

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI (*vigna unguiculata* L. WALP)
EM FUNÇÃO DO EFEITO RESIDUAL DE CARVÃO VEGETAL E PÓ DE SERRA
EM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO DA AMAZÔNIA CENTRAL**

ARAMIS DA CRUZ NORONHA

MANAUS-AM
MAIO DE 2014

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI (*vigna unguiculata* L. WALP)
EM FUNÇÃO DO EFEITO RESIDUAL DE CARVÃO VEGETAL E PÓ DE SERRA
EM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO DA AMAZÔNIA CENTRAL**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, como parte dos requisitos, para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

ARAMIS DA CRUZ NORONHA

ORIENTADOR: DR. NEWTON PAULO DE SOUZA FALCÃO

MANAUS-AM
MAIO DE 2014

Folha de aprovação

A Banca Julgadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

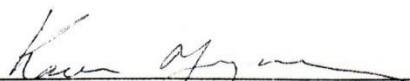
TÍTULO: "CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI (*VIGNA UNGUICULATA* L. WALP) EM FUNÇÃO DO EFEITO RESIDUAL DE CARVÃO VEGETAL E PÓ DE SERRA EM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO DA AMAZÔNIA CENTRAL"

AUTOR:
ARAMIS DA CRUZ NORONHA

BANCA JULGADORA:



CHARLES ROLAND CLEMENT, Dr. (INPA)
(Membro)



KAORU YUYAMA, Dr. (INPA)
(Membro)



AFRANIO FERREIRA NEVES JÚNIOR, Dr. (UFAM)
(Membro)

Manaus, 26 de Março de 2014.

N852 Noronha, Aramis da Cruz
Crescimento e produção de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. WALP) em função do efeito residual de carvão vegetal e pó de serra em Latossolo Amarelo distrófico da Amazônia Central / Aramis da Cruz Noronha. --- Manaus: [s.n], 2014.
ix, 61 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2014.
Orientador : Newton Paulo de Souza Falcão.
Área de concentração : Ciências Biológicas, Agrárias e Humanas.

1. Biocarvão. 2. Feijão-caupi. 3. Fertilidade do solo. I. Título.

CDD 633.33

Sinopse:

Foi avaliado o efeito residual do biocarvão e pó de serra como condicionador químico, fonte de nutrientes e corretivo de acidez na cultura do feijão-caupi em Latossolo Amarelo distrófico típico da Amazônia Central; caracterização química e variação na disponibilidade de nutrientes no solo e avaliação da produção de feijão-caupi em função dos tratamentos. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Fruticultura Tropical do INPA, km 45, da BR 174,

**Ao meu filho João Aquiles
À minha noiva Camilla
Aos meus pais Rui e Kátia
Ao meu irmão Rodrigo.**

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força, perseverança e por mais uma vitória na minha vida profissional.

Ao Dr. Newton Falcão, pela orientação e contribuição para a minha formação profissional.

Ao grupo de trabalho formado por Mozanei, Sandoval, Jonas, Erisson, Danielle, Thiago, Cauã e Galileo que me ajudaram muito com o trabalho de campo e laboratório.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA e ao Programa de Pós Graduação em Agricultura no Trópico Húmido pela oportunidade.

À FAPEAM pela concessão da bolsa.

Aos professores, coordenação e secretaria do ATU pelo apoio.

Aos amigos e parentes que torceram por esta conquista.

Ao meu filho, minha noiva meus pais e irmão pelo amor, compreensão, incentivo e dedicação que foram fundamentais na realização deste trabalho.

E as demais pessoas que participaram de forma direta e indireta na minha vida acadêmica e que me ajudaram na conclusão desta jornada.

Crescimento e produção de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) em função do efeito residual de carvão vegetal e pó de serra em Latossolo Amarelo distrófico da Amazônia Central

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do efeito residual do biocarvão e pó de serra como condicionador químico, fonte de nutrientes e corretivo de acidez na cultura do feijão-caupi em Latossolo Amarelo distrófico típico da Amazônia Central. Para este fim foram realizadas coletas de solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm. Em laboratório foram realizadas análises de P, K, Ca, Mg, Al, Zn, Mn e Fe seguindo a metodologia da EMBRAPA, 1999. O experimento foi composto de quatro blocos com quatro parcelas compostas de quatro subparcelas, em cada subparcela foram plantadas 5 linhas de feijão-caupi. O delineamento experimental foi baseado no efeito residual da aplicação de carvão vegetal e pó de serra realizados em 2006, mantendo o mesmo desenho experimental de blocos casualizados (4 blocos), em parcela subdividida, na parcela principal (0, 40, 80 e 120 t ha⁻¹ de carvão vegetal moído) e nas sub-parcelas foram aplicadas as doses de 0, 40, 80 e 120 t ha⁻¹ de pó de serra. Os resultados mostram que os nutrientes no solo obtiveram maiores teores quando aplicado a combinação de 120 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 120 t ha⁻¹ de pó de serra, a acidez trocável não sofreu grandes alterações em função dos tratamentos testados, porém foi reduzida com a combinação de 120 t ha⁻¹ cv + 40 t ha⁻¹ ps. Não houve diferença entre os tratamentos para a biomassa das plantas de feijão-caupi, porém para a produção de grãos a melhor combinação foi 120 t ha⁻¹ cv + 80 t ha⁻¹ ps. Portanto o efeito residual da aplicação de biocarvão e pó de serra potencializou a disponibilidade de nutrientes e produção de grãos com a combinação de 120 t ha⁻¹ de biocarvão + 120 t ha⁻¹ de pó de serra.

Palavras-chave: Biocarvão, nutrição de plantas, fertilidade do solo.

Growing and grain production of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) under the residual effect of charcoal and sawdust in Yellow Distrofic Latossol from Central Amazon

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the potential of the residual effect of biochar and sawdust as a chemical conditioner, source of nutrients and acidity corrective culture of cowpea in Yellow Latosol from Central Amazon. To this end samplings in 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 and 40-50 cm were performed and also was made in laboratory analysis of P, K, Ca, Mg, Al, Zn, Mn and Fe. The experimental desing consisted of four blocks of four plots with four subplots, each subplot in 5 rows of cowpea were planted. The experimental design was based on the residual effect of charcoal and sawdust made in 2006 , maintaining the same experimental design of randomized blocks (4 blocks) in a split plot , the main plot (0 , 40 , 80 and 120 t ha⁻¹ of biochar) and the sub -plots doses of 0 , 40 , 80 and 120 t ha⁻¹ of sawdust were applied . The results show that the nutrients in the soil had higher levels when applied to combination of 120 t ha⁻¹ biochar + 120 t ha⁻¹ of sawdust, the exchangeable acidity has not significantly changed by the treatments tested but was reduced with the combination of 120 t ha⁻¹ of biochar + 40 t ha⁻¹ sawdust . There was no difference between treatments for plant biomass of cowpea, but for grain production the best combination was 120 t ha⁻¹ biochar + 80 t ha⁻¹ sawdust. Therefore the residual effect of biochar and sawdust enhanced the availability of nutrients and grain production with the combination of 120 t ha⁻¹ of biochar + 120 t ha⁻¹ of sawdust.

Keywords: Biochar, plant nutrition, soil fertility.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	13
2.1. Objetivo geral.....	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1. Aspectos gerais sobre a cultura do feijão-caupi	14
3.2. Importância socioeconômica do feijão-caupi	15
3.3. Nutrição mineral do feijão-caupi	16
3.4. Pó de serra	19
3.5. A proposta do biocarvão.....	19
3.6. Carvão pirogênico	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Características da área de estudo.....	22
4.2. Delineamento experimental	23
4.3. Instalação do experimento.....	24
4.4. Amostragem de solo para determinações analíticas	26
4.5. Amostragem de plantas para determinações de biomassa e produção	26
4.6. Análise estatística.....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. Variação da fertilidade do solo em função dos tratamentos testados	27
5.1.1. Cálcio	27
5.1.2. Magnésio.....	30
5.1.3. Potássio	33
5.1.4. Fósforo.....	36

5.1.5. Alumínio	36
5.1.6. Ferro	38
5.1.7. Zinco.....	40
5.1.8. Manganês.....	42
5.2. Variação produção de feijão-caupi em função dos tratamentos testados	44
5.2.1. Matéria seca da parte aérea e raízes	44
5.2.2. Peso seco das vagens e sementes	45
6. CONCLUSÕES	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
8. ANEXOS	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias e testes de médias para Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^3$) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra.....	53
Tabela 2. Médias e testes de médias para Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^3$) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra	54
Tabela 3. Médias e testes de médias para Potássio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^3$) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra	55
Tabela 4. Médias e testes de médias para Fósforo (mg dm^3) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra	56
Tabela 5. Médias e testes de médias para Alumínio trocável ($\text{cmol}_c \text{ dm}^3$) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra	57
Tabela 6. Médias e testes de médias para Ferro (mg dm^3) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra	58
Tabela 7. Médias e testes de médias para Zinco (mg dm^3) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra	59
Tabela 8. Médias e testes de médias para Manganês (mg dm^3) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra	60
Tabela 9. Médias e testes de médias para Peso seco das vagens + sementes (g) ...	61
Tabela 10. Médias e testes de médias para Peso seco dos grãos (g)	61
Tabela 11. Médias e testes de médias para Peso seco da parte aérea (g).....	61
Tabela 12. Médias e testes de médias para Peso seco da raiz (g)	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui do experimento referente aos quatro blocos que receberam os tratamentos de doses crescentes de carvão vegetal e pó de serra, sendo as doses de carvão aplicadas nas parcelas e as doses de pó de serra aplicadas nas subparcelas	23
Figura 2. Croqui da subparcela 5 x 5 m representando o espaçamento de 1,00 x 0,50 m entre plantas de feijão-caupi	25
Figura 3. Disponibilidade de cálcio no solo em resposta aos tratamentos na camada de 0-10 cm	28
Figura 4. Disponibilidade de cálcio no solo em resposta aos tratamentos na camada de 10-20 cm	28
Figura 5. Efeito da dose de 120 t ha ⁻¹ de biocarvão sobre o Cálcio em profundidade, variando as doses de pó de serra	29
Figura 6. Teor de Cálcio no solo em profundidade, nos tratamentos testemunha e 120 t ha ⁻¹ de biocarvão + 120 t ha ⁻¹ de pó de serra	30
Figura 7. Disponibilidade de Magnésio no solo em resposta aos tratamentos na camada de 0-10 cm	31
Figura 8. Disponibilidade de Magnésio no solo em resposta aos tratamentos na camada de 10-20 cm	31
Figura 9. Efeito da dose de 120 t ha ⁻¹ de biocarvão sobre o Magnésio em profundidade, variando as doses de pó de serra	32
Figura 10. Teor de Magnésio no solo em profundidade, nos tratamentos testemunha e 120 t ha ⁻¹ de biocarvão + 120 t ha ⁻¹ de pó de serra	33
Figura 11. Disponibilidade de Potássio no solo em resposta aos tratamentos na camada de 0-10 cm	34
Figura 12. Efeito da dose de 120 t ha ⁻¹ de pó de serra sobre o Potássio em profundidade, variando as doses de biocarvão	35
Figura 13. Teor de Potássio no solo em profundidade, nos tratamentos testemunha e 120 t ha ⁻¹ de biocarvão + 120 t ha ⁻¹ de pó de serra	35
Figura 14. Efeito da dose de 120 t ha ⁻¹ de pó de serra sobre o Fósforo em profundidade, variando as doses de biocarvão	36
Figura 15. Efeito da dose de 40 t ha ⁻¹ de biocarvão sobre o Alumínio em profundidade, variando as doses de pó de serra.....	37
Figura 16. Teor de Alumínio no solo em resposta às aplicações de biocarvão e pó de serra na camada de 30-40 cm	38
Figura 17. Teor de Alumínio no solo em resposta às aplicações de biocarvão e pó de serra na camada de 40-50 cm	38
Figura 18. Efeito da dose de 120 t ha ⁻¹ de pó de serra sobre o Fósforo em profundidade, variando as doses de biocarvão	39

Figura 19. Teor de Ferro no solo em profundidade, nos tratamentos testemunha e 80 t ha ⁻¹ de biocarvão + 40 t ha ⁻¹ de pó de serra	40
Figura 20. Disponibilidade de Zinco no solo em resposta aos tratamentos na camada de 10-20 cm .	41
Figura 21. Disponibilidade de Zinco no solo em resposta aos tratamentos na camada de 20-30 cm .	41
Figura 22. Efeito da dose de 120 t ha ⁻¹ de pó de serra sobre o Zinco em profundidade, variando as doses de biocarvão	42
Figura 23. Análise de regressão dos teores de manganês em profundidade em função dos tratamentos 15 e 16 em comparação à testemunha	43
Figura 24. Efeito da dose de 120 t ha ⁻¹ de pó de serra sobre o Manganês em profundidade, variando as doses de biocarvão	43
Figura 25. Disponibilidade de biomassa na parte aérea de feijão-caupi em resposta às aplicações de biocarvão e pó de serra	44
Figura 26. Disponibilidade de biomassa nas raízes de feijão-caupi em resposta às aplicações de biocarvão e pó de serra	45
Figura 27. Disponibilidade da produção de grãos de feijão-caupi em resposta às aplicações de biocarvão e pó de serra	45
Figura 28. Análise de regressão sobre a produção de grãos e cálcio em função da dosagem de 80 t ha ⁻¹ de pó de serra variando as dosagens de biocarvão (0-10 cm).....	46

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, (*Vigna unguiculata* L Walp) é uma das culturas mais importantes das regiões Norte e Nordeste do Brasil, por desempenhar importância fundamental no contexto socioeconômico das famílias de baixa renda que vivem nestas regiões. Fornece alimento de alto valor nutritivo, por apresentar alto conteúdo protéico além de participar da geração de emprego e renda. Suas sementes são fontes de proteínas, aminoácidos, tiamina, niacina, além de fibras dietéticas; portanto, é uma opção para compor os programas de políticas públicas focados na melhoria e qualidade de vida, especialmente em áreas crescentes, nos meios rural e urbano (SOUZA, 2005).

Embora considerada uma cultura tropical, compatível com as condições ecológicas locais, o cultivo de feijão-caupi ainda apresenta baixa produtividade, tanto no sistema de cultivo solteiro como no cultivo consorciado (MIRANDA *et al.*, 1996).

O feijão-caupi, apresenta capacidade de se desenvolver satisfatoriamente em solos de baixa fertilidade e por sua rusticidade, sendo considerado uma opção viável como fonte de matéria orgânica a ser utilizada como adubo verde na recuperação de solos naturalmente pobres em fertilidade, ou esgotados pelo seu uso intensivo, muito comum no Nordeste. O solo ideal para o cultivo do feijão-caupi são os silicosos argilosos, profundos e drenáveis. Os aluviões que margeiam os rios são também ótimos para o cultivo dessa leguminosa (OLIVEIRA & CARVALHO, 1988).

A maior parte da produção de feijão-caupi no estado do Amazonas é oriunda das áreas de várzeas, onde existem os solos mais férteis para o cultivo de espécies anuais de ciclo curto. Os solos de terra firme da planície amazônica, em sua maioria, apresentam boas características físicas, porém com sérias limitações químicas para o estabelecimento de cultivos anuais intensivos.

Devido ao alto grau de intemperismo, a maior parte destes apresenta acidez elevada e pouca disponibilidade de nutrientes, fazendo com que a produção agrícola na região dependa da adição de fontes de fertilizantes orgânicos e minerais para se obter uma produção satisfatória. Considerando que os fertilizantes e corretivos agrícolas participam com mais de 50% do custo de produção de uma lavoura, a produção de feijão-caupi nessas áreas onde predominam os latossolos e argissolos

com baixa fertilidade natural e acidez elevada, torna-se uma atividade antieconômica.

Pesquisas nas áreas de fertilidade do solo e nutrição de plantas na Amazônia têm procurado alternativas de cultivo dessas espécies de ciclo curto tais como arroz, feijão, milho, mandioca, arroz, com utilização de fontes alternativas de nutrientes, tais como leguminosas fixadoras de nitrogênio, resíduos orgânicos frescos e biocarbonizados, contendo quantidades consideradas de nutrientes importantes para a formação das plantas e também compostos orgânicos e minerais convencionais biocarbonizados que aumentem a eficiência de fertilizantes convencionais.

