabilidade do C no solo. O sequestro e estabilização de C, contribuindo para seu estoque no solo têm feito do biocarvão um forte aliado na busca de uma agricultura sustentável, balizada por técnicas que neutralizem as emissões de gases atmosféricos capazes de absorver e emitir a radiação infravermelha – descoberta feita pelo físico irlandês John Tyndall, em 1861 – elevando a temperatura do globo terrestre. Os “gases de efeito estufa”, como vêm

sendo denominados desde que o termo foi citado pela primeira vez através do meteorologista sueco Nils Gustaf Ekholm, em 1901, ou simplesmente GEE, são liberados a partir da exploração e queima de combustíveis fósseis, decomposição microbiana de resíduos orgânicos, além da fermentação entérica dos ruminantes e utilização de fertilizantes nitrogenados. Dessa maneira uma parcela significativa das emissões de GEE acabam sendo creditadas as práticas agrícolas.

Nesse sentido, torna-se oportuno discutir alternativas para mitigar os efeitos das emissões de GEE, como é o caso do biocarvão, sendo importante o seu estudo sobre o impacto na produtividade de culturas com ciclo curto, sobretudo em condições climáticas que propiciam a rápida oxidação da matéria orgânica do solo (MOS). Para uma definição didática, a MOS se trata de toda matéria orgânica, vegetal ou animal (liteira, fragmento de resíduos, biomassa microbiana, compostos solúveis e humus) ligada intimamente aos argilominerais do solo (Stevenson, 1994, *apud* Cunha et al., 2015).

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), espécie pertencente à família Fabaceae, possui uma ampla adaptação climática, podendo ser produzido em vários lugares do Brasil (Vaz et al., 2018). Embora seu cultivo seja um dos mais importantes, refletindo seu destaque na matriz alimentar brasileira, e mesmo que sua adaptabilidade seja algo que possibilite o plantio em quase todas as condições edafoclimáticas do país, existe um distanciamento significativo entre as produtividades ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) alcançadas em cada região onde se cultiva o grão, como é possível avaliar a partir dos boletins publicados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) no ano de 2023.

O presente trabalho objetivou avaliar o rendimento do cultivo de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da dose de biocarvão produzido com lenha de moringa (*Moringa oleifera*), para fornecer dados sobre seu uso em agroecossistemas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o rendimento de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em com diferentes doses de biocarvão produzido com lenha de moringa (*Moringa oleifera*).

2.2 Objetivos específicos

- Determinar se a adição de biocarvão interfere no desenvolvimento de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.);
- Identificar a dose de biocarvão que proporciona o melhor rendimento no cultivo de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.);

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Biocarvão

Através de trabalhos sobre a estabilidade do C de origem pirogênica encontrada nas TPI, é possível considerar que o biocarvão representa uma maneira de estocar C no solo a longo prazo, reduzindo as emissões de GEE (CO₂, CH₄ e N₂O). O C pirogênico é química e biologicamente recalcitrante, ou seja, o processo para obtenção do biocarvão promove a estabilização de C, para se ter uma ideia, a partir de método de datação de radiocarbono, presume-se que manchas de TPI

possuam entre 500 e 7000 anos (Lal, 2009). Além de sua recalcitrância, o C pirogênico possibilita a formação de agregados no solo, protegendo a matéria orgânica da oxidação (Nóbrega, 2011).

Acerca dos estoques de C em solos ricos em C pirogênico, Santana et al. (2012), citam que trabalhos em TPI da Amazônia Central apresentaram solos com quantidades variáveis de carbono em três áreas distintas, sítio Trairão com aproximadamente 243 g.kg^{-1} , Belterra, na ordem de 210 g.kg^{-1} (OLIVEIRA Jr et al., 2002), Manduquinha $40,9 \text{ g.kg}^{-1}$ e Ilha de Terra $42,8 \text{ g.kg}^{-1}$ (COSTA, 2003). Sabe-se, dessa maneira, que essa composição se deve principalmente a predominância de material pirogênico (biocarvão).

A composição do bioarvão é variável, dependendo, entre outros fatores, do material de origem, entretanto pode ser utilizada para caracterizar as TPI. Lehmann et al. (2003), analisando biocarvão produzido na Amazônia, determinaram teores de: carbono = $708,00 \text{ g.dm}^{-3}$; nitrogênio = $10,90 \text{ g.dm}^{-3}$; fósforo = $6,80 \text{ g.dm}^{-3}$; magnésio = $0,32 \text{ g.dm}^{-3}$; cálcio = $1,3 \text{ g.dm}^{-3}$ e; potássio = $0,89 \text{ g. dm}^{-3}$.

Acerca da fertilidade das TPI, Petter e Madari (2012) observaram que este tipo de solo possui propriedades superiores aos solos não-antropogênicos da Amazônia quando comparados: C-orgânico, Mg^{2+} e Ca^{2+} , pH, saturação de base e Al^{3+} . Para caracterizar o carbono orgânico (C-orgânico), aqui citado, estabelece-se uma caracterização sobre o carbono do solo em função de sua natureza, ou seja, o que é encontrado como componente mineral (carbono mineral), em estruturas de carbonatos (CaCO_3 , MgCO_3 , etc.) ou em estruturas orgânicas (carbono orgânico), como componente de resíduos de animais e plantas em diversas fases de transformação ou como carvão (carbono pirogênico) proveniente de eventos naturais de incêndios ou aplicado ao solo como o biocarvão (Fontana & Campos, 2017)

O biocarvão é um produto rico em C, obtido quando a biomassa (vegetal ou animal) é decomposta termoquimicamente em um ambiente ausente ou limitado de oxigênio e em temperaturas até $700 \text{ }^\circ\text{C}$ (Lehmann et al., 2009). Para facilitar o entendimento acerca do conceito de biocarvão, será utilizada a definição sugerida por Andrade e Puga (2023, p. 433) que adotam que o biocarvão é “[...] todo material proveniente da pirólise de biomassa que pode ou é usado na agricultura, independentemente do planejamento ou intenção inicial”.

A temperatura da pirólise é determinante para a qualidade do biocarvão. Uma pirólise em baixas temperaturas (≤ 300 °C), faz com que o material resultante apresente menor caráter aromático, tornando-se menos estável, entretanto, quando a pirólise ocorre entre 400 a 700 °C, o C é distribuído em estruturas aromáticas mais policondensadas que são resistentes à degradação microbiana, possibilitando o sequestro de C no solo em longo prazo (Spokas et al., 2012).

Hanke, et al. (2020), avaliando reatores de pirólise voltados para a agricultura familiar descreveram o potencial que os biocarvões possuem como estabilizadores de C-orgânico, fonte de N, controladores da acidez e armazenadores de água, concluindo que representam uma alternativa agroecológica para a produção de alimentos.

Sato et al. (2020), notaram que o biocarvão de resíduos da fibra de açaí dentro de um período de tempo relativamente curto, cerca de 9 meses, melhorou a qualidade química do solo, aumentando teores de fósforo (P), potássio (K^+) e magnésio (Mg^{2+}) e reduzindo o teor de alumínio (Al^{3+}).

3.1.1 Biocarvão para produção vegetal

Na agricultura a adição de biocarvão tem demonstrado forte influência como condicionador físico, químico e biológico do solo (Steiner et al. 2007; Falcão et al. 2009), podendo causar modificações na estrutura, influenciando diretamente sobre os atributos físicos (densidade das partículas do solo, densidade do solo, porosidade, porosidade total, e resistência do solo à penetração), bem como no incremento de matéria orgânica e nas propriedades químicas e biológicas do solo (Petter et al., 2016; Tan et al., 2017).

No desenvolvimento de plantas com adição de biocarvão, Mendonça (2019), constatou maior altura e aumento do número de folhas e massa seca da raiz de mudas de pimenta-do-reino, em comparação ao tratamento controle, sem adição de biocarvão, com melhor resultado geral em dose de $16 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e granulometria de 5 mm.