Neste contexto, vários trabalhos de pesquisa tem demonstrado a importância do resíduo de carvão vegetal ou biocarvão como melhorador das condições químicas, físicas e biológicas do solo. A utilização de resíduos de carvão vegetal provenientes das carvoarias que estão sendo subutilizados nas áreas rurais na Amazônia pode contribuir consideravelmente para a recuperação de áreas de terra firme que foram desmatadas e abandonadas, grande parte dessas áreas já estão degradadas ou encontram-se em processo de degradação. O biocarvão quando aplicado no solo combinado com outras fontes orgânicas e minerais pode contribuir para a melhoria da fertilidade desses solos, aumentar a eficiência agrônômica de alguns fertilizantes solúveis e estocar carbono aumentando a produtividade e evitando o abandono e a abertura de novas áreas de florestas, diminuindo o desmatamento.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Avaliar o potencial do efeito residual do biocarvão e pó de serra como condicionador químico, fonte de nutrientes e corretivo de acidez na cultura do feijão-caupi em Latossolo Amarelo distrófico típico da Amazônia Central.

2.2. Objetivos específicos

- I) Avaliar o efeito residual de doses crescentes de biocarvão e pó de serra na redução do alumínio trocável do solo e na disponibilidade de nutrientes;
- II) Avaliar o poder residual do biocarvão e pó de serra na disponibilidade dos nutrientes no solo;
- III) Determinar a melhor combinação de biocarvão e pó de serra que proporcione o maior crescimento e produção de grãos de feijão-caupi.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos gerais sobre a cultura do feijão-caupi

O feijão-caupi, (*Vigna unguiculata* L., Walp), também denominado feijão macaçar, feijão-de-corda ou feijão-fradinho é uma cultura de importante destaque na economia nordestina e de amplo significado social, constituindo o principal alimento protéico e energético do homem rural. Pelo seu valor nutritivo, o feijão-caupi é cultivado principalmente para a produção de grãos secos ou verdes ("feijão-verde" com teor de umidade entre 60 e 70%) visando o consumo humano in natura, na forma de conserva ou desidratado. Além disso, também é utilizado como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e proteção do solo, (ANDRADE JÚNIOR, 2000).

O feijão-caupi, possui uma grande variabilidade genética que o torna versátil, sendo usado por várias finalidades e diversos sistemas de produção. É possuidor também de uma grande plasticidade, adaptando-se bem a diferentes condições ambientais, e tem uma grande capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. Além disso, contém os dez aminoácidos essenciais ao ser humano e tem um excelente valor calórico. Em virtude dessas características, é uma espécie de grande valor atual e estratégico (FREIRE FILHO *et al.*, 2005).

Originário da África credita-se que o feijão-caupi foi introduzido na América Latina no século XVI, pelos colonizadores espanhóis e portugueses. Foi introduzido no Brasil, provavelmente pelo Estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988), sendo levado pelos colonizadores para outras áreas da região Nordeste, e para as demais regiões do País. O uso do feijão-caupi é muito semelhante ao feijoeiro comum, porém se adapta melhor às condições climáticas dos trópicos semi-árido, úmido e sub-úmido, portanto, deve ser considerada uma cultura complementar e não uma competidora do feijão-comum (SMARTT, 1990).

Em 1568, já havia indicação da presença de muitos tipos de feijão no Brasil fato que se confirmou em 1578, quando foi relatado que uma grande variedade de feijões e favas era cultivada no Estado da Bahia, sendo os grãos e as vagens usados na alimentação humana do mesmo modo como o era em Portugal e na

Espanha. Embora nenhuma citação indicasse as cultivares de feijão utilizado, é bastante provável que o feijão-caupi estivesse entre elas. Nessa época, o comércio entre o Brasil e o Oeste da África, de Guiné e Angola, era intenso, tornando-se ainda mais importante a partir de 1549, com a fundação da Bahia como capital administrativa (GANDAVO, 2001).

3.2. Importância socioeconômica do feijão-caupi

O feijão-caupi é uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média) e apresenta todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixas quantidades de gordura (teor de óleo de 2%, em média) e não contem colesterol. Representa alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro. Apresenta ciclo curto, baixa exigência hídrica e rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade (ANDRADE JÚNIOR, 2000).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, como também o maior consumidor, consumindo toda a sua produção, e ainda importa quantidades complementares a sua demanda, fato que o torna um importador líquido desse produto. Dentre as espécies de feijão produzido, o feijão-caupi é a cultura que produz mais na região Nordeste, com área corresponde a aproximadamente 60% da área total de feijão. A área colhida, a produção e a produtividade oscilam muito de ano para ano, em virtude, principalmente, das variações climáticas. Entre 1993 e 2001, a média anual da área colhida foi de 1355.184 ha, a produção 429.375 t, e a produtividade, relativamente baixa, na faixa de 300 a 400 kg.ha⁻¹ (FREIRE FILHO *et al.*, 2005).

Considerando que seu consumo médio é de 20 Kg/ano por pessoa, ele abastece a mesa de 27,5 milhões de nordestinos e gera 2,4 milhões de empregos. Esses dados são extremamente importantes, porque refletem a participação da cultura no contexto de geração de emprego, de renda e da produção de alimentos no país e a credencia para receber maior atenção por parte das políticas de abastecimento e por parte dos órgãos de apoio à pesquisa. (FREIRE FILHO *et al.*, 2005).

Até há pouco tempo, o feijão-caupi era uma cultura explorada em padrões tradicionais e com mercado restrito. Nos últimos anos, felizmente, vem adquirindo maior expressão econômica. Seu cultivo é feito tanto por pequenos como médios e grandes produtores, que utilizam alta tecnologia, e seu mercado vem expandindo além das fronteiras das regiões Norte e Nordeste. Vale mencionar que algumas classes de grãos já estão sendo comercializadas em bolsas de mercadorias da região Sudeste, como é o caso do feijão-fradinho (FREIRE FILHO *et al.*, 2005).

3.3. Nutrição mineral do feijão-caupi

Os macronutrientes atuam em vários processos metabólicos dos vegetais. O nitrogênio é um elemento importante e limitante na produção das culturas, principalmente nas que fornecem massa verde; o fósforo por fazer parte na divisão celular, reprodução sexuada, fotossíntese, respiração e síntese de substâncias orgânicas, torna-se indispensável à vida vegetal e o potássio por atuar no mecanismo de proteção e no controle estomático (OLIVEIRA *et al.*, 1996).

O nitrogênio é um dos nutrientes que proporciona maior resposta ao feijão comum (VIEIRA, 1983). Porém essa resposta só ocorre em doses acima de 100 kg ha⁻¹. No feijão-caupi alguns autores verificaram efeitos positivos do emprego do nitrogênio. Na micro-região de Areia-PB, Oliveira *et al.* (2001), obtiveram rendimentos máximos estimados de vagens (9,64 t ha⁻¹), de grãos verdes (6,8 t ha⁻¹) e de grãos secos (3,03 t ha⁻¹) utilizando esterco e NPK, evidenciando uma boa produtividade do feijão-caupi, cultivar IPA 206. Oliveira *et al.* (2003), na mesma região encontraram rendimentos máximos estimados de vagens (11 e 10 t ha⁻¹), de grãos verdes (9,3 e 8,4 t ha⁻¹) e de grãos secos (3,55 e 3,44 t ha⁻¹) obtidos pelo uso do nitrogênio, aplicado no solo e via foliar, respectivamente. O autor relata ainda que o nitrogênio fornecido ao solo foi mais eficiente para o feijão-caupi expressar sua capacidade máxima de rendimento. Os rendimentos máximos de vagens, grãos verdes e grãos secos obtidos em função do nitrogênio aplicado no solo, devem-se não somente ao suprimento de nutrientes, mas também à redução na sua perda.

O potássio é exigido pelas plantas em enormes quantidades e sua função está relacionada especialmente com as enzimas que operam em quase todas as reações da planta. No período da frutificação sua presença em abundância é

importante, pois ele auxilia o enchimento e o crescimento de grãos e frutos. Por outro lado, a sua deficiência é caracterizada pelo crescimento lento, plantas com raízes pouco desenvolvidas, caules fracos e muito flexíveis, plantas mais suscetíveis a ataques de doenças e ainda a formação de sementes e frutos pouco desenvolvidos (PITTELLA, 2003).

O feijão-comum, em condições favoráveis de nutrientes, absorve quantidades significativas de potássio (ROSOLEM, 1996). No entanto, quando cultivado em condições desfavoráveis desse nutriente, apresenta maturação lenta, perda de vigor e redução na produção de grãos (OLIVEIRA *et al.*, 1996). No feijão-vagem, Silva (2005) obteve resposta à aplicação de potássio, alcançando produção de 171 g planta⁻¹ com 173 kg ha⁻¹ de K₂O, e produtividade máxima de vagens de 25 t ha⁻¹ com 168 kg ha⁻¹ de K₂O e receita líquida de 11,27 t ha⁻¹ proporcionada pela dose de máxima eficiência econômica (163 kg ha⁻¹ de K₂O).

No feijão-caupi, o valor considerado crítico de K₂O para seu bom desenvolvimento está abaixo de 50 mg dm³ K₂O. Embora apresente altas concentrações no tecido das plantas, a adubação potássica em feijão-caupi, não tem refletido no aumento da produção de grãos. Considerando as condições do solo, normalmente são recomendadas, no balanceamento de fórmulas de adubação, quantidades que variam na faixa de 20 a 40 kg de K₂O ha⁻¹ (JUNIOR, *et al.*, 2003).

Já o fósforo é o elemento que limita mais frequentemente a produção das culturas por apresentar-se em formas pouco disponíveis aos vegetais e pelas características de elevada adsorção dos solos. Apesar de ser exigido em pequenas quantidades pela maioria das culturas, têm se aplicado quantidades elevadas de fósforo para suprir as necessidades dos cultivos (CARVALHO *et al.*, 1995).

Apesar das plantas consumirem menor quantidade de fósforo do que potássio e nitrogênio, as recomendações, em geral, são de que as quantidades de fósforo, para qualquer cultura na época do plantio, sejam superiores às daqueles nutrientes, devido ao baixo aproveitamento do fósforo (5 a 20%), em decorrência das perdas relacionadas com a adsorção de P pelas partículas do solo (VALE *et al.*, 1993). A quantidade de fósforo exigida pelas hortaliças geralmente é baixa, mas, o rápido crescimento e conseqüentemente a pronta exigência por fósforo (FILGUEIRA, 2000), resultam, em geral, que os teores dess

e nutriente na solução do solo, bem como a velocidade do seu restabelecimento na mesma, não sejam suficientes para atender às necessidades das culturas. Como consequência é o fósforo que entra em maior proporção nas adubações (COUTINHO *et al.*, 1993; FILGUEIRA, 2000). Seu fornecimento em doses adequadas estimula o desenvolvimento do sistema radicular, logo na fase inicial, proporcionando condições às plantas de obterem os demais nutrientes (RAIJ, 1991).

Para o feijoeiro comum, do qual o feijão-caupi é uma forma diferenciada, o fósforo é o nutriente que tem proporcionado as maiores e mais frequentes respostas, sendo que sua baixa disponibilidade no solo afeta negativamente o crescimento das plantas e sua produção (PASTORINI *et al.*, 2000). No feijão-vagem em estudo no Vale do Ribeira (SP) sobre o efeito da adubação NPK na produção, Ishimura *et al.* (1983) verificaram que a influência da adubação deu-se somente para número total de vagens e não para peso médio de vagens, e que a maior produção (23 t ha^{-1}), em valores absolutos, foi maior na combinação de 354; 576 e 558 kg ha^{-1} de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$, respectivamente. Em ambiente modificado por sete doses da formulação 4-30-16 no plantio (0; 200; 400; 600; 800; 1000 e 1200 kg ha^{-1}), em Anápolis (GO), Peixoto *et al.* (2002) concluíram que as melhores respostas foram apresentadas por solos com nível médio de fertilidade, tanto do ponto de vista econômico como da melhoria das características de vagens (comprimento, diâmetro e teor de fibra), consideradas num conjunto de sete linhagens e três cultivares.

Para o feijão-caupi, o fósforo tem proporcionado frequentes respostas e sua baixa disponibilidade no solo afeta negativamente o crescimento das plantas e sua produção (PASTORINI *et al.*, 2000). Contudo, embora seja o nutriente que as culturas mais respondem pouco se conhece, ainda, a respeito das quantidades a utilizar, que permitam a obtenção de rendimentos satisfatórios no feijão-caupi. As poucas informações a respeito do emprego do fósforo nessa espécie, relatam que em solos com baixa fertilidade, o mesmo deve ser aplicado no plantio, juntamente com matéria orgânica (FILGUEIRA, 2000).

3.4. Pó de serra

A qualidade da serragem varia de acordo com a espécie de origem, podendo em alguns casos, conter tanino, resina, fenóis ou teberentina, componentes estes que podem ser tóxico às plantas, tornando a serragem inadequada para uso agrícola. A utilização do pó de serra como substrato deve inicialmente sofrer um processo de decomposição, devido à alta relação do C/N (Wendling; Gatto, 2002).

Para Castro et al. (1992), o uso da serragem está atrelado mais a sua disponibilidade regional do que às suas características químico-físicas.

3.5. A proposta do biocarvão

Na Amazônia brasileira, cerca de 75% dos solos de terra firme pertencem as classes dos Latossolos e Argissolos, ambos caracterizados por apresentar baixa concentração de bases trocáveis, minerais de argila de atividade baixa, como a caulinita e óxidos de ferro e alumínio, baixa disponibilidade de fósforo, elevada acidez e, conseqüentemente, maior concentração de alumínio trocável e em certos casos manganês, ambos tóxicos para a maioria das plantas. Uma alternativa para a reposição e manutenção de níveis altos de nutrientes em curto, médio e longo prazo é a adição de resíduos da produção de carvão vegetal (carvão moído e cinzas), sozinhos ou combinados com fertilizantes orgânicos e minerais (Glaser, 2002; Lehmann *et al.*, 2003; Steiner *et al.*, 2004).

3.6. Carvão pirogênico

O carvão pirogênico, é formado por compostos orgânicos de alta resistência à decomposição, além de apresentarem grupos funcionais capazes de reter água e adsorverem substâncias orgânicas, reduzindo perdas de nutrientes por lixiviação, contribuindo para o aumento da CTC e para a estruturação do solo por meio da interação com a matriz mineral (Zech *et al.*, 1990; Piccolo *et al.*, 1997; Glasser *et al.*, 2001).

O carvão pirogênico apresenta uma maior superfície trocável que o material vegetal não pirogênico decomposto devido à oxidação de C aromático e à formação de grupos carboxílicos (Glaser *et al.*, 1998).

Devido as características físico-químicas, a adição de carvão no solo proporciona uma menor perda de nutrientes por lixiviação, uma vez que os nutrientes na solução do solo são retidos fisicamente nos micro e mesóporos da superfície do carvão. Adicionalmente pode ocorrer também uma lenta oxidação biológica nas bordas dos esqueletos aromáticos do carvão, produzindo grupos carboxílicos consequentemente aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) (Glaser *et al.*, 1998).

A persistência do carvão pirogênico por um longo período sob condições tropicais de alta umidade e alta taxa de mineralização se deve à estabilidade química causada por sua estrutura aromática aliada a uma grande quantidade de microporos, o que o torna inacessível para os microorganismos do solo, sendo por isso degradado mais lentamente que outros materiais orgânicos (Glaser, *et al.*, 1998; Lehmann *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2003) A composição química do carvão vegetal varia de acordo com o material de origem. Na Amazônia, Lehmann *et al.* (2003) determinaram teores de 708,00 g de C dm³; 10,90 g de N dm³; 6,80 g de P dm³; 0,32 g de Mg dm³; 1,3 g de Ca dm³ e 0,89 g de K dm³. Dada sua característica de alta estabilidade e reatividade, o carvão vegetal apresenta um grande potencial de uso como condicionador de solos tropicais fortemente intemperizados, onde a fração argila apresenta baixa CTC (Steiner *et al.*, 2004)

Experimentos realizados mostram aumento de até 324% (Oguntude *et al.*, 2004) do potássio disponível ao adicionar resíduo de carvão, devido as cinzas que fazem mesmo e que inevitavelmente são adicionados ao solo, ao realizar esta prática. (Glaser *et al.*, 2002; Steiner *et al.*, 2004)

O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, com um sistema de produção bastante rudimentar, com baixo rendimento e taxa de conversão madeira/carvão em torno de 35% (Coelho *et al.*, 2003).

Durante o processo de produção de carvão, é perdida uma grande quantidade de carbono à atmosfera na forma de CO₂ via fumaça (Coelho *et al.*, 2003), mas, atualmente, já existe tecnologia que reduz tais perdas (Syred *et al.*, 2006).

Em geral, do total de carvão vegetal produzido, apenas 85% é utilizado, pois o restante se quebra em pequenas partes ou se transforma em pó, ou fino de carvão, não servindo para a geração de calor. Este resíduo poderia ser mais bem utilizado como fertilizante orgânico (Steiner *et al.*, 2004), o que seria altamente desejável e estratégico para a promoção da sustentabilidade em agrossistemas tropicais (Steiner *et al.*, 2004).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Características da área de estudo

A área onde foi instalado o experimento faz parte de um projeto de longa duração visando avaliar o efeito da combinação de resíduo de carvão vegetal e pó de serragem na rotação milho e feijão.