Silva et al. (2017), testando biocarvões de diferentes resíduos orgânicos (casca de arroz, serragem e silagem de sorgo), utilizados para filtragem de biofertilizante suíno, relataram produção máxima de matéria seca de grãos de feijão em solos tratados com concentrações de 100, 68 e 71 L.m⁻³ de biocarvão, com consequente melhora das propriedades do solo.

Tenório (2017), cultivando feijão-comum em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado, testou biocarvão de endocarpo do Ouricuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc), com diferentes granulometrias (0,42 a 1,68 mm) e doses que variavam de 8 a 32 Mg.ha⁻¹, concluindo que a dose de 32 Mg.ha⁻¹ influenciou positivamente o desenvolvimento vegetativo das plantas, com aumentos na produção, respectivamente 22,76 %, 16,17 %, 12,18 % e 3,70 %, comparando com as doses inferiores.

Resultados apresentados por Lima et al. (2017), evidenciaram que uma condição específica, como o cultivo irrigado, pode configurar um fator em que o biocarvão não influencia no ganho de massa seca. Os autores sugerem que o efeito do biocarvão possui maior abrangência em condições adversas para a agricultura, como solos arenosos e escassez hídrica, por este possibilitar melhor aproveitamento de água e nutrientes.

Lucon (2019) estudou o biocarvão de eucalipto em concentrações que variaram entre 0 e 50 Mg.ha⁻¹, no cultivo de milho, avaliando que o biocarvão não interferiu na absorção de nutrientes pelas plantas nem na produtividade de grãos em 2 safras, 10 meses e 22 meses, respectivamente, após aplicação. A autora destaca que o experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa, sem degradação física ou química, com histórico de produtividade satisfatório e em região de clima tropical úmido.

Arcos Calvache (2021) avaliando uma adição de biocarvão de tronco de eucalipto na adubação mineral e adubação orgânica com cama de frango, em cultivo de café conilon (*Coffea canephora*), concluiu que presença do carvão não influenciou a produtividade ou estado nutricional do cafeeiro, mesmo após 3 safras.

Entre os trabalhos encontrados sobre o biocarvão, nota-se que há uma prevalência entre os efeitos positivos em diferentes cultivos, contudo, é possível verificar que existem estudos que não refletem, necessariamente, o efeito da adição

de biocarvões em variáveis como crescimento e produtividade dos vegetais. De acordo com Moragues-Saitua et al. (2017) e Lucon (2019), é necessário a avaliação, no longo prazo, para entender a interação solo-raiz, mudanças na comunidade microbiana e nas propriedades hidráulicas do solo devido ao acréscimo de biocarvão.

Lehmann (2007), sugere que os benefícios do biocarvão no solo, tendem a aumentar com o tempo de permanência, a exemplo da retenção de cátions, não sendo claro em que condições e que período desenvolve suas propriedades adsorventes. Lucon (2019) conclui que o biocarvão é “[...] um material altamente estável, é natural que as modificações demorem a aparecer”. Steiner et al., (2007) comentam que o biocarvão oriundo de madeira, expressa seu potencial de aumento de produtividade a partir de um ano, em função de sua recalcitrância e lenta liberação de nutrientes em solos tropicais.

Por último, mas não menos importante, cabe destacar o efeito *priming* (EP) que se evidencia a partir da decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) para, quando se realiza um aporte de resíduos ou outros compostos orgânicos, elevando a demanda microbiana por energia e nutrientes para decomposição dos mesmos (Kuzyakov, 2010). O EP pode ser: neutro (sem efeito); positivo, quando há uma aceleração da mineralização do C orgânico nativo do solo ou; negativo, retardando a mineralização do C da MOS. Segundo Ventura et al (2019), o uso de biocarvão pirolisado em alta temperatura, foi capaz de reduzir a degradação da matéria orgânica em 16% no período de 3 anos, ocasionando um EP negativo. Dessa maneira, a supressão da mineralização, ainda que não promova aumento de produtividade nos cultivos a curto prazo, permite a manutenção do C da MOS podendo ser considerado para fins de balanço de C (Andrade; Puga, 2023).

3.2 Moringa (*Moringa oleifera*)

A moringa, também conhecida como árvore da vida ou quiabo-de-quina é uma árvore com origem na Índia, da família Moringaceae, cultivada em todas as

regiões tropicais e subtropicais do mundo e tolerante à seca, florescendo e produzindo frutos (Duke, 1978).

A planta desenvolve-se bem em temperaturas que variam de 26 a 40°C e a uma precipitação anual de pelo menos 500 mm (Dalla Rosa, 1993). Seu tamanho varia 5 e 12 m de altura com uma copa aberta em forma de sombrinha, tronco ereto com diâmetro entre 10 e 30 cm e madeira esbranquiçada e esponjosa (Rangel, 1999).

O primeiro registro do cultivo da moringa no Brasil remonta a década de 1950, no Estado do Maranhão, onde era conhecida como planta ornamental (Amaya et al., 1992). Desde essa época vem se expandindo no país por ser uma espécie perene de fácil cultivo e com múltiplas utilidades alimentares, nutricionais, medicinais, apícolas, bioenergética, entre outros (Lisita et al., 2018). Além disso, devido ao seu rápido crescimento, costuma ser empregada em sistemas agroflorestais para produção de biomassa e como quebra-ventos (Rangel, 1999).

As sementes de Moringa possuem até 39% de óleo, indicando seu potencial em diversos usos, inclusive como biocombustível, e o pó da semente como decantador de sedimentos no tratamento de água (Boumenjel et al., 2021).

3.3 Cultivo de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.)

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais culturas produzidas no Brasil. É da família Fabaceae, a mais importante como fonte de proteína vegetal para a população brasileira, pois atende à alimentação dos diversos estratos de classes de renda com baixo impacto no orçamento das famílias, quando comparado com dietas baseadas em proteína animal (Carbonell et al., 2021).

Os principais produtores mundiais de feijão são: Índia, Brasil, Mianmar, Tanzânia, China, México, Estados Unidos, Uganda, Argentina e Quênia (FAOSTAT, 2023).

Na safra 2021/2022, a área cultivada (feijão-preto, cores e caupi) de 2,86 milhões de hectares com uma produção de aproximadamente 2,99 milhões de

toneladas e produtividade média de 1.046 kg.ha⁻¹. Os principais estados produtores são Paraná (24%), Minas Gerais (18%) e Bahia (10%) (CONAB, 2023).

O Nordeste possui área cultivada com cerca de 1,43 milhão de hectares, frente a 1,3 milhão de hectares da região Sul, Sudeste e Centro-Oeste, somados. Entretanto a produtividade no Nordeste é de cerca de 462 kg.ha⁻¹, ou seja, apenas 28% da produtividade alcançada no eixo Centro-Sul, com média de 1.600 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2023).

Entre as causas relacionadas à baixa produtividade no Nordeste, destacam-se: descapitalização do pequeno produtor; ausência de calagem e/ou solos erodidos; adubação desequilibrada; manejo inadequado de pragas e doenças; e ausência de assistência técnica (Coelho, 2024).

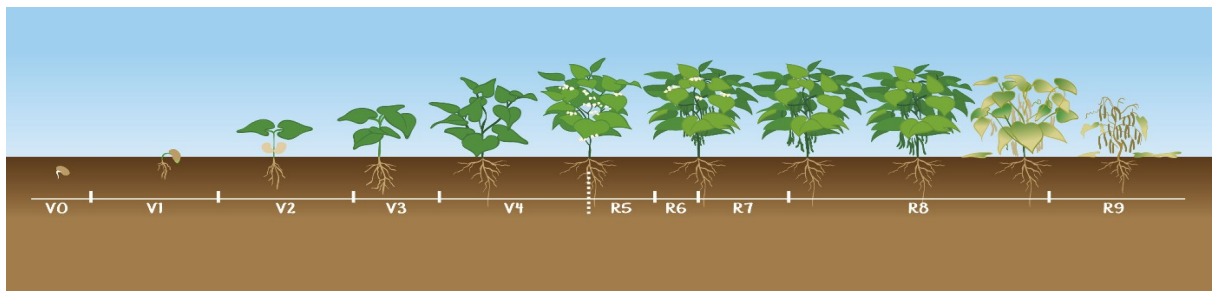
O Quadro 1 destaca, de maneira sucinta, as características que marcam as transições em cada estágio de sua fenologia e a Figura 1 ilustra as características do feijoeiro em cada estágio fenológico.

Quadro 1 – Fenologia do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.)

Fase fenológica vegetativa	Fase fenológica reprodutiva
V0 – Germinação	R5 – Período pré-floração
V1 – Emergência	R6 – Floração
V2 – Folhas primárias	R7 – Formação das vagens
V3 – Primeira folha composta (trifoliolada)	R8 – Enchimento das vagens
V4 – Terceira folha trifoliolada	R9 – Maturação

Fonte: Embrapa, 2023

Figura 1. Estádios de desenvolvimento da planta de feijoeiro.



Fonte: Embrapa, 2023

De acordo com Costa & Zimmermann et al. (1988), a produtividade do feijoeiro é uma junção do número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de grãos. Além disso, Casquero et al. (2006) indicaram que tais componentes podem diminuir ou aumentar de acordo com as condições de cultivo podendo ocorrer compensações entre os componentes da produtividade. Sendo assim, modificações nos sistemas de plantio podem ser evidenciadas a partir das variáveis de produtividade propostas por Costa & Zimmermann et al. (1988).

De acordo com Zilio et al., 2011, avaliando a contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), a massa de 100 grãos é uma característica que possui caráter de herança qualitativa, pouco influenciado pelo ambiente, sendo controlada por poucos genes.

Outra característica importante, que impacta diretamente na produtividade do feijão, diz respeito ao número de grãos por vagem e para Soratto et al., 2010, avaliando a influência de calcário e gesso em componentes de produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão, apontaram que esta é uma característica de alta herdabilidade genética, sendo pouco influenciada pelo ambiente.

Para Crusciol et al. (2007) o número de vagens por planta é mais sensível a alterações nos sistemas de plantio, visto que este é um fator que pode ser potencializado pela altura das plantas, ou seja, indivíduos maiores e com maior quantidade de ramificações produzem maior número de estruturas reprodutivas.

Para melhorar a produtividade do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*), pode-se adotar um conjunto de práticas agroecológicas de manejo, que inclui: i) a adubação verde e plantio direto; ii) a adubação orgânica e fertilizantes de liberação gradual e; iii) o manejo integrado de pragas e doenças (Didonet; Alcântara, 2021).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área

O experimento foi conduzido em área experimental do Núcleo de Extensão em Agroecologia (NEA) do campus Petrolina Zona Rural (CPZR) do IFSertãoPE, localizado Rodovia BR 235, Km 22, PISNC N – 4, Zona Rural, Petrolina – PE. A área localiza-se nas coordenadas Latitude 9°20'11.6" sul e Longitude: 40°41'53.8" oeste no município de Petrolina situado no Vale do Submédio Rio São Francisco e se insere em polo xérico, ou seja, uma área que apresenta, de acordo com o INMET (2023), uma baixa pluviosidade média anual (419 mm), aliada a elevadas taxas de evapotranspiração potencial (2.508 mm) e consequentemente um expressivo déficit hídrico ao longo do ano (Figura 2). O tipo climático regional de Petrolina, segundo Köopen, é BShw (Teixeira, 2010).

Figura 2. Localização do experimento em 2024.



Fonte: Google Earth, 2024

A área foi escolhida por possuir um solo com características antrópicas e apresentar um histórico de revolvimento de material, acúmulo de resíduos orgânicos e entulhos provenientes de construção civil. Por se tratar de um solo muito modificado, não foi possível classificá-lo conforme o Sistema de Classificação de Solos do Brasil (SiBCS). Entretanto, através do histórico de uso, foi possível observar que o solo estava degradado e sem cobertura vegetal, características interessantes para testar o biocarvão como condicionador de solos. O solo também foi classificado de acordo com sua condutividade hidráulica, apresentando valor de $0,032\text{m.h}^{-1}$, sendo classificada como moderadamente lenta (Teixeira et al., 2017), dessa maneira, podendo apresentar problemas associados a deficiência de drenagem. Para caracterizar o solo do ponto de vista físico (granulométrico) e químico foi realizada amostragem seguindo recomendação de Cavalcanti (2008), sendo, em seguida, enviada ao Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal do IFSertãoPE - CPZR. Dessa maneira, a classe textural determinada corresponde a Franco Argilo Arenosa, com 65,43% de areia, 26,39% de argila e 8,17% de silte. As propriedades químicas e de fertilidade do solo constam na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades químicas e fertilidade do solo da área antes da instalação do experimento.

Prof.	PH (1:25)	CE	MO	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	Al ³	SB	CTC	V
cm	H ₂ O	dS/m	g/kg	mg/ kg	-----				cmolc/kg-----			%	
0-20	6,07	1,94	37,95	54,56	1,08	0,35	0,72	1,61	2,34	0,00	3,75	6,09	61,53

Fonte: O autor (2024)

4.2 Preparo da área

O experimento foi realizado em campo (Figura 3), protegido por telas com vãos de 2,5 cm para prevenir a entrada de herbívoros. Os tratamentos foram cultivados em parcelas medindo 1 m de comprimento x 0,2 m de largura e elevação

de 0,1 m para reduzir os danos com acúmulo de água superficial, proveniente de chuvas, comuns para o período em que ocorreu os testes. O delineamento foi em blocos casualizados (DBC), com 6 tratamentos e 6 blocos, totalizando 36 parcelas. As linhas de plantio foram escavadas em sulcos com profundidades de 0,2 m. Os tratamentos foram compostos por 6 doses de biocarvão: 0, 5, 10, 15, 20, 25 Mg.ha⁻¹. Antes do plantio, foi realizada a adubação de fundação com composto orgânico de esterco bovino na dose de 8 Mg.ha⁻¹ (Fernandes, 2016) + pó de rocha MB – 4® (Mibasa) com dose de 2 Mg.ha⁻¹ (Araújo et al., 2014) + Torta de mamona 352,7 kg.ha⁻¹, para adicionar fonte orgânica de N (Cavalcanti, 2008; Fernandes, 2016). A torta de mamona foi utilizada como fonte de nitrogênio e seguiu a orientação do manual de adubação para o estado de Pernambuco, que recomenda a adição 20 kg.ha⁻¹ de N na fundação e 40 kg.ha⁻¹ na cobertura que foi aplicada no estágio V4 – 15 dias após a emergência (DAE).

Figura 3 – Campo experimental para teste com o biocarvão. A – Sulcagem da área; B – Marcação das parcelas; C – Adubação de fundação; D – Incorporação do biocarvão; E – Tonalidades das parcelas com biocarvão; F – Área pronta para o plantio. NEA/CPZR/IFSertãoPE, Petrolina/PE, 2024.



Fonte: O autor, 2024

4.2 Caracterização do material

O composto de esterco bovino foi produzido no NEA (Tabela 2), seguindo metodologia descrita por Meira et al. (2014), o pó de rocha MB – 4® (Mibasa) e a torta de mamona foram adquiridos com recursos próprios em comércio da região e suas análises químicas constam na Tabela 3.

Tabela 2 – Análise química do composto de esterco bovino produzido no NEA/CPZR/IFSertãoPE, Petrolina/PE, 2024.

C org.	C/N	N	P	K	Na	Ca	Mg
g/kg	13,59	-----g/kg-----					
110,20		8,11	5,60	3,89	3,39	0,75	1,41

Fonte: O autor (2024)

Tabela 3 – Análise química dos insumos adquiridos no comércio local.