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Fruticultura Tropical do INPA, km 45, da BR 174, o solo da área é um Latossolo Amarelo distrófico típico. A cobertura vegetal era uma mata do tipo capoeira com aproximadamente 30 anos de idade, a qual foi retirada em 2003. No início de 2006 foi realizada uma nova limpeza manual de toda área sem queima dos resíduos.

No início de 2006 foi realizada a demarcação do terreno, definição dos tratamentos, dos blocos e aplicação do resíduo de carvão vegetal e da serragem foi realizada no período de fevereiro a março de 2006.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados (4 blocos), em parcela subdividida, na parcela principal (0, 40, 80 e 120 t ha⁻¹ de carvão vegetal moído) e nas sub-parcelas foram aplicadas as doses de 0, 40, 80 e 120 t ha⁻¹ de pó de serragem, totalizando 16 tratamentos e 4 repetições com 64 unidades experimentais.

Logo após aplicação do resíduo de carvão e serragem foi adicionado o equivalente a 10 t ha⁻¹ de um composto orgânico em toda a área.

Três meses após a aplicação dos tratamentos, foi efetuado o 1º plantio de milho, realizado em julho de 2006.

Entre março e junho de 2007 foi realizada uma rotação de cultura de milho e feijão-caupi, onde foi adicionada uma adubação química complementar em toda a área equivalente a 66,00 kg ha⁻¹ de Uréia, 177,00 kg ha⁻¹ de Superfosfato triplo e 100,00 kg ha⁻¹ de Cloreto de potássio a lanço. Um mês depois se aplicou o equivalente a 133,00 kg ha⁻¹ de Uréia na superfície.

Antes do terceiro plantio de milho seguido de feijão-caupi entre os meses de janeiro a agosto de 2008, aplicou-se mais uma formulação NPK, equivalente a 133,00 kg ha⁻¹ de Uréia; 350,00 kg ha⁻¹ de Superfosfato triplo e 200,00 kg ha⁻¹ de Cloreto de potássio.

4.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi baseado no efeito residual da aplicação de carvão vegetal e pó de serra realizados em 2006, mantendo o mesmo desenho experimental de blocos casualizados (4 blocos), em parcela subdividida, na parcela principal (0, 40, 80 e 120 t ha⁻¹ de carvão vegetal moído) e nas sub-parcelas foram aplicadas as doses de 0, 40, 80 e 120 t ha⁻¹ de pó de serra, totalizando 16 tratamentos e 4 repetições com 64 unidades experimentais como pode ser observado no croqui do experimento apresentado na Figura 1.

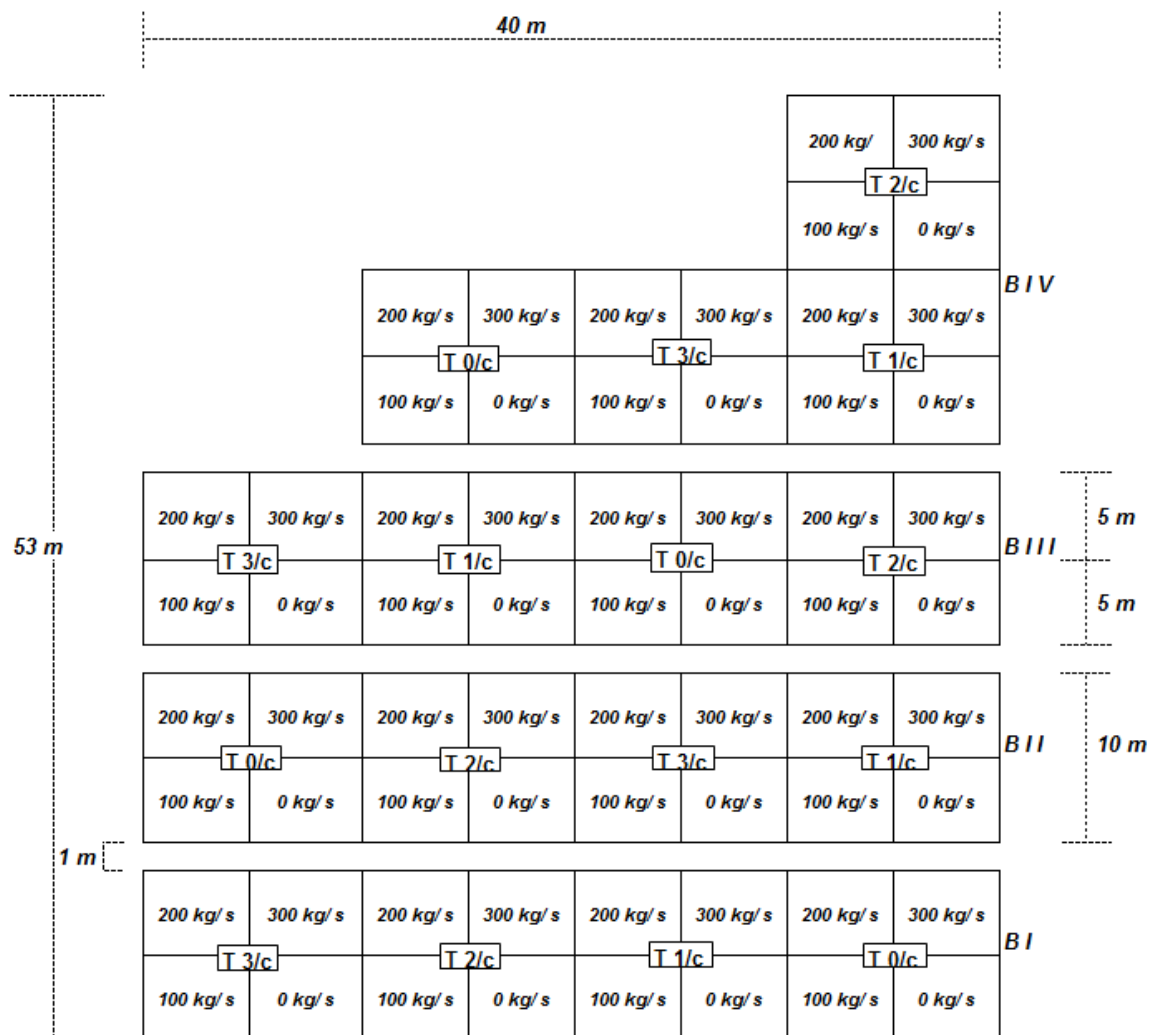


Figura 1. Croqui do experimento referente aos quatro blocos que receberam os tratamentos de doses crescentes de carvão vegetal e pó de serra, sendo as doses de carvão aplicadas nas parcelas e as doses de pó de serra aplicadas nas subparcelas.

Portanto não foram realizadas novas aplicações de carvão, pó de serra e adubos químicos ou orgânicos, podendo avaliar desta forma o efeito residual no solo referente às aplicações anteriores.

Os Tratamentos são:

T1. 0 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 0 t ha⁻¹ de pó de serra (Testemunha)

T2. 0 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 40 t ha⁻¹ de pó de serra

T3. 0 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 80 t ha⁻¹ de pó de serra

T4. 0 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 120 t ha⁻¹ de pó de serra

T5. 40 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 0 t ha⁻¹ de pó de serra

T6. 40 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 40 t ha⁻¹ de pó de serra

T7. 40 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 80 t ha⁻¹ de pó de serra

T8. 40 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 120 t ha⁻¹ de pó de serra

T9. 80 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 0 t ha⁻¹ de pó de serra

T10. 80 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 40 t ha⁻¹ de pó de serra

T11. 80 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 80 t ha⁻¹ de pó de serra

T12. 80 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 120 t ha⁻¹ de pó de serra

T13. 120 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 0 t ha⁻¹ de pó de serra

T14. 120 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 40 t ha⁻¹ de pó de serra

T15. 120 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 80 t ha⁻¹ de pó de serra

T16. 120 t ha⁻¹ de carvão vegetal + 120 t ha⁻¹ de pó de serra

4.3. Instalação do experimento

A área ficou em pousio nos últimos 12 meses e em março de 2012 foi realizada uma roçagem mecanizada e duas semanas depois foi aplicado herbicida. O terreno foi demarcado, uma nova limpeza da área para a retirada de plantas daninhas foi realizada em setembro e o plantio do cultivo de feijão-caupi cultivar BR8 Caldeirão foi realizado em dezembro de 2012, coincidindo com o início das chuvas.

Desta forma foi instalado o quarto plantio de cultivo de feijão-caupi. O espaçamento adotado para o feijão-caupi foi de 1,00 m entre linhas e 0,50 m entre plantas. No momento do plantio foram semeados 10 sementes por cova, realizando posteriormente um desbaste, deixando 3 plantas por cova. O experimento foi composto de quatro blocos com quatro parcelas compostas de quatro subparcelas

cada, conforme está demonstrado na Figura 1. O tamanho de cada parcela foi de 10 x 10 m, totalizando 100 m² e as subparcelas foram de 5,0 m x 5,0 m, totalizando 25,00 m², com área útil de 4,0 m x 3,0 m, totalizando 12 m². Em cada subparcela foram plantadas 5 linhas de feijão-caupi, sendo que cada linha foi composta de 10 covas, totalizando 50 plantas por subparcela, sendo que foram avaliadas somente as plantas que se encontraram na área útil que foram um total de 24 plantas das quais foram selecionadas aleatoriamente 20 plantas, 5 para determinações de biomassa e 15 para produção de grãos (Figura 2).

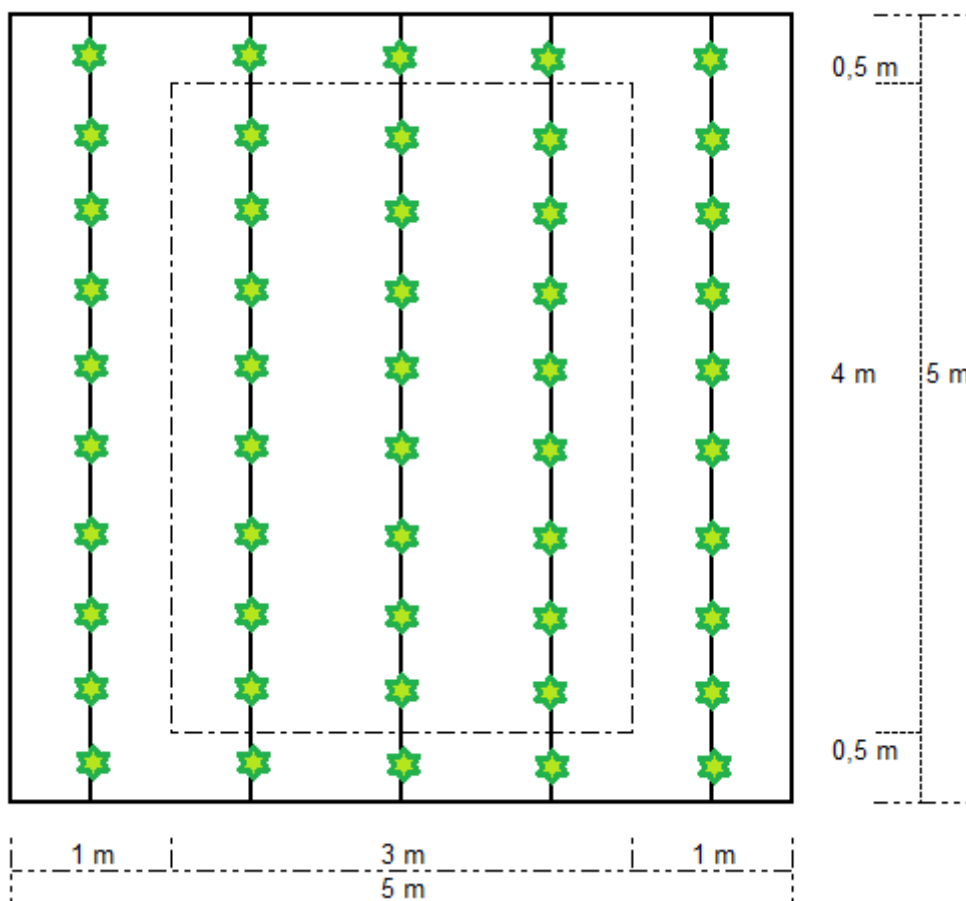


Figura 2. Croqui da subparcela 5 x 5 m representando o espaçamento de 1,00 x 0,50 m entre plantas de feijão-caupi.

4.4. Amostragem de solo para determinações analíticas

As amostras de solos foram coletadas após a limpeza da área do experimento, e após a colheita de feijão-caupi. Foram coletadas 3 amostras simples em cada subparcela, perfazendo uma amostra composta nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 cm podendo desta forma avaliar a disponibilidade dos nutrientes na camada de solo testada. As amostras foram acomodadas em sacos plásticos e encaminhadas para análise química no Laboratório Temático de Solos e Planta do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus-AM.

Em laboratório, as amostras de solo foram secas ao ar e tamisadas em malha de 2 mm, pesadas e misturada a uma solução Mehlich I (HCl 0.05 M + H₂SO₄ 0.0125 M) para obtenção de um extrato para a determinação dos teores de P no espectrofotômetro por colorimetria, K⁺, Ca²⁺, Zn²⁺, Mn²⁺ e Fe³⁺ foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica seguindo a metodologia da EMBRAPA, 1999.

4.5. Amostragem de plantas para determinações de biomassa e produção.

Para avaliar a biomassa e produção das plantas de feijão-caupi, foram colhidas amostras antes da floração dentro da área útil aos 59 dias após a semeadura. Para determinar biomassa foram coletadas três plantas e para a produção de grãos 15 plantas por subparcela. A matéria fresca da parte aérea, raízes e vagens foram desidratadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 h, até atingir peso constante, posteriormente o material foi pesado, para obtenção de dados.

4.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio de comparação das médias (Tukey a 5% de probabilidade), utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT, versão 7.5 e análise de regressão visando assim, comparar o efeito dos tratamentos nas mudanças da fertilidade do solo e conseqüentemente no estado nutricional das plantas de feijão-caupi em alguns parâmetros biométricos e de produção de grãos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Variação da fertilidade do solo em função dos tratamentos testados

5.1.1. Cálcio

Os resultados para Cálcio apresentaram diferença significativa entre as médias em função das doses de biocarvão e pó de serra após sete anos da aplicação em todas as camadas testadas. Na camada de 0-50 cm os valores de médias para Cálcio em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, variaram de 0,40 a 0,06, sendo que o melhor resultado foi detectado com a combinação de 120 t ha^{-1} de biocarvão e 120 t ha^{-1} de pó de serra, segundo a classificação da CFSEMG nível muito baixo, menor que $40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A influência da dose máxima de biocarvão juntamente com o pó de serra testados no experimento elevaram os teores de cálcio no solo em até 5 vezes em comparação ao que foi observado na ausência da aplicação dos tratamentos, pode-se observar que o teor de cálcio aumenta em resposta ao aumento da dosagem dos tratamentos testados.

Na Figura 3 é possível observar que há um incremento linear do teor de cálcio em relação ao aumento do fator biocarvão ($p < 0.01$) assim como do fator pó de serra ($p < 0.05$), onde o melhor tratamento para elevar o cálcio nessa profundidade foi a dosagem de 120 t ha^{-1} de biocarvão e 120 t ha^{-1} de pó de serra, seguido da dosagem 120 t ha^{-1} de biocarvão e 80 t ha^{-1} de pó de serra e demais combinações, dessa forma fica evidente que o aumento das doses de biocarvão em combinação com o pó de serra foram responsáveis pelo incremento do cálcio na camada de 0-10 cm.