Pó de rocha MB4								
Elemento	Sílica	Alumínio	Ferro	Cálcio	Magnésio	Sódio	Potássio	Fósforo
%	39,73	7,10	6,86	5,90	17,82	1,48	0,84	0,075
Elemento	Manganês	Cobre	Cobalto	Zinco	Enxofre	-	-	-
%	0,074	0,029	0,029	0,03	0,18	-	-	-

Torta de Mamona	Método analítico
CAPACIDADE TROCA CÁTIONS - CTC	443 mmol/kg Esalq / Lanarv
NITROGÊNIO – N total	5,67 % Liga de Raney.
FÓSFORO – P ₂ O ₅ total	1,69 % Gravimetria com Quimociac.
POTÁSSIO – K ₂ O sol. em água	1,22 % Fotometria de chama.
SÓDIO – Na	0,04 % Fotometria de chama.
CARBONO ORGÂNICO - C org.	37,3 % Óxido-redução / Lanarv
pH (em água na relação 1:10)	6,00 Potenciômetro.

Fonte: Adaptado de Mibasa (2024) e CELQA - Análises Técnicas Ltda, (2024).

O Biocarvão utilizado foi produzido em forno rústico (Figura 4), com lenha de moringa (*Moringa oleifera*), cultivadas em cercas vivas do NEA. O carvão, foi triturado manualmente com auxílio de um pilão e selecionado com peneira de 3 mm, para padronização do tamanho máximo de partícula utilizada no experimento (Figura

5). Para caracterização do carvão, realizou-se uma análise no Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal do IFSertãoPE – CPZR, para caracterizar sua composição química. Os resultados estão expressos na Tabela 4.

Figura 4 – Produção do biocarvão de moringa (*Moringa oleifera*) em forno rústico. A – Preenchimento do reator pirolítico (tambor de zinco) com as lascas de madeira; B – Reator fechado; C – Forno preenchido com biomassa (lenha e palhada seca) para iniciar a combustão; D – Queima da biomassa para iniciar a pirólise no interior do reator pirolítico. NEA/CPZR/IFSertãoPE, Petrolina/PE, 2024.



Fonte: O autor (2024).

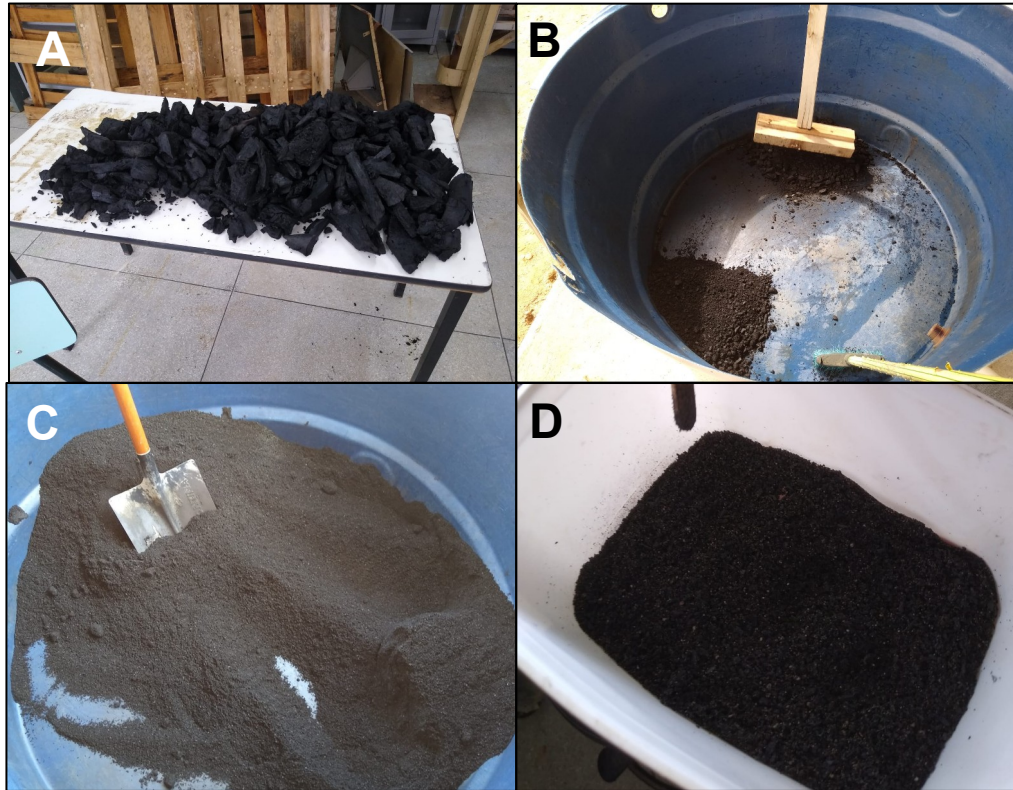
A cultivar de feijão-comum utilizada no experimento foi a BRS FC 104, do grupo carioca, de ciclo superprecoce, com maturação fisiológica até 65 dias após emergência (DAE), desenvolvida pela EMBRAPA. Essa cultivar apresenta porte semiprostrado e hábito de crescimento indeterminado. Além do tempo reduzido para colheita, outra característica interessante sobre a cultivar é sua produtividade que se aproxima de 60 kg de grãos.ha⁻¹ para cada dia de ciclo. As sementes foram adquiridas com recursos próprios em comércio eletrônico, com produtor de sementes certificado.

Tabela 4 – Análise química do biocarvão de moringa (*Moringa oleifera*) produzido no – NEA/CPZR/IFSertãoPE, Petrolina/PE, 2024.

C org.	N	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	B
g/kg						mg/kg					
322,2	1,54	8,85	48,00	25,20	29,00	11,65	0,00	50,80	7442,40	103,40	--

Fonte: O autor (2024)

Figura 5 – Beneficiamento do biocarvão. A – Moringa carbonizada; B – Fragmentação do biocarvão com auxílio de pilão de madeira; C – Biocarvão triturado; D – Aspecto do biocarvão peneirado para aplicação. NEA/CPZR/IFSertãoPE, Petrolina/PE, 2024.



Fonte: O autor (2024).

4.3 Tratos culturais e irrigação

Antes do plantio, as sementes foram peletizadas com pó de rocha MB4, com a finalidade de aumentar a proteção contra fatores externos, seguindo recomendação e metodologia propostas em Meira et al. (2014). O plantio ocorreu no dia 09 de janeiro de 2024, com densidade $10 \text{ plantas.m}^{-1}$ linear e espaçamento entre linhas de 0,5 m, sendo 2 sementes por berço (cova). O desbaste ocorreu no dia 26 de janeiro – Estádio V3, 15 DAE – ficando apenas uma planta por berço. O cultivo foi irrigado por microaspersão. As lâminas de irrigação foram determinadas pela evapotranspiração de referência (Eto) para o período, em Petrolina-PE (da Silva et al., 2015), multiplicada pelo coeficiente de cultivo (Kc) sugerido por Steinmetz

(1984), que determinou valores de 0,69 para o período da germinação até o início da floração, 1,28 para o período da floração e 1,04 no início do desenvolvimento das vagens à maturação. Por conta da baixa condutividade hidráulica do solo, a lâmina de irrigação foi dividida em 6 regas diárias para reduzir o escoamento superficial, com intervalos de uma hora entre cada rega.

A partir do dia 20 de janeiro, no estágio V3 (16 DAE), iniciou-se o controle preventivo com pulverização de calda sulfocálcica 18 °Be a 1%, produzida no NEA. O uso da calda foi suspenso após a segunda aplicação, no dia 24 de janeiro, já no estágio V4 (20 DAE), quando as folhas apresentaram queimaduras. Durante o período do experimento foram constatados diversos problemas envolvendo insetos sugadores, principalmente, mosca-branca (*Bemisia tabaci*) e cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*). Além disso, a partir do estágio R6 (31 DAE) foi observada a presença de percevejos, com destaque para o percevejo-de-renda (*Gargaphia sp.*), em alta infestação.

Como alternativa, para reduzir a infestação de insetos sugadores, a partir de 31 de janeiro, no estágio V4 (27 DAE), iniciou-se o controle com de óleo de neem (*Azadirachta indica*), produto comercial Max Neem®, adquirida no comércio local. As pulverizações com o óleo de neem, em concentração de 0,20%, ocorreram de maneira preventiva a cada 7 dias, até o estágio R9. No mesmo período, iniciou-se controle com água-de-vidro (calda de cinza e cal), produzida no NEA, seguindo metodologia descrita por Meira et al. (2014). A água-de-vidro foi aplicada em concentração de 1,25%, a cada 7 dias para prevenir problemas com lagarta-cortadeira (*Spodoptera frugiperda*) e vaquinhas (*Diabrotica speciosa*), além da prevenção às doenças fúngicas que afetam a parte aérea das plantas. Cabe destacar a ocorrência de doenças provocadas por fungos e vírus, como: Murcha de Sclerotium (*Sclerotium rolfsii*); Podridão-cinzenta do caule (*Macrophomina phaseolina*); Mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*); e Mosaico-dourado (BGMV), transmitido pela mosca-branca (*Bemisia tabaci*). As doenças fúngicas se manifestaram após regime atípico de chuvas – foram registrados 413,46 mm, só no período do experimento, quase a média de precipitação para o ano – impactando em redução de estande e, portanto, na redução de produtividade.

4.4 Avaliação das variáveis

Para facilitar o entendimento acerca das variáveis avaliadas, realizou-se uma separação didática das avaliações em componentes mensurados no final da fase vegetativa, no estágio V4, nomeadas como variáveis de crescimento e componentes mensurados no pós-colheita, nomeados como variáveis de produção.

4.4.1 Variáveis de crescimento

A avaliação da fase vegetativa ocorreu no dia 09 de fevereiro, 25 DAE, no final de sua fase vegetativa, durante o estágio V4, ou seja, antes do surgimento dos primeiros botões florais. Para avaliação das variáveis, foram consideradas todas as plantas viáveis em cada parcela por bloco e os resultados expressam suas médias. Dessa maneira, os componentes biométricos da fase vegetativa foram as variáveis: altura das plantas (AP) em cm; diâmetro do caule (DCau) em mm; número de folhas totalmente expandidas (NFTE); e diâmetro da copa (DCop) em cm.

a) Altura da planta (AP)

Esta variável foi mensurada com o auxílio de uma régua milimetrada, sendo a medida tomada, em sentido vertical, a partir da superfície do solo até o ápice da planta e com os valores registrados em centímetros (cm).

b) Diâmetro do caule (DCau)

Foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital, com a medida tomada na base do caule, aproximadamente 5 cm da superfície do solo com os valores registrados em milímetros (mm).

c) Número de folhas totalmente expandidas (NFTE)

Realizou-se a contagem direta das folhas (trifolioladas) totalmente expandidas de cada planta dentro das parcelas, sendo registrada a média de folhas por planta.

d) Diâmetro da copa (Dcop)

Para mensurar o diâmetro da copa, tomou-se o a medida horizontal de sua projeção em dois sentidos (norte e sul), com os valores registrando as médias das duas leituras em centímetros (cm).

4.4.2 Variáveis de produção

A avaliação pós-colheita ocorreu no dia 29 de março, 76 DAE, sete dias depois da suspensão da irrigação para secagem das plantas a campo. Para avaliação das variáveis, foram consideradas todas as plantas viáveis em cada parcela por bloco e os resultados expressam suas médias. Dessa maneira, os componentes mensurados foram as variáveis: número médio de vagens por planta (NMVP); número médio de grãos por vagem (NMGV); e massa de 100 grãos (P100) em gramas (g) e produtividade (PMg.ha⁻¹).

a) Número médio de vagens por planta (NMVP)

Foram contadas todas as vagens viáveis colhidas manualmente por planta, em seguida a quantidade total de vagens foi dividida pelo número de plantas viáveis dentro da parcela, registrando-se as médias.

b) Número médio de grãos por vagem (NMGV)

Após debulha manual, todos os grãos colhidos por planta foram contados e divididos pelo número de vagens total em cada planta dentro de sua respectiva parcela, os valores tratados estatisticamente representam as médias.

c) Massa de 100 grãos (P100)

Foram selecionados, ao acaso, 100 grãos de cada parcela. Em seguida foram, pesados em balança semi-analítica com três casas decimais, marca Shimadzu, separados e identificados em saquinhos de papel para secagem em estufa instalada no Laboratório de Piscicultura do IFSertãoPE - CPZR, seguindo metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009), até atingir massa constante. Na sequência, os grãos secos foram novamente pesados. Os valores, com umidade em base úmida (b.u.) foram corrigidos para umidade de 13%, de acordo com a seguinte transformação:

$$\text{Massa (13\% U)} = \mu \times \frac{100 - \text{Ubu}\%}{100 - \text{Ud}\%}$$

Em que:

Massa (13%U) = massa em gramas (g) corrigida para 13% de umidade (b.u.)

μ = massa dos grãos antes da secagem em estufa

Ubu% = percentual de umidade (b.u.)

Ud% = umidade desejada

d) Produtividade (PMg.ha⁻¹)

Os valores registrados representam as médias dos tratamentos. Para calcular a produtividade em Mg.ha⁻¹, utilizou-se a fórmula:

$$\text{Pmg.ha}^{-1} = \text{N}^{\circ} \text{ plantas/ha} \times \frac{(\text{P100} \times \text{NMVP} \times \text{NMGV})}{100}$$

Em que:

PMg.ha⁻¹ = produtividade em megagrama (Mg) por hectare (ha)

Nº plantas/ha = número de plantas por hectare (ha)

P100 = massa de 100 grãos em gramas (g)

NMVP = número médio de vagens por planta

NMGV = Número médio de grãos por vagem

4.5 Análise estatística

Os valores coletados foram estudados quanto à sua distribuição de dados para verificar sua normalidade, utilizando o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância e, em seguida, ao Teste de Oneill e Mathews (2000) a 5% de significância para testar homogeneidade de variância. Procedeu-se a análise de variância (ANOVA) com a aplicação de teste F para verificar variabilidade das médias. O programa estatístico utilizado foi o R (*The R project for Statistical Computing*).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis de crescimento

O teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância revelou que os resíduos são considerados normais. As variâncias podem ser consideradas homogêneas, a partir do teste de Oneill e Mathews (2002) a 5% de significância. Entretanto, de acordo com o teste F, para os tratamentos, as médias não podem ser consideradas diferentes. Isso significa que, nas condições testadas neste experimento, a partir do resumo da ANOVA (Tabela 5), nenhuma das doses de biocarvão influenciou significativamente nos resultados sobre as variáveis de crescimento avaliadas. A Figura 6 ilustra aspectos do desenvolvimento vegetativo dos feijoeiros durante o experimento.

Figura 6 – Fase vegetativa. A – Emergência (V1); B – Estande inicial após irrigação; C – Detalhe das plantas no estágio V3; D – Estande no estágio V4; NEA/CPZR/IFSertãoPE, Petrolina/PE, 2024.



Fonte: O autor (2024)

Tabela 5. Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores de número de folhas totalmente expandidas (NFTE), diâmetro do caule (DCau), altura da planta (AP) e diâmetro da copa (DCop) de plantas de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*), cultivadas em solo com diferentes doses (BC0 = 0 Mg.ha⁻¹; BC5 = 5 Mg.ha⁻¹; BC10 = 10 Mg.ha⁻¹; BC15 = 15 Mg.ha⁻¹; BC20 = 20 Mg.ha⁻¹; e BC25 = 25 Mg.ha⁻¹) de biocarvão de moringa (*Moringa oleifera*). NEA/CPZR/IFSertãoPE, Petrolina/PE, 2024.

Fator de variação	GL	Valores de quadrados médios			
		NFTE	DCau	AP	DCop
Tratamento	5	0,05432 ^{ns}	0,038966 ^{ns}	1,0517 ^{ns}	0,433 ^{ns}
Bloco	5	0,32051	0,267712	15,6142	36,447
Resíduo	25	0,16105	0,071847	1,3064	2,843
CV%		10,45	5,65	10,72	7,32

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \geq .05$) para o teste F. Fonte: O autor.