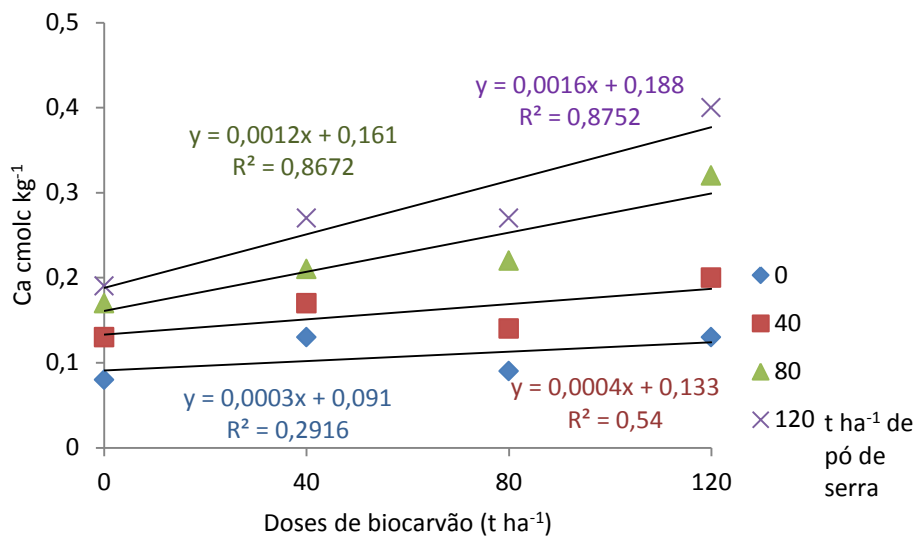


Figura 3. Disponibilidade de cálcio no solo em resposta aos tratamentos na camada de 0-10 cm

Na figura 4 é apresentado o desempenho dos tratamentos ($p < 0.01$ para biocarvão e pó de serra) na camada de 10-20 cm, nesta camada os melhores resultados foram obtidos com a aplicação de 80 t ha⁻¹ de biocarvão e 120 t ha⁻¹ de pó de serra, seguido da dosagem 120 t ha⁻¹ de biocarvão e 120 t ha⁻¹ de pó de serra e as demais combinações foram todas superiores à testemunha.

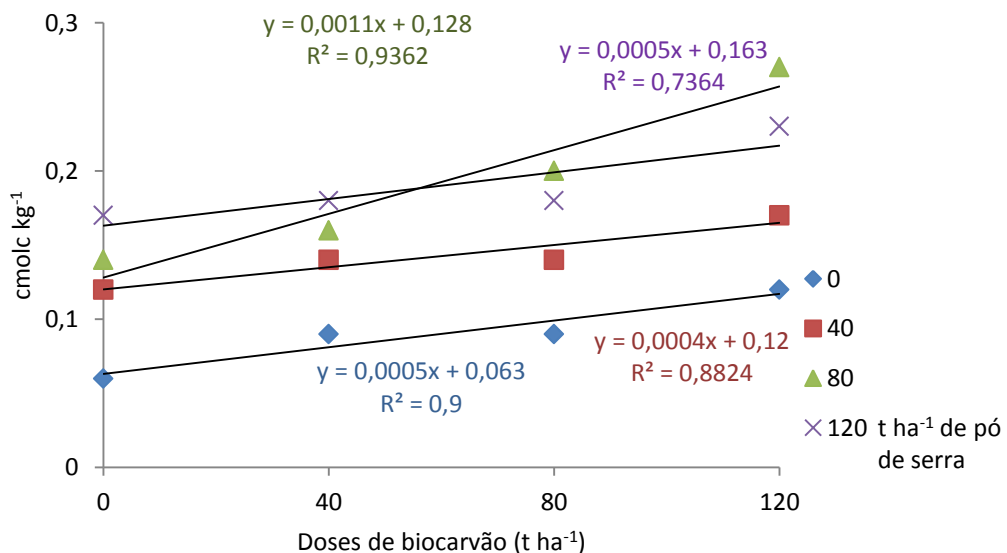


Figura 4. Disponibilidade de cálcio no solo em resposta aos tratamentos na camada de 10-20 cm.

A figura 5 apresenta a disponibilidade de cálcio em profundidade em função da dose de 120 t ha⁻¹ de biocarvão com as diferentes doses de pó de serra, a variação mais evidente foi observada nas camadas de 0-10 e 10-20 cm onde o cálcio variou de 0,19 a 0,40 cmol_c dm³ na camada de 0-10 cm e 0,18 a 0,23 cmol_c dm³ na camada de 10-20 cm, porém todos superiores ao que foi observado na testemunha onde o cálcio variou de 0,08 a 0,06 cmol_c dm³, sendo assim um aumento expressivo, resultado da aplicação dos tratamentos.

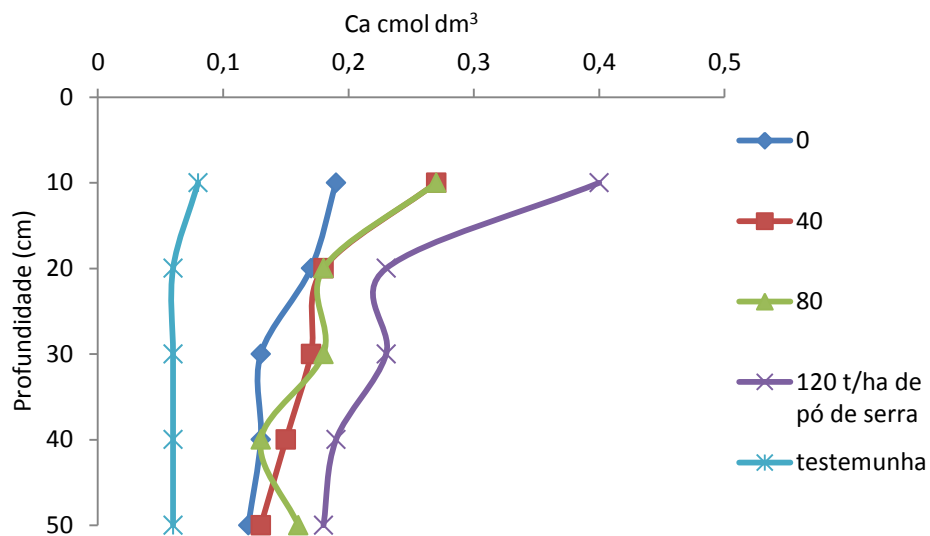


Figura 5. Efeito da dose de 120 t/ha de biocarvão sobre o Cálcio em profundidade, variando as doses de pó de serra.

Na figura 6 há a comparação em profundidade dos tratamentos 1 (testemunha) e 16, respectivamente as dosagens de 0 t/ha de biocarvão e 0 t/ha de pó de serra e 120 t ha⁻¹ de biocarvão e 120 t ha⁻¹ de pó de serra. Os valores encontrados no tratamento 1 muito baixos em relação ao tratamento 16 e apresentaram pouca oscilação quando aumentada a profundidade, para o tratamento 16 os valores de cálcio foram reduzidos proporcionalmente ao aumento da profundidade, porém mesmo na camada mais profunda (40-50 cm) seus teores de cálcio apresentaram média superior ao encontrado no tratamento 1, estudo realizado por Lehmann e colaboradores (2003) encontrou resultado similar ao verificar o incremento de cálcio em função da adição de doses de biocarvão, indicando alta eficiência dos nutrientes no solo com a aplicação de biocarvão.

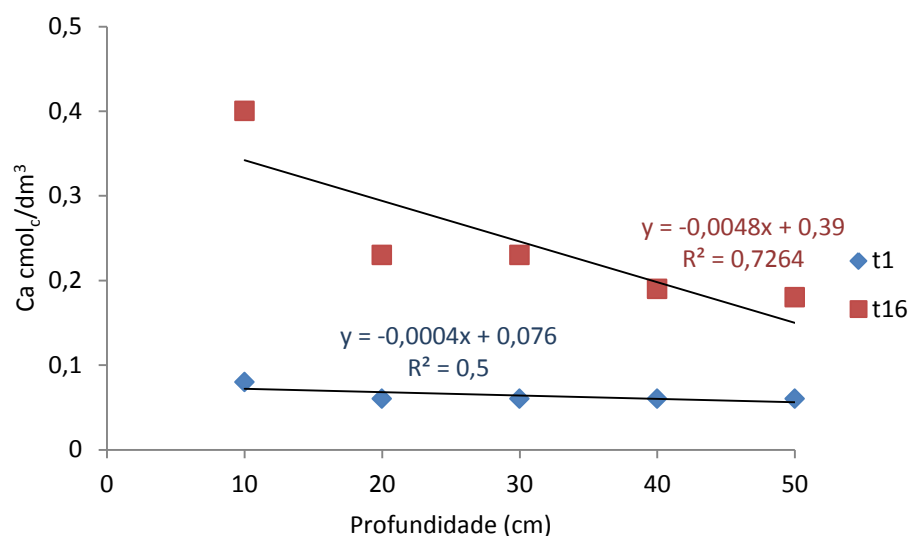


Figura 6. Teor de Cálcio no solo em profundidade, nos tratamentos testemunha e 120 t/ha de biocarvão + 120 t/ha de pó de serra.

5.1.2. Magnésio

Para o nutriente Magnésio os níveis de disponibilidade no solo testado apresentaram variação de 0,06 a 0,18 $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ na camada de 0-50 cm de solo testado, nível muito baixo ($>0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$) a baixo (0,16 a 0,45 $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$). Os melhores resultados foram obtidos com a dosagem de 120 t ha^{-1} biocarvão, seguido do tratamento com 80 t ha^{-1} de biocarvão, não importando a dosagem de pó de serra aplicado no solo.

A variação de magnésio no solo na camada de 0-10 cm representada na figura 7 apresenta um aumento linear dos teores desse nutriente em função dos tratamentos testados onde o fator biocarvão apresentou significância ($p < 0,01$) enquanto que o fator pó de serra não foi significativo, porém o aumento de pó de serra elevou as médias desse nutriente nas subparcelas que receberam a sua aplicação. No gráfico pode-se observar que o melhor tratamento foi obtido com dosagem de 120 t ha^{-1} de biocarvão e 120 t ha^{-1} de pó de serra, seguido da aplicação de 120 t ha^{-1} de biocarvão e 80 t ha^{-1} de pó de serra e 120 t ha^{-1} de biocarvão e 0 t ha^{-1} de pó de serra desta forma confirmando que para o magnésio a 10 cm de profundidade o biocarvão foi determinante para o incremento de magnésio.

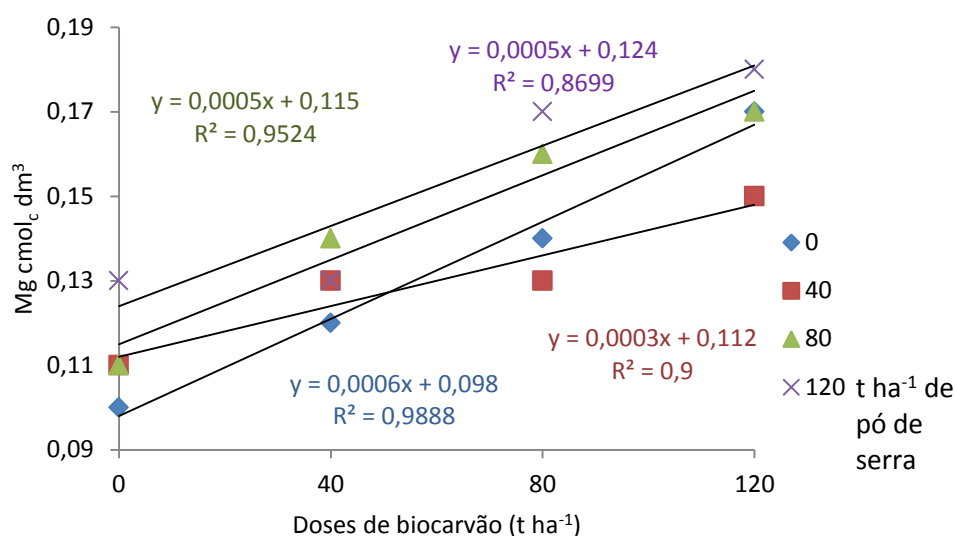


Figura 7. Disponibilidade de Magnésio no solo em resposta aos tratamentos na camada de 0-10 cm.

A figura 8 representando o incremento de magnésio em função das doses crescentes de biocarvão e pó de serra na camada de 10-20 cm assim como na camada de 0-10 cm apresentou diferença significativa ($p < 0,01$) somente para o fator biocarvão, onde os tratamentos que receberam respectivamente 120 e 80 t ha⁻¹ de biocarvão obtiveram melhores teores de cálcio, estatisticamente os tratamentos que receberam a dose de 40 t ha⁻¹ de biocarvão foram equivalentes à testemunha.

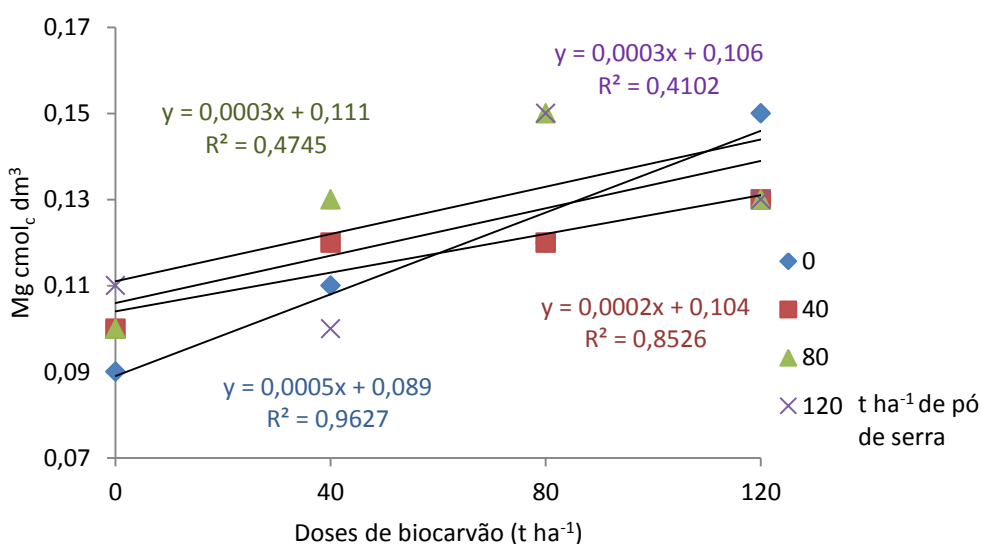


Figura 8. Disponibilidade de Magnésio no solo em resposta aos tratamentos na camada de 10-20 cm

A figura 9 representando a disponibilidade do magnésio em profundidade dos tratamentos que receberam a dose de 120 t ha⁻¹ de biocarvão demonstra que não houve grande variação em função da adição de doses de pó de serra, porém a variação desses tratamentos em relação à testemunha é muito alta visto que o resultado da testemunha na camada de 0-10 cm é o equivalente ao observado nos demais tratamentos abordados na cama de 40-50 cm.

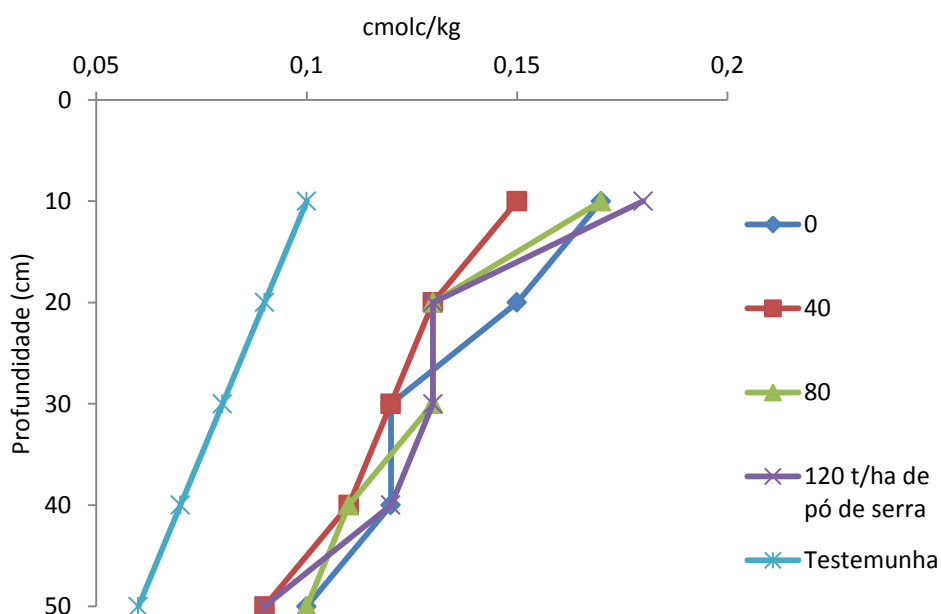


Figura 9. Efeito da dose de 120 t/ha de biocarvão sobre o Magnésio em profundidade, variando as doses de pó de serra.

A comparação entre os tratamentos testemunha e o tratamento 16 na figura 10 mostra que em profundidade o tratamento 16 foi superior, na camada de 0-10 cm os teores encontrados no tratamento 16 foi quase o dobro do observado na testemunha. A diferença entre os tratamentos observados na camada de 40-50 cm mostram que o efeito do biocarvão sobre o magnésio foi encontrado em profundidade no solo, desta forma pode-se afirmar que o biocarvão tem o poder disponibilizar magnésio em camadas mais profundas, Steiner e colaboradores (2007) em estudo realizado com aplicação de biocarvão e cultivo sucessivo de arroz e sorgo obteve grande aumento dos teores de magnésio no solo em comparação à testemunha, reduzindo também a lixiviação de nutrientes.