Tenório (2017), avaliando os efeitos do biocarvão do endocarpo do Ouricuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc), constatou que as variáveis de crescimento vegetativo do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) só foram influenciados com uma dose de 32 Mg.ha⁻¹, portanto superior ao testado no presente experimento. Segundo Steiner, et al. (2007), a natureza recalcitrante do carvão vegetal e os baixos teores de nutrientes tornam improvável que o carvão vegetal seja um fertilizante

equilibrado, dessa maneira, a liberação de nutrientes pela mineralização é provavelmente mais lenta do que a de outros materiais orgânicos. É possível que esta liberação mais lenta, aliada a doses que forneceram valores relativamente menores de nutrientes, tendo como referência a análise química do biocarvão de moringa (*Moringa oleifera*) (Tabela 4), tenham sido determinantes para a ausência de efeito no desenvolvimento das plantas no presente experimento.

Lima et al. (2017), avaliando o crescimento em cultivo protegido do girassol (*Helianthus annuus* L.), em argissolo amarelo, tratado com doses variando entre 0 e 20 Mg.ha⁻¹ de biocarvão de casca de coco seco, evidenciaram que não houve diferença no ganho de massa seca das plantas. Assim como os resultados encontrados na presente pesquisa, o cultivo ocorreu com controle da irrigação para manutenção da capacidade de campo. Os autores destacam que o uso de irrigação reduz o efeito do biocarvão, sugerindo que sua influência se torna mais abrangente em condições de escassez de água ou em condições que o solo apresente baixa retenção hídrica e baixa capacidade de troca de cátions, como em solos arenosos.

5.2 Varáveis de produção

O teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância revelou que os resíduos podem ser considerados normais. As variâncias podem ser consideradas homogêneas, a partir do teste de Oneill e Mathews (2002) a 5% de significância. Entretanto, de acordo com o teste F, para os tratamentos, as médias não podem ser consideradas diferentes. O resumo da ANOVA (Tabela 6) indica que nenhuma das doses de biocarvão influenciou os resultados sobre as variáveis de produção. A Figura 7 ilustra aspectos da fase reprodutiva e dos grãos no pós-colheita.

Figura 7 – Fase reprodutiva e pós-colheita. A – Estande florindo (R6); B – Estande amarelando (R9); C – Secagem dos grãos na planta; D – Aspecto dos grãos de feijão no pós-colheita; E – Grãos de diferentes parcelas. NEA/CPZR/IFSertãoPE, Petrolina/PE, 2024.



Fonte: O autor (2024)

Tabela 6. Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores de quantidade média de vagens por planta (QMVP), quantidade média de grãos por vagem (QMGV), massa de 100 grãos (P100) e produtividade (Pmg.ha⁻¹) de plantas de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*), cultivadas em solo com diferentes doses (BC0 = 0 Mg.ha⁻¹; BC5 = 5 Mg.ha⁻¹; BC10 = 10 Mg.ha⁻¹; BC15 = 15 Mg.ha⁻¹; BC20 = 20 Mg.ha⁻¹; e BC25 = 25 Mg.ha⁻¹) de biocarvão de moringa (*Moringa oleifera*). NEA/CPZR/IFSertãoPE, Petrolina/PE, 2024.

Fator de variação	GL	Valores de quadrados médios			
		QMVP	QMGV	P100	PMg.ha ⁻¹
Tratamento	5	2,9151 ^{ns}	0,14919 ^{ns}	3,856 ^{ns}	0,27404 ^{ns}
Bloco	5	18,1030	0,22180	7,3531	0,99405
Resíduo	25	2,6563	0,18415	2,5657	0,13499
CV%		16,96	10,94	6,89	20,73

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \geq .05$) para o teste F. Fonte: O autor.

Ainda que a QMVP possa ser influenciada por alterações nos sistemas de cultivo, por se tratar de uma característica de baixa herdabilidade (Crusciol et al., 2007), nas condições desenvolvidas no presente experimento, não foram observadas diferenças entre os tratamentos. Nesse sentido, é possível afirmar que a

QMVP é diretamente influenciada por fatores morfológicos e fisiológicos relacionados ao crescimento e ao desenvolvimento da planta, entretanto, como já foi constatado nas variáveis de crescimento, não houve diferença entre os tratamentos, justificando o resultado igual para esta variável em específico.

A QMGV não foi influenciada pelo tratamento, isso reforça a avaliação de Soratto et al. (2010), que destaca que esta é uma característica agrônômica de alta herdabilidade genética, algo esperado para um genótipo comercial, como é o caso da cultivar BRS FC 104.

No caso da variável P100 os tratamentos não influenciaram os resultados. De acordo com Zilio et al. (2011), é algo esperado, visto que a massa dos grãos é uma característica pouco influenciada pelo ambiente, ainda que em condições muito específicas, como estresse hídrico e temperaturas elevadas, possa ocorrer efeito compensatório, quando o número de vagens ou grãos diminuem, causando um incremento de massa nos grãos, o aumento de um corresponde a uma diminuição no outro.

Tenório (2017), também avaliou variáveis de produção de feijão-comum e os resultados só foram significativos com dose de 32 Mg.ha^{-1} , possivelmente por ter adicionado maior quantidade relativa de nutrientes. Steiner et al. (2007), comparando as parcelas que receberam apenas fertilizante mineral, indicam em seu estudo que adições de carvão promovem uma fertilidade sustentável se uma fonte concomitante de nutrientes orgânica ou mineral for fornecida.

Com base nos resultados apresentados, bem como as observações analisadas em outros estudos com biocarvão, independente das espécies cultivadas, é possível supor que a adição de fontes orgânicas de nutrientes, como a que ocorreu na presente pesquisa, possam reduzir o efeito do biocarvão no desenvolvimento das plantas. Isso pode estar relacionado com o EP ocorrido por um aporte de C lábil do biocarvão com a adição do composto orgânico, aumentando a relação C/N, o que favorece a demanda microbiana, consequentemente imobilizando nutrientes como P e N que são demandados pelo feijoeiro no seu desenvolvimento. Entretanto essa suposição necessita de uma avaliação mais profunda, com análise dos fluxos de C e N para identificar se houve EP positivo ou negativo. Contudo, Lopes (2023) avaliou biomassa e diversidade microbiana em solo

com biocarvão e constatou que doses entre 20 e 30 Mg.ha⁻¹ favoreceram a atividade de microrganismos relacionados à mineralização da MOS. Em sentido inverso, a autora afirma que doses de biocarvão acima desses valores contribuem para a menor perda de C do solo na forma de CO₂ para a atmosfera.

Para ampliar a discussão, comparando os efeitos do biocarvão com uma espécie vegetal de metabolismo C₄, Santana & Dalto (2024), avaliando a produtividade do milho por seis anos subsequentes após a aplicação de biocarvão em um latossolo amarelo no Cerrado, verificaram que doses entre 1 e 16 Mg.ha⁻¹ influenciaram a produção de grãos, indicando que quanto maior a dose de biocarvão, maior a produtividade. Entretanto, não encontraram diferença estatística no primeiro ano de aplicação, alcançando resultados expressivos a partir do segundo ano. Essa condição corrobora com a hipótese levantada por Steiner et al. (2007) acerca da recalcitrância do carvão reduzir a mineralização e, portanto, a liberação de nutrientes no curto prazo.

No estudo de Steiner et al. (2007), para destacar o efeito recalcitrante do C pirogênico, solos contendo biocarvão perderam apenas 8 e 4% do conteúdo de C do solo com e sem fertilização mineral, respectivamente, em contraste com a fertilização orgânica (composto ou cama de frango), em que o conteúdo de C do solo diminuiu 27%. Segundo Verma et al. (2014) uma tonelada de biocarvão com teores de C entre 60 e 80% é capaz de sequestrar o equivalente entre 2,2 e 2,94 Mg de CO₂. O biocarvão de moringa, aqui obtido, continha 32,2% de C, o que permite estimar que uma tonelada dele tem a capacidade de sequestrar 1,18 Mg de CO₂. Dessa maneira, ainda que o presente experimento não tenha produzido efeitos significativos no desenvolvimento e produtividade do feijão-comum, a utilização de biocarvão de moringa possibilita o estoque de C no solo e conseqüentemente, condicionamento a longo prazo, o que o faz um importante aliado na busca por uma agricultura que inverte a dinâmica das emissões de GEE.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições avaliadas no presente experimento, nenhuma das doses de biocarvão de moringa influenciou no desenvolvimento ou rendimento do feijoeiro irrigado.

Sugerem-se estudos sobre o efeito do biocarvão de moringa a longo prazo, avaliando sucessão de cultivos de feijão-comum ou de outras espécies, dando ênfase a uma investigação sobre as propriedades dos solos tratados, avaliando o ciclo de transformação do C pirogênico, e seus efeitos sobre a estabilidade MOS, bem como a influência da adição do biocarvão na disponibilidade de nutrientes e sequestro de C, para determinar sua aptidão em sistemas agroecológicos no semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. F.; LOPES, R. de C.; SANTOS, C. D. A. S. M. dos; SOUZA, G. N. de. Rochagem na agricultura agroecológica. **Cartilha agroecologia**, v.6. Centro de Agroecologia, Energias Renováveis e Desenvolvimento Sustentável. EDUNEB, Salvador - BA, 2014.

AMAYA, D.R.; KERR, W.E.; GODOI, H.T. de; OLIVEIRA, A.L; SILVA, F.R. da. Moringa: Hortaliza arbórea rica em beta-caroteno. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n.2, p. 126, 1992

ANDRADE, C. A.; PUGA, A. P. **Biocarvão: uso agrícola e ambiental**. 2023.

ARAÚJO, J. F.; LOPES, R. de C.; SANTOS, C. D. A. S. M. dos; SOUZA, G. N. de. Rochagem na agricultura agroecológica. **Cartilha agroecologia**, v.6. Centro de Agroecologia, Energias Renováveis e Desenvolvimento Sustentável. EDUNEB, Salvador - BA, 2014.

ARCOS CALVACHE, D. F. **Preparo profundo de solo e adubação para plantio de café conilon**. 2021.

BOUMENJEL, A.; PAPADOPOULOS, A.; AMMARI, Y. Growth response of Moringa oleifera (Lam) to water stress and to arid bioclimatic conditions. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 5, p. 823-833, 2021.

BRASSEUR, G.P.; ORLANDO, J.J.; TYNDALL, G.S. **Atmospheric chemistry and global change**. New York: Oxford University, 1999. 654p.

CARBONELL, S.; CHIORATO, A.; BEZERRA, L. A planta e o grão do feijão e as firmas de apresentação aos consumidores. **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**, p. 101-116, 2021.

CASQUERO, P. A. et al Performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from Spain in the Atlantic and Mediterranean environments. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 53, n. 05, p. 1021-1032, 2006.

CAVALCANTI, F. J. de A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco** : 2a. aproximação. 3. ed. rev. Recife: IPA, 2008.

COELHO, J. D. Feijão: produção e mercados. **Caderno Setorial ETENE**, Ano 6, Nº 197. 2021.

COELHO, Jackson Dantas. FEIJÃO. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v. 8, 2024. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/etene/article/view/2622>. Acesso em: 22 jul. 2024.

CONAB - **Acomp. safra brasileira de grãos**, Brasília, DF, v.10 – Safra 2022/23, n.11 – Décimo primeiro levantamento, p. 1-102, novembro 2023.

COSTA, J. A. **Caracterização dos sítios arqueológicos com terra preta de Caxiuanã**. MCT/MPEG. Belém, Pará, p.15. 2003.

COSTA, J. A.; COSTA, M.; KERN, D. C.; SANTOS, C. Pedogênese de solos antrópicos: As terras pretas e terra mulata do baixo amazonas. **Revista Equador**, v. 4, p. 440-447, 2015.

COSTA, J. C. G.; ZIMMERMANN, M. J. O. Melhoramento genético. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós. 1988. p. 229-245.

COSTA, M. L.; KERN, D. C. Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon. **Journal of Geochemical Exploration** [S.l.], v. 66, n. 1/2, p. 369, 1999.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; SILVA, L.M. da; LEMOS, L.B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1545-1552, 2007.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. **Matéria orgânica do solo**. 2015.

DA SILVA, A. O., CORREIA, J. de S., BASSOI, L. H., & TEIXEIRA, A. H. de C. (2015). Evapotranspiração de referência para dimensionamento de sistemas de irrigação em Petrolina, PE. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**,9(1), 30–38. Disponível em: <https://doi.org/10.18011/bioeng2015v9n1p30-38>.

DALLA ROSA, K.R. **Moringa oleifera: a perfect tree for home gardens**. Hawaii: **NFTA**, 1993. 2p. (Agroforestry Species Highlights, 1).

DIDONET, A. D.; DE ALCÂNTARA, F. A. **Produção agroecológica de feijão: sistema de produção e práticas de manejo**. 2021.

DUKE, J.A. The quest of tolerant germplasm. In: YOUNG, G. (ed.) **Crop tolerance to subtropical land conditions**. Madison: AJA, 1978, p. 1-16. (American Society Agronomical Special Symposium, 32).

EMBRAPA. Feijão. Pré-produção: Fenologia. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/fenologia>. Acessado em: 02 de julho de 2024.

FALCÃO, N. P. S.; CLEMENT, C. R.; TSAI, S. M.; COMERFORD, N. B. Pedology, fertility, and biology of Central Amazonian ark Earths. In: WOODS, W. I.; TEIXEIRA, W. G.; LEHMANN, J.; STEINER, C.; WINKLERPRINS, A.; REBELLATO, L. (ed). **Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's Vision**. Berlin: Springer Science, 2009. p.213-228.

FALCÃO, N.P.S.; SOUZA, L.A.G.; OLIVEIRA, D.M. Efeito da adição de carvão e serragem em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central no desenvolvimento e nodulação natural de feijão-caupi. In: RIBEIRO, H. M. DA S. **Influência da adição de biochar sobre as modificações das propriedades físicas de um Latossolo Amarelo Distrófico da Amazônia Central**. INPA, Manaus, AM, 2020.

FAO. **Status of the World's Soil Resources**. Main Report. 2015. Disponível em <<http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>>. Acessado em: 16 de agosto de 2023.

FAOSTAT. **Crops**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 15 set. 2023.

FERNANDES, Rodolfo Condé. **Desempenho de cultivares de feijoeiro comum sob adubação orgânica e convencional**. 2016. 98 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2016.

FONTANA, A.; DE CAMPOS, D. V. B. Carbono orgânico. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Manual de métodos**

de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. pt. 3, cap. 1, p. 360-367. 2017.

HANKE, D; DA SILVA NASCIMENTO, S. G.; RIBEIRO, T.; BARBIER, A. L . Seria o biocarvão uma alternativa potencial para o desenvolvimento da agricultura familiar? Uma tentativa de consolidação de tecnologias sociais com foco na dinâmica do C no solo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil** - período 1991-2020. Brasília - DF 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>.

KÄMPF, N. et al. Classification of Amazonian Dark Earths and other ancient anthropic soils. In: LEHMANN, J. et al (Ed.). **Origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 77-102.

KERN, D. C.; KAMPF, N.; WOODS, W. I.; DENEVAN, W. M.; COSTA, M. L.; FRAZÃO, F. J. L.; SOMBROEK, W. Evolução do conhecimento em Terra Preta de Índio. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (ed.). **As Terras Pretas de Índio na Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Embrapa Amazônica Ocidental, 2009. p. 72-81.

KUZYAKOV, Y. Priming effects: interactions between living and dead organic matter. **Soil Biology & Biochemistry** 42, 1363-1371, 2010.

LAL, R. Challenges and opportunities in soil organic matter research. **European J. of Soil Science**, v. 60, p. 158-169, 2009.

LEHMANN, J. A handful of carbon. **Nature**, 447: 143-144, 2007

LEHMANN, J. JOSEPH, S. **Biochar for Environmental Management: Science and Technology**. Earthscan, London, 2009.