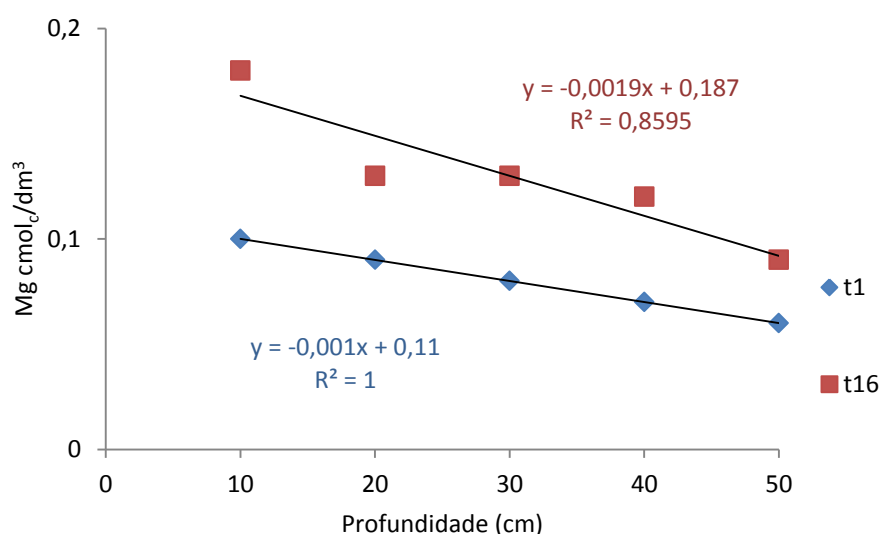


Figura 10. Teor de Magnésio no solo em profundidade, nos tratamentos testemunha e 120 t/ha de biocarvão + 120 t/ha de pó de serra.

5.1.3. Potássio

Os resultados para potássio no experimento apresentaram diferença entre as médias apenas na camada de 0-10 cm para o fator biocarvão, nas demais não houve diferença ao nível de 5% probabilidade, a presença de biocarvão reduziu as quantidades deste elemento no solo em relação à testemunha, porém ao comparar os tratamentos com as doses de biocarvão, as médias aumentaram gradativamente com o aumento da dosagem, as médias não foram afetadas pela aplicação de pó de serra. Apesar de não haver diferença significativa entre as médias para as demais camadas além de 0-10 cm, os valores das médias em profundidade foram maiores nos tratamentos que receberam a combinação de 120 t ha⁻¹ de biocarvão e 120 t ha⁻¹ de pó de serra.

Na camada de 0-10 cm os resultados para potássio apresentaram significância ($p < 0.05$) para os dois fatores testados. As médias dos tratamentos que não receberam adição de biocarvão foram superiores aos demais, no tratamento 2 onde foi obtida a melhor média no valor de 25,76 mg dm³ o nível de potássio é classificado como baixo (16 a 40 mg dm³). Os tratamentos que receberam doses de biocarvão tiveram suas médias incrementadas à medida que as doses de biocarvão adicionadas foram aumentadas, como pode ser observado na figura 11.

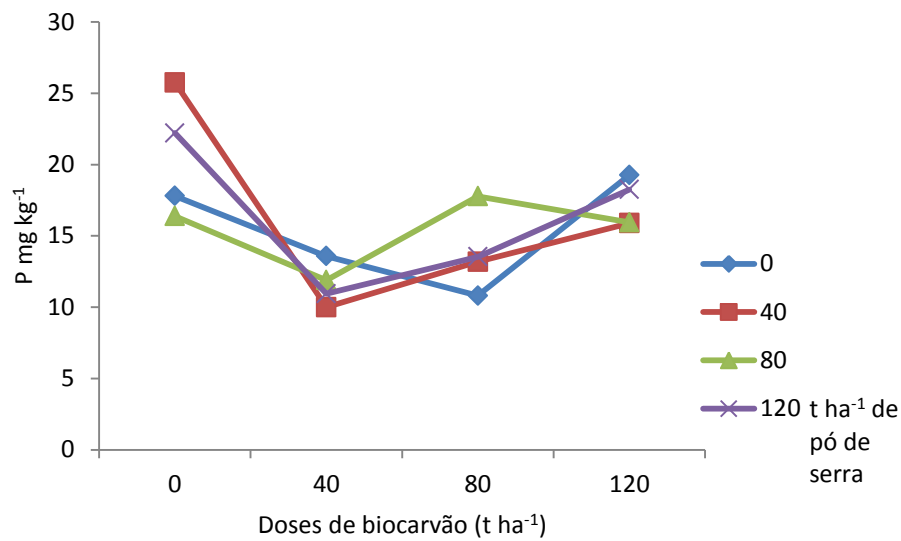


Figura 11. Disponibilidade de Potássio no solo em resposta aos tratamentos na camada de 0-10 cm

A dose de 0 t ha⁻¹ de biocarvão foi a que apresentou melhores efeitos sobre os teores de potássio no solo experimentado seguido da dose de 120 t ha⁻¹ de biocarvão, na Figura 12 pode-se observar que há grande variação nos teores de potássio nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, porém há uma redução quando observados nas demais profundidades. O tratamento com a dose de 0 t ha⁻¹ de biocarvão e 120 t ha⁻¹ de pó de serra apresentou as melhores médias, seguido do tratamento com dosagem de 120 t ha⁻¹ de biocarvão e 120 t ha⁻¹ de pó de serra, para este elemento a testemunha apresentou médias altas superando a maior parte dos tratamentos aplicados.

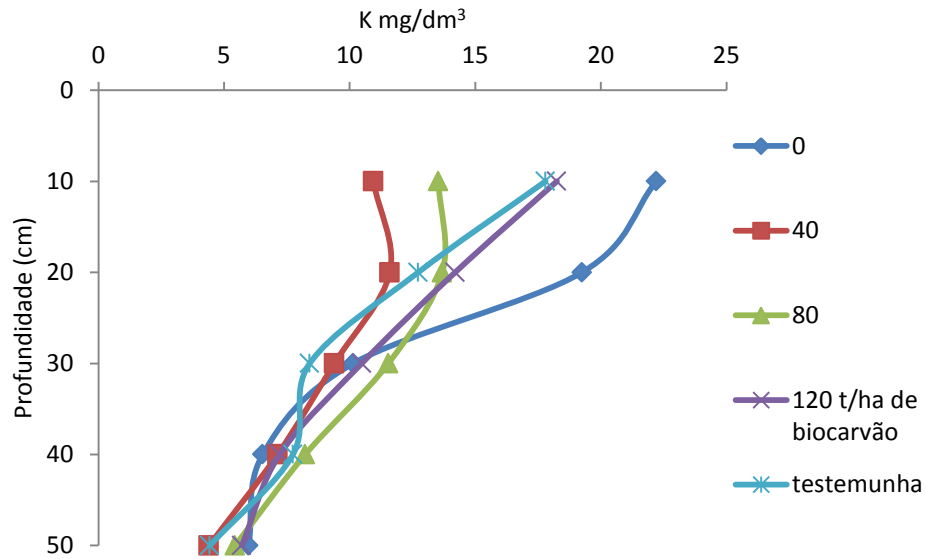


Figura 12. Efeito da dose de 120 t/ha de pó de serra sobre o Potássio em profundidade, variando as doses de biocarvão.

Na Figura 13 podemos observar que o desempenho do tratamento 16 em relação à testemunha para teores de potássio não foi muito satisfatório, pois como pode-se observar no gráfico a diferença entre os tratamentos no incremento de potássio no solo testado é mínima, Lehmann (2003) constatou em estudo em solos da Amazônia Central e adição de biocarvão que houve lixiviação do potássio, efeito que não foi encontrado em nutrientes menos móveis como o cálcio e magnésio em mesmo estudo.

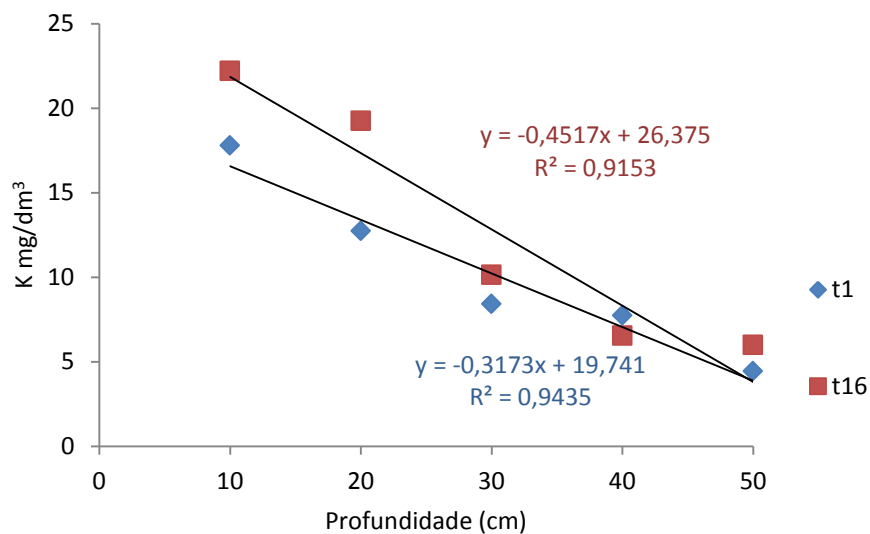


Figura 13. Teor de Potássio no solo em profundidade, nos tratamentos testemunha e 120 t/ha de biocarvão + 120 t/ha de pó de serra.

5.1.4. Fósforo

Os resultados para os teores de fósforo não apresentaram diferenças significativas para as camadas de solo testadas, porém as melhores médias foram alcançadas com a aplicação do tratamento com dosagem de 120 t ha⁻¹ de pó de serra, seguido pelo tratamento com 80 t ha⁻¹ de pó de serra, combinados com a dosagem de 80 t ha⁻¹ de biocarvão. Apesar de não apresentar diferença significativa entre as médias à 5% de probabilidade, o mesmo comportamento é observado nas demais camadas de solo, como é observado na Figura 14. Na camada 0-10 cm o tratamento com a dosagem de 120 t ha⁻¹ de biocarvão e 40 t ha⁻¹ de pó de serra em comparação à testemunha elevou os valores de fósforo, passando do nível muito baixo (<4,0 mg dm³) para baixo (4,1 a 8,0 mg dm³).

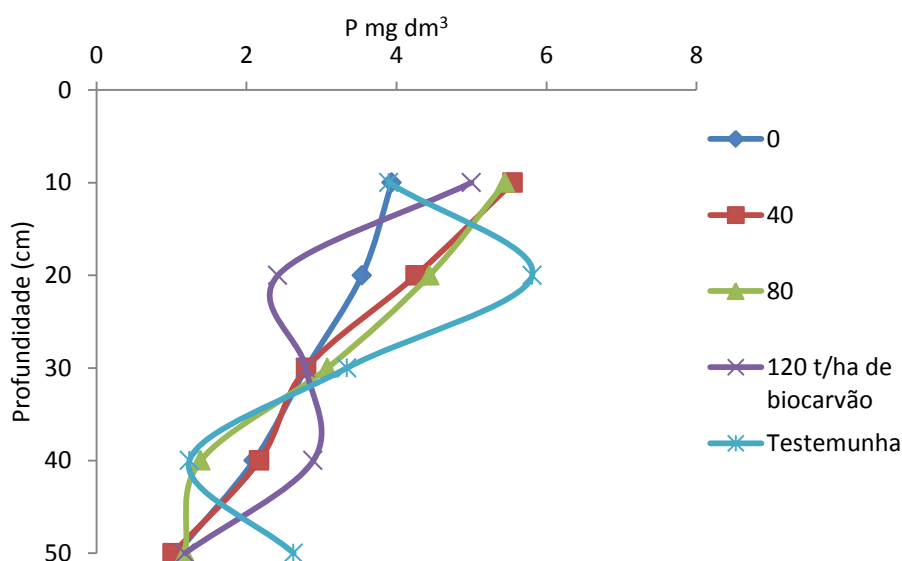


Figura 14. Efeito da dose de 120 t/ha de pó de serra sobre o Fósforo em profundidade, variando as doses de biocarvão.

5.1.5. Alumínio

Após sete anos de aplicação dos tratamentos, os resultados demonstraram que a acidez trocável não sofreu grandes alterações em função dos tratamentos testados, embora seja possível observar que no tratamento controle essa variável já apresentava valores extremamente elevados. O valor mais alto encontrado foi no tratamento 15, com alumínio trocável de 1,96 cmol_c dm³. Embora existam trabalhos

mostrando que o biocarvão diminui a acidez do solo, esses resultados não foram observados no presente estudo a longo prazo, pelo contrário, aumentou os valores de alumínio trocável no solo. Na camada de 0-10 cm o fator biocarvão apresentou significância ($p < 0.05$) porém a aplicação do teste Tukey não apresentou diferença entre as médias.

Na Figura 15 com a dosagem de 40 t ha^{-1} de biocarvão o melhor resultado foi obtido com a aplicação de 120 t ha^{-1} de pó de serra, sendo essa combinação a mais favorável para a redução da acidez na camada de solo testado.

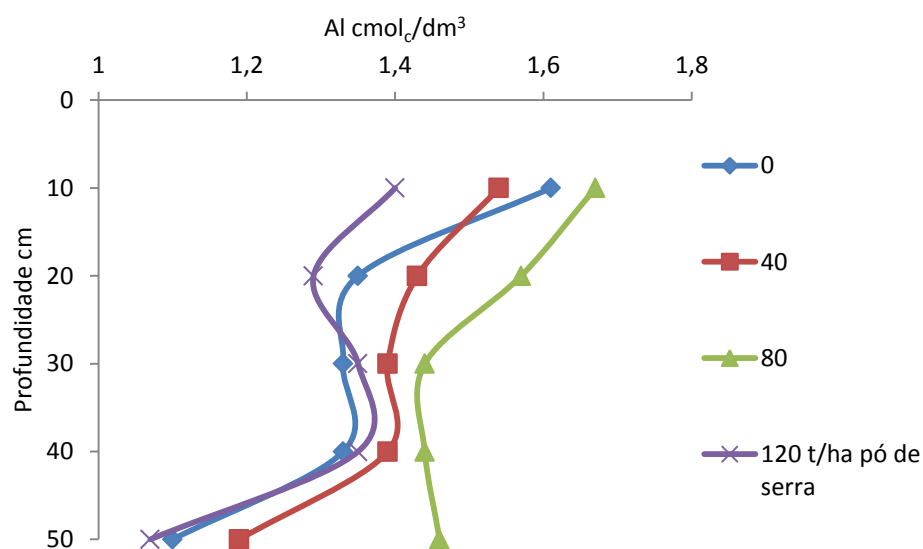


Figura 15. Efeito da dose de 40 t/ha de biocarvão sobre o Alumínio em profundidade, variando as doses de pó de serra.

Nas camadas de 30-40 cm e 40-50 cm ($p < 0.05$ para o fator biocarvão) como se pode observar nas Figuras 16 e 17 os tratamentos que receberam doses de 80 t ha^{-1} de pó de serra apresentaram menores médias dos valores de alumínio e mantiveram uma menor oscilação em relação aos demais tratamentos aplicados.

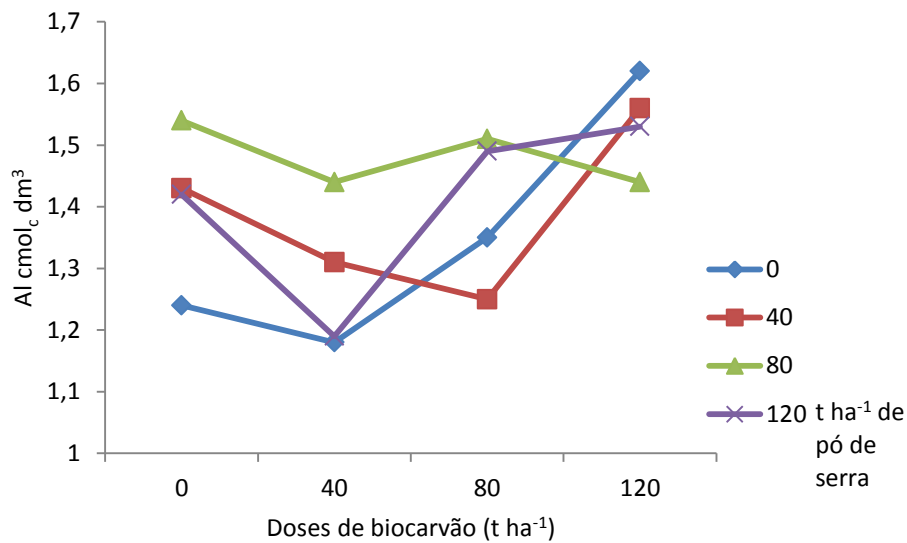


Figura 16. Teor de Alumínio no solo em resposta às aplicações de biocarvão e pó de serra na camada de 30-40 cm.

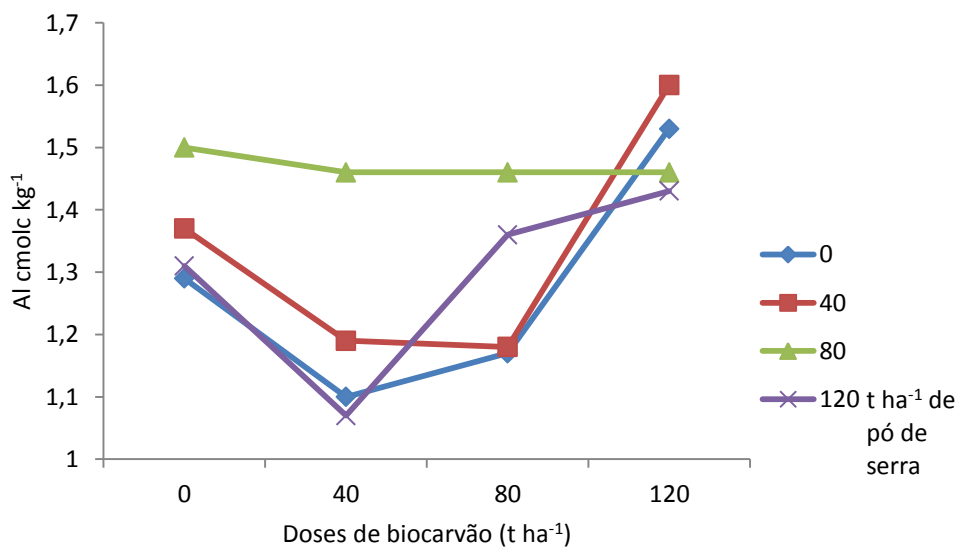


Figura 17. Teor de Alumínio no solo em resposta às aplicações de biocarvão e pó de serra na camada de 40-50 cm.

5.1.6. Ferro

O elemento ferro no solo experimentado não apresentou diferença significativa entre as médias na camada de 0-20 cm para os dois fatores estudados, porem houve diferença significativa entre as médias para as demais camadas para o

fator pó de serra ($p < 0.01$), onde foi possível observar que o tratamento com a aplicação de 80 t ha^{-1} de biocarvão e 40 t ha^{-1} de pó de serra afetou o teor de ferro de forma que este foi reduzido em relação à testemunha passando de $45,75 \text{ mg dm}^{-3}$ (alto $> 45 \text{ mg dm}^{-3}$) para $34,60 \text{ mg dm}^{-3}$ (bom $31 \text{ a } 45 \text{ mg dm}^{-3}$), os tratamentos com 80 e 120 t/ha de pó de serra em contrapartida aumentaram os teores de ferro no solo em comparação com demais tratamentos. Não houve efeito da aplicação de efeito significativo da aplicação de biocarvão sobre as médias para este elemento.

A aplicação da dose máxima de pó de serra foi favorável para a redução das concentrações de ferro no solo, quando combinado com a dose de 80 t ha^{-1} de biocarvão, essa combinação na camada de solo testado apresentou variação de médias de $34,6$ a $23,6 \text{ mg dm}^{-3}$ de ferro, valores abaixo do encontrado nos demais tratamentos como apresentado na Figura 18.

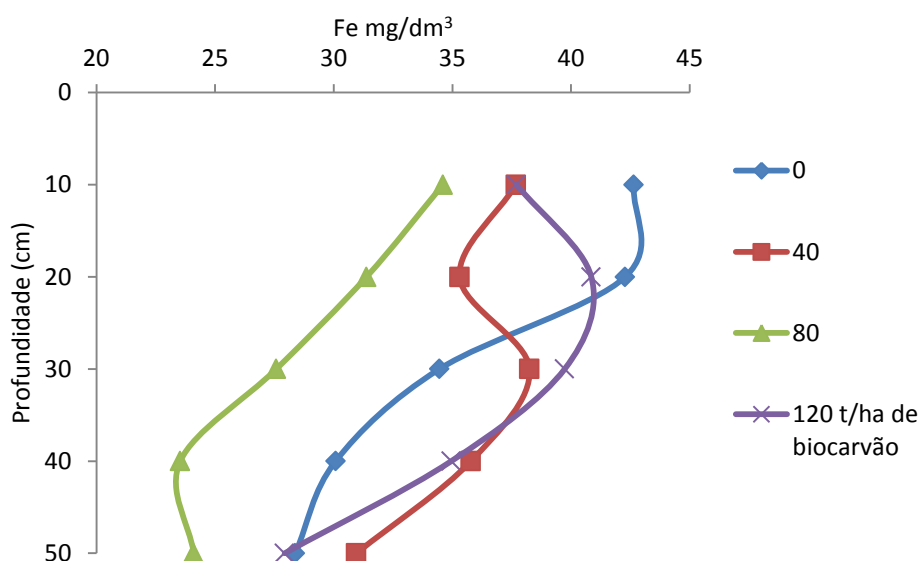


Figura 18. Efeito da dose de 120 t/ha de pó de serra sobre o Ferro em profundidade, variando as doses de biocarvão.

Ao comparar as concentrações de ferro na camada testada com a aplicação dos tratamentos 1 e 10, respectivamente testemunha e 80 t ha^{-1} de biocarvão + 40 t ha^{-1} de pó de serra, há uma clara diferença entre os tratamentos, o valor $45,7 \text{ mg dm}^{-3}$ de ferro encontrado na testemunha na camada de $0\text{-}10 \text{ cm}$ é reduzido para $34,6 \text{ mg dm}^{-3}$ mediante a aplicação do tratamento 10 conforme apresentado na Figura 19.

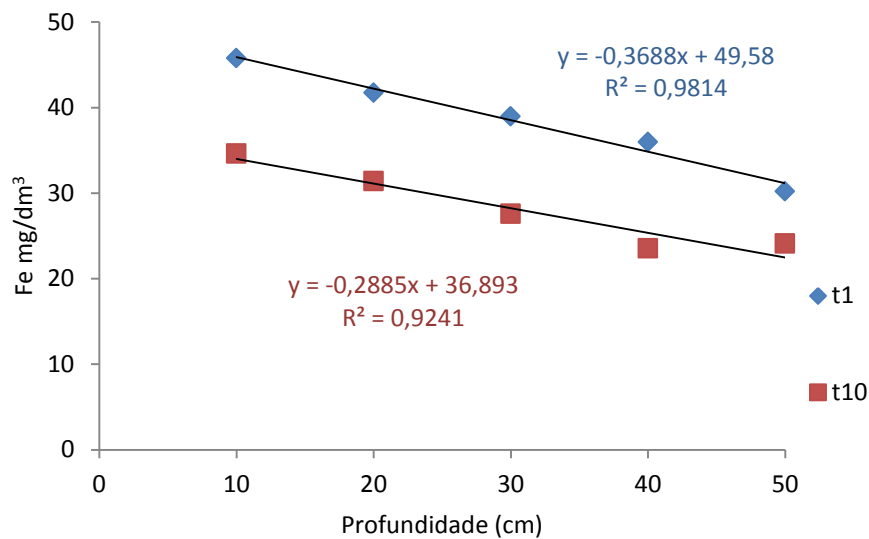


Figura 19. Teor de Ferro no solo em profundidade, nos tratamentos testemunha e 80 t/ha de biocarvão + 40 t/ha de pó de serra.

5.1.7. Zinco

Para o elemento zinco o tratamento com o pó de serra surtiu efeito significativo nas camadas de 10-30 cm ($p < 0.01$), onde as dosagens de 120 e 40 t ha⁻¹ de pó de serra elevaram os valores de zinco de 0,29 na testemunha para 0,76 mg/dm³ elevando de nível muito baixo ($< 0,4$ mg dm³) para o nível baixo (0,5 a 0,9 mg dm³) indicando um incremento deste nutriente em função da aplicação dos tratamentos, não houve diferença significativa nas médias em função das dosagens de biocarvão. Porém mesmo sem haver diferença entre as médias para o zinco em relação à aplicação de biocarvão, foi observado que em todas as camadas houve incremento deste nutriente na medida em que a dose de biocarvão foi elevada.

Na Figura 20 o desempenho na camada de 10-20 cm demonstra que os tratamentos que receberam as doses de 120 e 40 t ha⁻¹ de pó de serra obtiveram melhores médias e correlação de $R^2 = 0,668$ para o tratamento com 40 t ha⁻¹ de pó de serra com as doses crescentes de biocarvão, comportamento similar é encontrado na Figura 21 na camada de 20-30 cm.

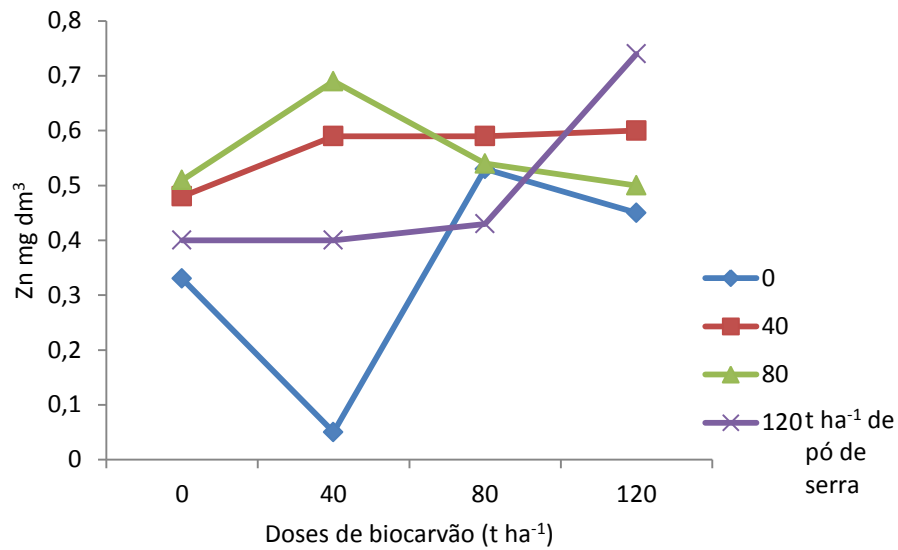


Figura 20. Disponibilidade de Zinco no solo em resposta aos tratamentos na camada de 10-20 cm

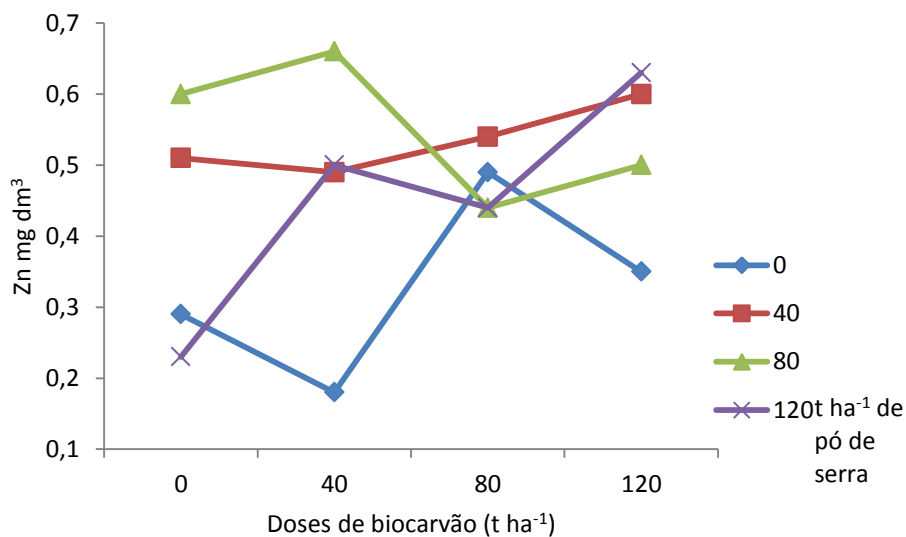


Figura 21. Disponibilidade de Zinco no solo em resposta aos tratamentos na camada de 20-30 cm

Figura 22 demonstra as médias de Zinco em profundidade para os tratamentos com 120 t ha⁻¹ de pó de serra variando as doses de biocarvão, onde foi observado que as melhores médias foram obtidas quando aplicado a dose de 120 t ha⁻¹ de biocarvão apesar de não ter apresentado significância a 5% pelo teste Tukey a aplicação de biocarvão obteve resposta superior aos demais tratamentos.

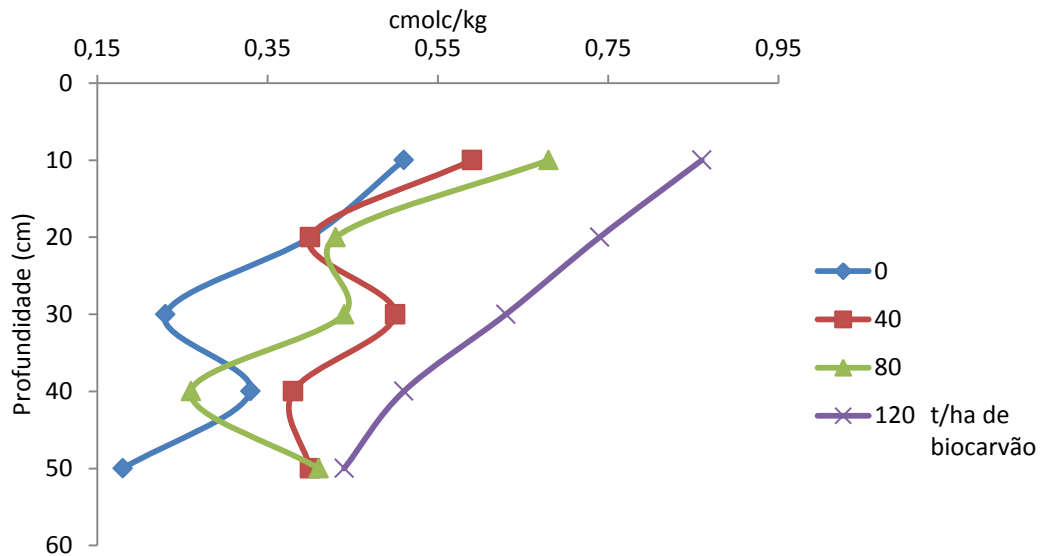


Figura 22. Efeito da dose de 120 t/ha de pó de serra sobre o Zinco em profundidade, variando as doses de biocarvão.

5.1.8. Manganês

O efeito residual das aplicações de biocarvão e pó de serra apresentaram diferenças significativas entre as médias de manganês para as camadas de 0-40 cm ($p > 0.01$ para biocarvão e $p > 0.05$ para pó de serra), não havendo efeitos em relação à testemunha na camada de 40-50 cm. O tratamento que obteve melhor média foi a combinação de 120 t ha⁻¹ de biocarvão e 120 t ha⁻¹ de pó de serra, seguido de 120 t ha⁻¹ de biocarvão e 80 e 40 t ha⁻¹ de pó de serra. Com médias variando de 1,28 a 3,28 mg dm³ de manganês na camada de 0-10 cm a 0,93 a 3,25 mg dm³ na camada de 40-50 cm, variando os níveis em muito baixo (<2 mg dm³) e baixo (3 a 5 mg dm³) segundo a tabela da CFSEMG.

Os tratamentos 15 e 16, respectivamente com as doses de 80 e 120 t ha⁻¹ de pó de serra e 120 t ha⁻¹ de biocarvão para ambos apresentam resultados semelhantes entre si e superiores à testemunha ($p < 0.01$ para biocarvão e $p < 0.05$ para pó de serra) e alta correlação para o tratamento 16 com $R^2 = 0,9232$ indicando uma distribuição proporcional para as diferentes camadas em profundidade do nutriente manganês, conforme Figura 23.