LEHMANN, J.; da SILVA JR., J.; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferrasol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, 2003, 249:343-357p.

LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. WOODS, W.I. Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer. **Academic Publishers**, 2003, 505p.

LIMA, I. S., GONZAGA, M. I. S., ALMEIDA, A. Q., MASSARANDUBA, W. Lixiviação de íons em argissolo amarelo tratado com biocarvão de casca de coco seco e cultivado com girasol (*Helianthus annuus* L). **Revista brasileira de agricultura irrigada**, v. 11, n. 7, p. 1956, 2017.

LISITA, F. O.; JULIANO, R. S.; MOREIRA, J. S. Cultivo e Processamento da Moringa na alimentação de Bovinos e Aves. **Circular técnica 119 – EMBRAPA**. Corumbá, MS Setembro, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1096272/1/CT119Fredmoringa.pdf>.

LOPES, E. M. G. **Biomassa e diversidade microbiana em solo adubado com biocarvão e cultivado com cana-de-açúcar**. 2023.

LUCON, I. M. **Biocarvão nos atributos físicos, químicos e produtividade do milho em solo sob clima tropical**. 2019. Tese de Doutorado. Instituto Agrônômico.

MADARI, B. E. et al. As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. In: **Matéria orgânica dos solos Antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo.** [s.l: s.n.].

MAZOYER, M. ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea** [tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. 568p.: il. Disponível em: http://cienci.aecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252017000200016
Acesso: 29 jul. 2016.

MEIRA, A.L.; LEITE, C.D.; MOREIRA, V.R.R. **Fichas agroecológicas-tecnologias apropriadas para agricultura orgânica.** Ministério da Agricultura e Abastecimento. São Paulo: 2014.

MELO, J. D. F. R. D. **Desenvolvimento de atividades práticas experimentais no ensino de biologia: um estudo de caso.** 2010.

MENDONÇA, M de S. **Biochar de caroço de açaí como condicionador de solo na produção de mudas de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.).** UNESP campus Jaboticabal, SP, 2019.

MORAGUES-SAITUA, L.; ARIAS-GONZÁLEZ, A.; GARTZIA-BENGOETXEA, N. **Effects of biochar and wood ash on soil hydraulic properties: A field experiment involving contrasting temperate soils.** *Geoderma*, v. 305, p. 144-152, 2017.

MOREIRA, A.; TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C.; FALCÃO, N. D. S. **Métodos de caracterização química de amostras de horizontes antrópicos das Terras Pretas de Índio.** 2010

NÓBREGA, I.P.C. **Efeitos do biochar nas propriedades físicas e químicas do solo: Sequestro de carbono no solo.** (Dissertação de mestrado) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 38p, 2011.

O'NEILL, M. E.; MATHEWS, K. L. A weighted least squares approach to levene test of homogeneity of variance. **Australian e New Zealand Journal Statistical**, 42(1):81-100, 2000.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. C; CORREA, J. R. V.; RODRIGUES, T. E. **Caracterização dos solos da Folha Itapacurá-Mirim, município de Trairão, Estado do Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

PETTER, F. A., LIMA, L. B., MORALES, M. M., MARIMON JR., B. H., & MORAIS, L.A. Biocarvão no Solo: Aspectos agronômicos e Ambientais. **VIII SIMBRAS**, 73-81, 2016.

PETTER, F.A. MADARI, B.E.R. Biochar: Agronomic and Environmental Potential in Brazilian Savannah Soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 16, 761-768, 2012.

RANGEL. M.S.A. Moringa oleifera: uma planta de uso múltiplo. **Embrapa Circular Técnica** n° 9. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 1999. 41p.

SAATH, K. C. de O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, p. 195-212, 2018.

SANTANA, D. M. de, & DALTO, P. H. (2024). Avaliação da produtividade do milho por seis anos subsequentes após a aplicação de biocarvão em um latossolo amarelo

no Cerrado. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 7(2), e69285. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-047>

SATO, M. K. et al. Biochar as a sustainable alternative to açai waste disposal in Amazon, Brazil. **Process Safety and Environmental Protection**, v.139, p. 36-46. Apr, 2020.

SILVA, F. W. R.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; MOTTA, M. B.; SANTANA, R. M. Caracterização química e mineralogia de solos antrópicos (Terras Pretas de Índio) na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 673-681, 2011.

SILVA, I.C.B.; BASÍLIO, J.J.N.; FERNANDES, L.A.; COLEN, F.; SAMPAIO, R.A.; FRAZÃO, L.A. Biochar from different residues on soil properties and common bean production. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.74, n.5, p.378-382, 2017.

SILVA, J. J. C.; CAMPOS, M. C. C.; BRITO, W. B. M.; DE LIMA, A. F. L.; DA CUNHA, J. M.; DA SILVA, D. M. P.; DE OLIVEIRA, F. P. Avaliação da fertilidade de áreas de terra preta de índio no sul do Amazonas. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 16, n. 1, p. 238-249, 2023.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; MELLO, F.F.C. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão em função de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. **Bragantia**, Campinas, v.69, p.965-974, 2010.

SOUZA, L. C.; DE SOUZA, L. C.; DA SILVA, R. L.; LIMA, L. G. S.; DE LIMA, H. V. Caracterização química em horizonte antrópico no Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 46, 2014.

SPOKAS, K. A.; CANTRELL, K. B.; NOVAK, J. M.; ARCHER, D. W.; IPPOLITO, J. A.;

COLLINS, H. P.; BOATENG, A. A.; LIMA, I. M.; LAMB, M. C.; MCALOON, A. J.; LENTZ, R. D.; NICHOLS, K. A. Biochar: A synthesis of its agronomic impact beyond carbon sequestration. **Journal of Environmental Quality**, v. 41, p. 973-989, 2012. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0069>.

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

STEINMETZ, S. **Evapotranspiração máxima no cultivo do feijoeiro de inverno**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 4p

STEVENSON, Frank J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. John Wiley & Sons, 1994.

TAN, Z., LIN, C. S., JI, X., & RAINEY, T. J. **Returning biochar to fields: A review**. **Applied Soil Ecology**, 116, 1-11, 2017.

TEIXEIRA, A.H. de C., 2010. **Balanço hídrico climático de Petrolina**. Disponível: http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa/pdf/9th/03_06.pdf. Acesso: 29 jul. 2016.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF 2017.

TENORIO, F. A. **Cultivo de feijão-comum sob aplicação de biocarvão do endocarpo do Ouricuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc): atributos químicos e biológicos do solo**. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2017.

VAZ, V.; SOUZA, M. R. V.; ANJOS, R. A. R.; I. R. T. Morfofisiologia de cultivares de feijão-comum e híbridos de mamona cultivados em consórcio e monocultivo. **IV Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão**. Goiania GO: UEG 2018.

VENTURA, M.; ALBERTI, G.; PANZACCHI, P.; VEDOVE, G. D.; MIGLIETTA, F.; TONON, G. Biochar mineralization and priming effect in a poplar short rotation coppice from a 3-year field experiment. **Biology and Fertility of Soils**, v. 55, n. 1, p. 67–78, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00374-018-1329-y>

VERMA, M.; M'HAMDI, N.; DKHILI, Z.; BRAR, S. K.; MISRA, K. **Thermochemical transformation of agro-biomass into biochar: simultaneous carbon sequestration and soil amendment**. Biotransformation of Waste Biomass into High Value Biochemicals, p. 51-70, 2014.

WADT, Paulo Guilherme Salvador. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. 2003.

WAGNER, G. H.; WOLF, D. C. Carbon transformations and soil organic matter formation. In: PULROLNIK, K. **Transformações do Carbono no Solo**. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2009.

WOODS, W.I.; McCANN, J.M. El origen y persistencia de las tierras negras de la Amazonía. In Hiraoka, M., Mora, S. (eds). **Desarrollo Sostenible en la Amazonía**. pp. 23-30. 2001.

ZILIO, M., COELHO, C. M. M., SOUZA, C. A., SANTOS, J. C. P., MIQUELLUTI, D. J. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.2, p.429-438, 2011.