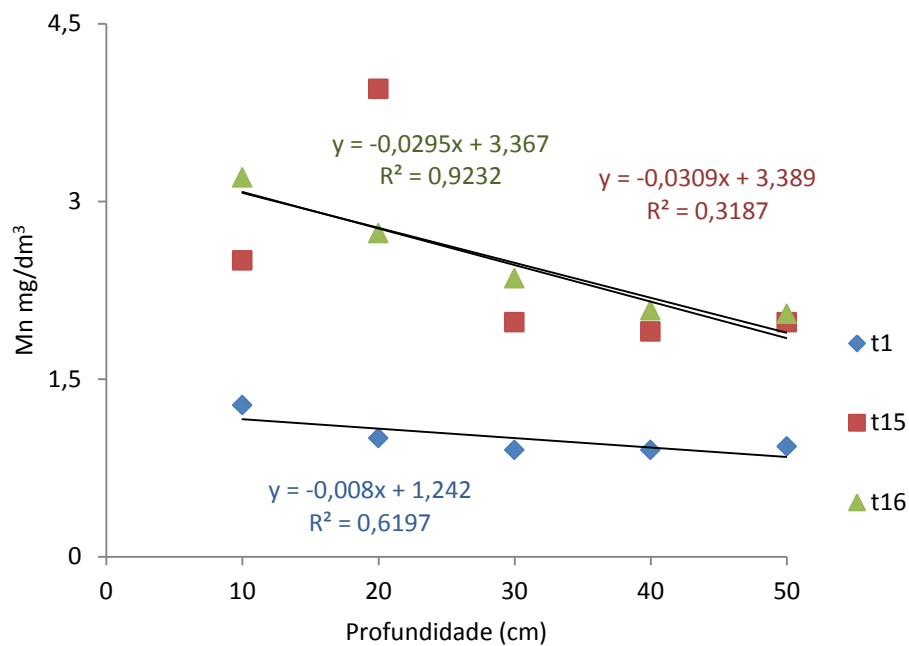


Figura 23. Análise de regressão dos teores de manganês em profundidade em função dos tratamentos 15 e 16 em comparação à testemunha.

Em profundidade como demonstra a Figura 24, os tratamentos que receberam a dosagem de 120 t ha⁻¹ de pó de serra variando as doses de biocarvão apresentaram bons resultados, onde os tratamentos com 80 e 120 t ha⁻¹ de biocarvão atingiram médias próximas a 3,3 mg dm³ enquanto que a testemunha obteve média de 1,28 mg dm³ na camada de 0-10 cm.

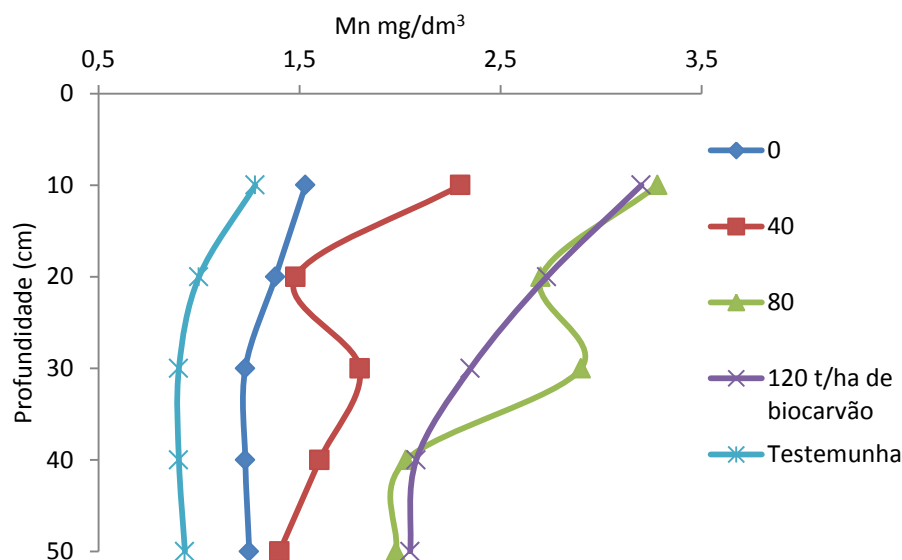


Figura 24. Efeito da dose de 120 t/ha de pó de serra sobre o Manganês em profundidade, variando as doses de biocarvão.

5.2. Variação da produção de feijão-caupi em função dos tratamentos testados

5.2.1. Matéria seca da parte aérea e raízes

Não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos para a matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes, portanto não importou a dose de biocarvão e pó de serra aplicado para aumento de biomassa. A biomassa da parte aérea variou entre 17,3 a 39,87 g enquanto que a biomassa das raízes variou de 3,36 a 7,00 g, Figuras 25 e 26.

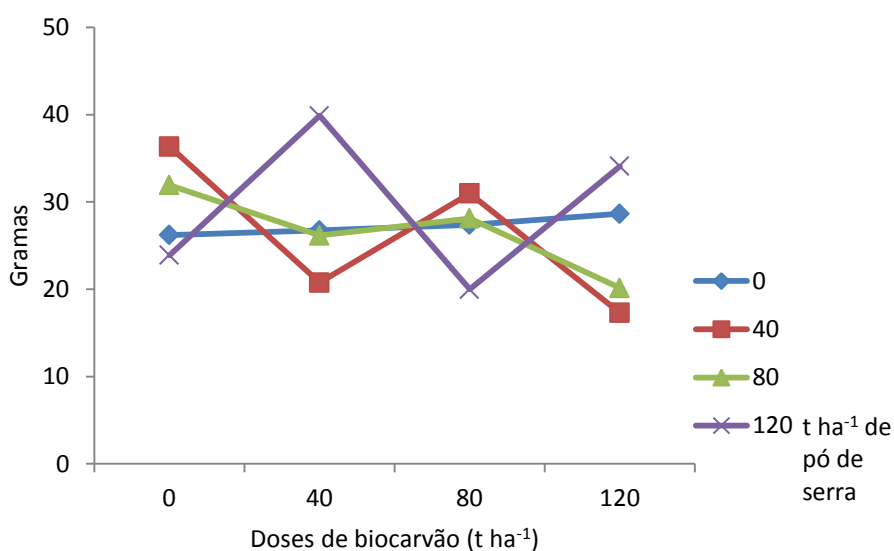


Figura 25. Disponibilidade de biomassa na parte aérea de feijão-caupi em resposta às aplicações de biocarvão e pó de serra

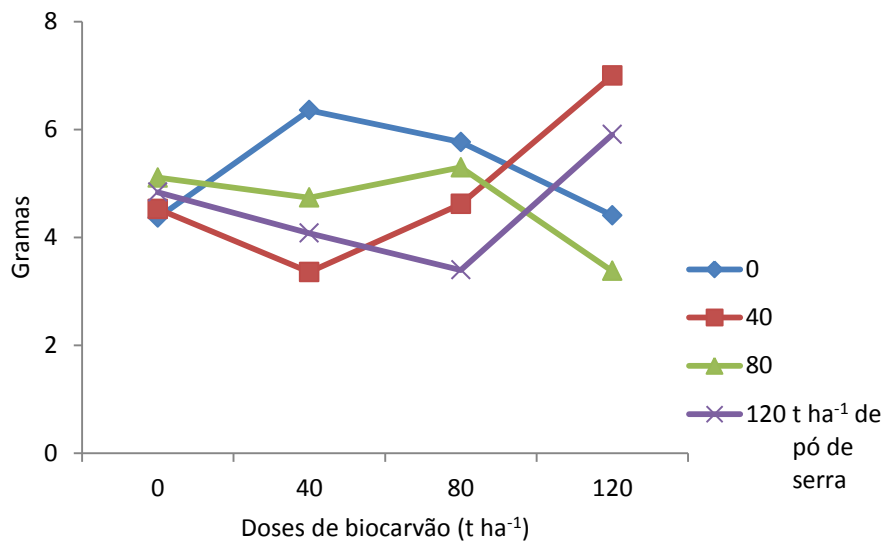


Figura 26. Disponibilidade de biomassa nas raízes de feijão-caupi em resposta às aplicações de biocarvão e pó de serra

5.2.2. Peso seco das sementes

Para a produção de grãos os resultados apontaram que a produção máxima de grãos foi obtida com as doses de 40 t ha⁻¹ de biocarvão e 80 t ha⁻¹ de pó de serra, com um aumento superior a 3 vezes ao valor encontrado na testemunha, mostrando que o efeito residual da aplicação de biocarvão e pó de serra mesmo após sete anos é capaz de aumentar a produção em relação a um solo que não recebeu nenhum tratamento (Figura 27).

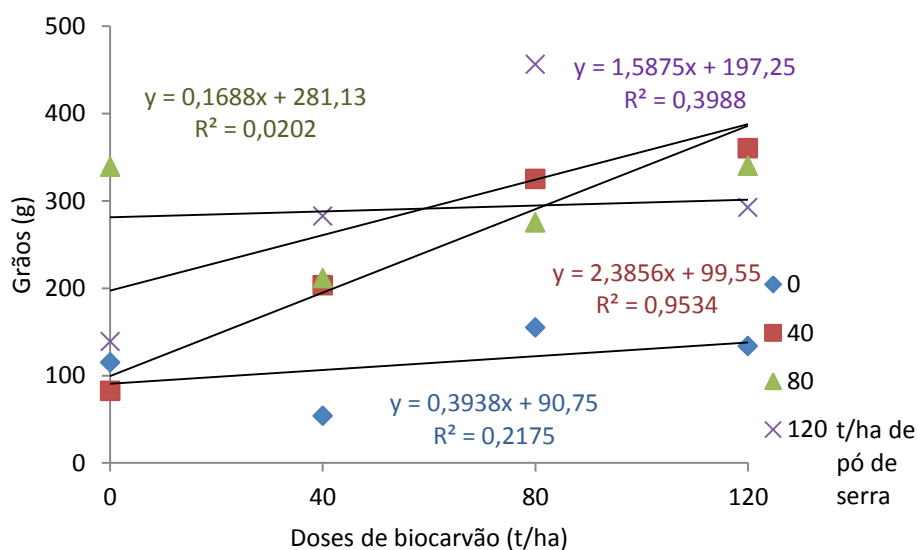


Figura 27. Disponibilidade da produção de grãos de feijão-caupi em resposta às aplicações de biocarvão e pó de serra

A dosagem de 120 t ha⁻¹ de biocarvão e 80 t ha⁻¹ de pó de serra aumentou a disponibilidade de cálcio na camada de 0-10 cm, tornando-se um fator determinante para o aumento da produção de grãos com esse tratamento como demonstrado na Figura 28, segundo Ogawa (1994), o biocarvão promove um bom habitat para a propagação de microrganismos úteis, como bactérias e micorrizas, a baixa alcalinidade, a porosidade e sua capacidade de reter água e ar são os responsáveis pelo estímulo microbiótico, o que pode ser um fator responsável pelo aumento da produção.

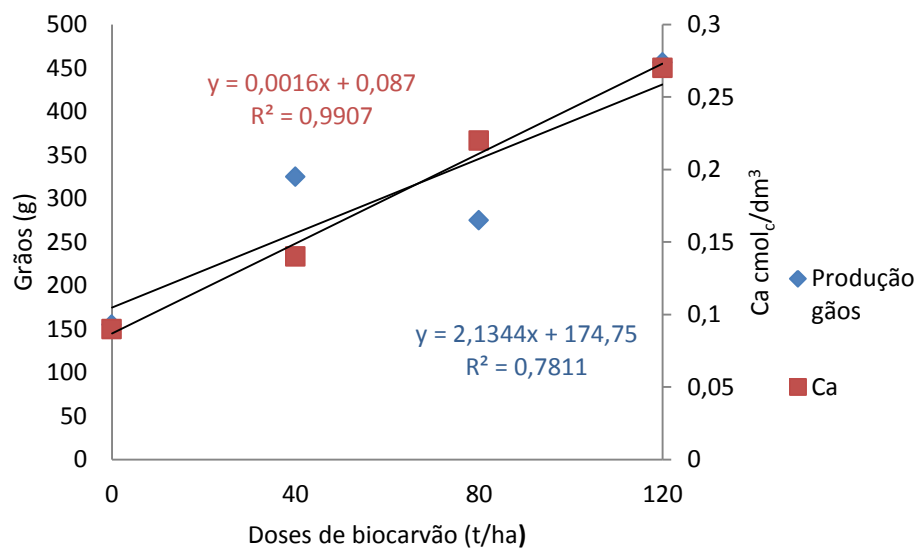


Figura 28. Análise de regressão sobre a produção de grãos e cálcio em função da dosagem de 80 t/ha de pó de serra variando as dosagens de biocarvão (0-10 cm).

6. CONCLUSÕES

O efeito residual da aplicação de biocarvão e pó de serra potencializou a disponibilidade dos nutrientes Ca, Mg, K, Fe, Zn e Mn com a combinação de 120 t ha⁻¹ de biocarvão + 120 t ha⁻¹ de pó de serra. Para P não houve diferença significativa entre os tratamentos testados.

A acidez trocável apresentou menores médias mediante a combinação de 40 t ha⁻¹ de biocarvão e 120 t ha⁻¹ de pó de serra.

A biomassa das plantas de feijão-caupi não foi afetada em função da aplicação dos tratamentos, porém a melhor combinação para a produção de grãos foi encontrada com 120 t ha⁻¹ de biocarvão + 80 t ha⁻¹ de pó de serra.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaia, S.; Souza, L. 2002. Perspectivas de uso e manejo dos solos na Amazônia. In: Araújo, Q. R. (Org). 500 Anos de Uso e Manejo dos Solos na Amazônia. Ilhéus-BA: Editus, pp 311-327.
- Andrade Junior, A.S. 2000. Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e Litoral Piauiense. Piracicaba: ESALQ. 566p. Tese (Doutorado).
- Carvalho, A. M. DE., N. K. Fageria, I. P. de Oliveira & T. Kinjo. 1995. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 19 (1): 61-67.
- Castro, C. E. F. 1992. Manual de floricultura. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE p. 27.
- Coutinho, E.L.M.; Natale, W.; Souza, E.C.A. 1993. Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura. In: Ferreira, M.E.; Castellane, P.D.; Cruz, M.C.P., coord. Nutrição e adubação de hortaliças. Jaboticabal-SP: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, p.85-140.
- Coelho, R.R.; Benites, V.M.; Bon, E.P.; Sacramento, D.S. 2003. Avaliação do crescimento de actinomicetos em substratos contendo subprodutos da carbonização vegetal visando a produção de ácidos húmicos. Grupo Brasileiro da IHSS. VEBSH. UFPR. 15p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA. 370pp.
- Filgueira, F.A.R. 1981. Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças. 2.ed. São Paulo: Ceres, 336p.
- Filgueira, F.A.R. 2000. Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças, Viçosa, 402 p.

- Freire Filho, F.R.; Lima, J. A De A; Ribeiro, V. Q. 2005. Feijão-caupi: Avanços tecnológicos. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnologia, p. 519.
- Freire Filho, F.R. Genética do caupi. In: ARAÚJO, J.P.P.; WATT, E.E. 1988. O caupi no Brasil. Brasília: IITA/EMBRAPA, p. 159 - 229.
- Glaser, B.; Haumaier, L.; Guggenberger, G.; Zech, W. 1998. Black carbon in soils: the use of benzenecarboxylic acids as specific markers . *Organic Geochemistry*, 29: 811-819.
- Glaser, B.; Haumaier, L.; Guggenberger, G.; Zech, W. 2001. The Terra Preta phenomenon - a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88: 37-41.
- Glaser, B.; Lehmann, J.; Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biol. Fert. Soils*, 35: 219-230.
- Huang, X. Q.; Wei, Z. M. 2004. High-frequency plant regeneration through callus initiation from mature embryos of maize (*Zea Mays* L.). *Plant Cell Reports*, Berlin, v. 22, p.793-800.
- IBGE. 2012. Levantamento de Sistemático da Produção Agrícola – LSPA. *Rio de Janeiro v.25 n.02 p.1-88*.
- Ishimura, I.; Feitosa, C.T.; Lisbão, R.S.; Passos, F.A.; Fornasier, J.B.; Noda, M. 1983 Diferentes doses de N, P, K na produção do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, Rio de Janeiro.
- Lehmann, J.; Da Silva Jr., J.; Rondon, M.; Cravo, M.; Greenwood, J.; Nehls, T.; Steiner ,C.; Glaser, B. 2002. Slash and char - a feasible alternative for soil fertility

management in the Central Amazon? In: Proc. 17th World Congress of Soil Science, Bangkok, Thailand, International Union of Soil Science, 449, p. 1-12.

Lehmann, J.; Da Silva Jr., J.; Steiner, C.; Nehls, T.; Zech, W.; Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferrasol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, 249:343-357.

Miranda, P.; Costa, A.F.; Oliveira, L.R.; Tavares, J.A.; Pimentel, M.L.; Lins, G.M.L. 1996. Comportamento de cultivares de *Vigna unguiculata* (L) Walp, nos sistemas solteiro e consorciado. IV – tipos ereto e semi-ereto. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, Recife, v. 9, n. especial, p. 95-105.

Ogawa, M. 1994. Symbiosis of people and nature in the tropics. *Farming Jp* 28(5):10–30.

Oguntude, P.; Fosu, M.; Ajayi, Ayolele.; Giesen, N. 2004. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and textures of soil. *Biol. Fertil. Soils*, 39:295-299.

Oliveira, A. P. Silva, V. R. F; Arruda, F.P. De; Nascimento, I. S. Do; Alves, A. U. 2003. Rendimento de feijão-caupi em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, v.21, n1. Brasília.

Oliveira, A. P; Araújo, J.S.; Alves, E.U.; Noronha, M. A S.; Cassimiro, C.M.; Mendonça, F.G. 2001. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 1, p. 81-84.

Oliveira, I.P.; Araujo, R.S.; Dutra, L.G. Nutrição Mineral E Fixação Biológica De Nitrogênio. In: Araujo, R.S.; Rava, C.A.; Stone, L.F.; Zimmermann, M.J.O. 1996. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafos. p.169-221.

- Pastorini, L. H.; Bacarin, M.A.; Lopes, N.F.; Lima, M.G.S. 2000. Crescimento inicial de feijoeiro submetido a diferentes doses de fósforo em solução nutritiva. Revista Ceres, Viçosa, v.47, n.270, p.219-228.
- Peixoto, N.; Braz, L.T.; Banzatto, D.A.; Moraes, E.A.; Moreira, F.M. 2002. Resposta de feijão-vagem a diferentes níveis de fertilidade. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n.4, p.593-596.
- Piccolo, A.; Pietramellara, G.; Mbagwu, J.S. 1997. Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability. Geoderma, 75: 267-277
- Pittella, L.C. 2003. Fertilização In: Bonsai Cube Morro Velho, setembro.
- Raij, B. Van. 1991. Fertilidade Do Solo E Adubação. Piracicaba : Ceres. 343p.
- Rosolem, C.I. Calagem e adubação mineral. In ARAÚJO, R.S., RAVA, C. STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. 1996. Cultura Do Feijoeiro Comum No Brasil. Piracicaba: Potafos, p.353-390.
- Sarruge, J. R.; Haag, H. P. 1974. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 56p.
- Smartt, J.1990. Grain legumes: evolution and genetic resources. Cambridge, Great Britain: Cambridge University Press, 333 p.
- Steiner, C.; Teixeira W.G.; Zech, W. 2004. Slash and Char: An Alternative To Slash and Burn Practiced In The Amazon Basin. In: Glaser, B.; Woods, W. (Eds). Amazonian Dark Earths: Exploration in Space and Time. Springer – Verlag, Berlin, pp.183-193.
- Steiner, C.; Teixeira, W. G.; Lehmann, J.; Nehls, T.; 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. In: Springer Science+Business Media.

Souza, R. F. de. 2005. Dinâmica de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica, cultivados com feijoeiro. 2005. 141 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Syred, C.; Griffiths, A.; Syred, N.; Beedie, D.; James, D. 2006. A clean, efficient system for producing Charcoal, Heat and Powder (CHaP). Fuel , 85:1566-1578.

Vale, F.R.; Guilherme, L.R.G.; Guedes, G.A.A. 1993. Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas. Lavras: ESAL, 171 p.

Vieira, C. 1983. Cultivo do feijão. Viçosa-MG: UFV, 146 p.

Watt, E.E. 1988. O caupi no Brasil. Brasília: EMBRAPA-CNPAP. p.65-69

Wendling, I.; Gatto, A. 2002. Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas. Minas Gerais: Aprenda Fácil Editora, V.2, p.30.

Zech, W.; Haumanier, L.; Hempling, R. 1990. Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use. In: McCarthy, P.; Clapp, C.; Malcolm, R.; Bloom, P. (Eds). Humic Substances in Soil and Crop Sciences. Selected Readings .American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, 187-202.

8. ANEXOS

Tabela 1. Médias e testes de médias para Cálcio (cmolc.dm³) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra.

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	0-10 cm			
0	0,08 Cb	0,13 Cab	0,09 Cab	0,13 Ca
40	0,13 BCb	0,17 BCab	0,14 BCab	0,20 BCa
80	0,17 ABb	0,21 ABab	0,22 ABab	0,32 ABa
120	0,19 Ab	0,27 Aab	0,27 Aab	0,40 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	10-20 cm			
0	0,06 Cb	0,09Cb	0,09 Cab	0,12 Ca
40	0,12 Bb	0,14 Bb	0,14 Bab	0,17 Ba
80	0,14 Ab	0,16 Ab	0,20 Aab	0,27 Aa
120	0,17 Ab	0,18 Ab	0,18 Aab	0,23 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	20-30 cm			
0	0,06 Bb	0,08 Bb	0,08 Bb	0,09 Ba
40	0,11 Ab	0,15 Ab	0,13 Ab	0,20 Aa
80	0,14 Ab	0,15 Ab	0,16 Ab	0,26 Aa
120	0,13 Ab	0,17 Ab	0,18 Ab	0,23 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	30-40 cm			
0	0,06 Bb	0,06 Bb	0,06 Bab	0,09 Ba
40	0,10 Ab	0,11 Ab	0,14 Aab	0,19 Aa
80	0,10 Ab	0,13 Ab	0,13 Aab	0,18 Aa
120	0,13 Ab	0,15 Ab	0,13 Aab	0,19 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	40-50 cm			
0	0,06 Cb	0,07 Cb	0,07 Cab	0,11 Ca
40	0,09 Bb	0,10 Bb	0,09 Bab	0,14 Ba
80	0,09 ABb	0,12 ABb	0,14 ABab	0,16 ABa
120	0,12 Ab	0,13 Ab	0,16 Aab	0,18 Aa

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2. Médias e testes de médias para Magnésio (cmolc.dm³) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra.

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	0-10 cm			
0	0,10 Ca	0,11 Ca	0,11 Ca	0,13 Ca
40	0,12 BCa	0,13 BCa	0,14 BCa	0,13 BCa
80	0,14 ABa	0,13 ABa	0,16 ABa	0,17 ABa
120	0,17 Aa	0,15 Aa	0,17 Aa	0,18 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	10-20 cm			
0	0,09 Ba	0,10 Ba	0,10 Ba	0,11 Ba
40	0,11 ABa	0,12 ABa	0,13 ABa	0,10 ABa
80	0,12 Aa	0,12 Aa	0,15 Aa	0,15 Aa
120	0,15 Aa	0,13 Aa	0,13 Aa	0,13 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	20-30 cm			
0	0,08 Ba	0,08 Ba	0,10 Ba	0,08 Ba
40	0,10 ABa	0,11 ABa	0,12 ABa	0,11 ABa
80	0,12 Aa	0,11 Aa	0,13 Aa	0,14 Aa
120	0,12 Aa	0,12 Aa	0,13 Aa	0,13 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	30-40 cm			
0	0,07 Ba	0,07 Ba	0,09 Ba	0,07 Ba
40	0,09 ABa	0,09 ABa	0,11 ABa	0,09 ABa
80	0,09 ABa	0,09 ABa	0,10 ABa	0,11 ABa
120	0,12 Aa	0,11 Aa	0,11 Aa	0,12 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	40-50 cm			
0	0,06 Ba	0,06 Ba	0,07 Ba	0,06 Ba
40	0,08 ABa	0,08 Aa	0,09 ABa	0,08 ABa
80	0,08 Aa	0,08 Aa	0,10 Aa	0,10 Aa
120	0,10 Aa	0,09 Aa	0,10 Aa	0,09 Aa

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3. Médias e testes de médias para Potássio (cmolc.dm³) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra.

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	0-10 cm			
0	17,80 Aa	25,76 Aa	16,38 Aa	22,21 Aa
40	13,58 Ba	10,00 Ba	11,90 Ba	10,94 Ba
80	10,81 ABa	13,19 ABa	17,78 ABa	13,53 ABa
120	19,26 ABa	15,89 ABa	15,95 ABa	18,25 ABa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	10-20 cm			
0	12,73 n.s.	19,44 n.s.	12,16 n.s.	19,25 n.s.
40	13,28 n.s.	12,79 n.s.	14,35 n.s.	11,60 n.s.
80	11,70 n.s.	9,58 n.s.	14,74 n.s.	13,69 n.s.
120	16,69 n.s.	12,84 n.s.	12,43 n.s.	14,20 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	20-30 cm			
0	8,41 n.s.	10,98 n.s.	10,45 n.s.	10,14 n.s.
40	10,00 n.s.	10,24 n.s.	11,36 n.s.	9,39 n.s.
80	13,30 n.s.	8,29 n.s.	10,93 n.s.	11,54 n.s.
120	11,95 n.s.	8,95 n.s.	10,39 n.s.	10,48 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	30-40 cm			
0	7,74 n.s.	6,36 n.s.	8,50 n.s.	6,54 n.s.
40	6,76 n.s.	7,30 n.s.	10,18 n.s.	7,13 n.s.
80	6,88 n.s.	5,70 n.s.	5,95 n.s.	8,23 n.s.
120	12,30 n.s.	6,04 n.s.	6,54 n.s.	7,21 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	40-50 cm			
0	4,43 n.s.	4,54 n.s.	5,34 n.s.	5,98 n.s.
40	5,49 n.s.	4,71 n.s.	5,54 n.s.	4,40 n.s.
80	4,54 n.s.	4,34 n.s.	5,45 n.s.	5,44 n.s.
120	7,29 n.s.	5,38 n.s.	5,86 n.s.	5,71 n.s.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4. Médias e testes de médias para Fósforo (mg.dm³) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra.

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	0-10 cm			
0	3,90 n.s.	4,77 n.s.	3,94 n.s.	3,90 n.s.
40	3,16 n.s.	5,77 n.s.	5,55 n.s.	3,41 n.s.
80	4,78 n.s.	3,55 n.s.	5,45 n.s.	4,35 n.s.
120	4,21 n.s.	4,21 n.s.	5,00 n.s.	4,24 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	10-20 cm			
0	5,81 n.s.	2,90 n.s.	3,54 n.s.	2,57 n.s.
40	2,88 n.s.	4,53 n.s.	4,26 n.s.	1,91 n.s.
80	3,60 n.s.	2,94 n.s.	4,44 n.s.	4,99 n.s.
120	3,27 n.s.	4,36 n.s.	2,42 n.s.	3,30 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	20-30 cm			
0	3,34 n.s.	1,88 n.s.	2,80 n.s.	1,55 n.s.
40	3,21 n.s.	3,48 n.s.	2,80 n.s.	2,19 n.s.
80	3,79 n.s.	1,36 n.s.	3,08 n.s.	2,99 n.s.
120	1,96 n.s.	3,15 n.s.	2,79 n.s.	3,93 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	30-40 cm			
0	1,24 n.s.	1,24 n.s.	2,10 n.s.	0,77 n.s.
40	1,10 n.s.	1,68 n.s.	2,17 n.s.	1,13 n.s.
80	1,63 n.s.	0,73 n.s.	1,39 n.s.	1,82 n.s.
120	3,41 n.s.	1,58 n.s.	2,89 n.s.	1,53 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	40-50 cm			
0	2,63 n.s.	1,17 n.s.	1,07 n.s.	0,62 n.s.
40	0,56 n.s.	0,77 n.s.	1,02 n.s.	1,29 n.s.
80	0,65 n.s.	0,58 n.s.	1,18 n.s.	2,82 n.s.
120	1,35 n.s.	0,73 n.s.	1,18 n.s.	1,21 n.s.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Médias e testes de médias para Alumínio trocável (cmolc.dm³) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra.

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	0-10 cm			
0	1,50 Aa	1,47 Aa	1,69 Aa	1,57 Aa
40	1,61 Aa	1,54 Aa	1,67 Aa	1,40 Aa
80	1,58 Aa	1,53 Aa	1,76 Aa	1,81 Aa
120	1,75 Aa	1,96 Aa	1,82 Aa	1,83 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	10-20 cm			
0	1,42 n.s.	1,56 n.s.	1,65 n.s.	1,53 n.s.
40	1,35 n.s.	1,43 n.s.	1,57 n.s.	1,29 n.s.
80	1,51 n.s.	1,37 n.s.	1,74 n.s.	1,67 n.s.
120	1,76 n.s.	1,76 n.s.	1,50 n.s.	1,62 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	20-30 cm			
0	1,33 n.s.	1,89 n.s.	1,67 n.s.	1,47 n.s.
40	1,33 n.s.	1,39 n.s.	1,44 n.s.	1,35 n.s.
80	1,36 n.s.	1,24 n.s.	1,56 n.s.	1,71 n.s.
120	1,64 n.s.	1,58 n.s.	1,60 n.s.	1,35 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	30-40 cm			
0	1,24 ABa	1,43 ABa	1,54 ABa	1,42 ABa
40	1,18 Ba	1,31 Ba	1,44 Ba	1,19 Ba
80	1,35 Aba	1,25 Aba	1,51 Aba	1,49 Aba
120	1,62 Aa	1,56 Aa	1,44 Aa	1,53 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	40-50 cm			
0	1,29 ABa	1,37 ABa	1,50 ABa	1,31 ABa
40	1,10 Ba	1,19 Ba	1,46 Ba	1,07 Ba
80	1,17 ABa	1,18 ABa	1,46 ABa	1,36 ABa
120	1,53 Aa	1,60 Aa	1,46 Aa	1,43 Aa

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6. Médias e testes de médias para Ferro (mg.dm³) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra.

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	0-10 cm			
0	45,75 n.s.	42,65 n.s.	43,33 n.s.	43,80 n.s.
40	39,90 n.s.	37,68 n.s.	39,73 n.s.	39,95 n.s.
80	38,30 n.s.	34,60 n.s.	42,53 n.s.	41,35 n.s.
120	41,50 n.s.	37,70 n.s.	42,88 n.s.	45,10 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	10-20 cm			
0	41,73 n.s.	42,28 n.s.	40,85 n.s.	41,85 n.s.
40	41,70 n.s.	35,30 n.s.	39,28 n.s.	37,05 n.s.
80	39,25 n.s.	31,38 n.s.	41,45 n.s.	42,98 n.s.
120	38,68 n.s.	40,85 n.s.	41,25 n.s.	45,00 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	20-30 cm			
0	38,95 Aab	34,45 Ab	46,65 Aa	38,88 Aab
40	37,83 Aab	38,25 Ab	43,65 Aa	35,75 Aab
80	36,88 Aab	27,58 Ab	41,35 Aa	40,50 Aab
120	36,70 Aab	39,73 Ab	41,33 Aa	50,18 Aab
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	30-40 cm			
0	35,95 Aab	30,08 Ab	45,88 Aa	39,48 Aa
40	32,38 Aab	35,78 Ab	44,28 Aa	34,15 Aa
80	31,20 Aab	23,53 Ab	38,90 Aa	40,18 Aa
120	37,53 Aab	34,95 Ab	37,18 Aa	47,40 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	40-50 cm			
0	30,20 Aab	28,38 Ab	39,83 Aa	31,73 Aab
40	27,90 Aab	30,95 Ab	38,95 Aa	27,60 Aab
80	34,68 Aab	24,10 Ab	36,45 Aa	38,05 Aab
120	31,10 Aab	27,93 Ab	31,50 Aa	38,80 Aab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7. Médias e testes de médias para Zinco (mg.dm³) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra.

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	0-10 cm			
0	0,35 n.s.	0,51 n.s.	0,56 n.s.	0,51 n.s.
40	0,19 n.s.	0,75 n.s.	0,69 n.s.	0,59 n.s.
80	0,53 n.s.	0,65 n.s.	0,59 n.s.	0,68 n.s.
120	0,51 n.s.	0,71 n.s.	0,76 n.s.	0,86 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	10-20 cm			
0	0,33 Ab	0,48 Aa	0,51 Aa	0,40 Aab
40	0,05 Ab	0,59 Aa	0,69 Aa	0,40 Aab
80	0,53 Ab	0,59 Aa	0,54 Aa	0,43 Aab
120	0,45 Ab	0,60 Aa	0,50 Aa	0,74 Aab
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	20-30 cm			
0	0,29 Ab	0,51 Aa	0,60 Aa	0,23 Aab
40	0,18 Ab	0,49 Aa	0,66 Aa	0,50 Aab
80	0,49 Ab	0,54 Aa	0,44 Aa	0,44 Aab
120	0,35 Ab	0,60 Aa	0,50 Aa	0,63 Aab
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	30-40 cm			
0	0,24 n.s.	0,49 n.s.	0,41 n.s.	0,33 n.s.
40	0,33 n.s.	0,40 n.s.	0,55 n.s.	0,38 n.s.
80	0,43 n.s.	0,50 n.s.	0,38 n.s.	0,26 n.s.
120	0,36 n.s.	0,49 n.s.	0,76 n.s.	0,51 n.s.
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	40-50 cm			
0	0,21 n.s.	0,41 n.s.	0,44 n.s.	0,18 n.s.
40	0,44 n.s.	0,34 n.s.	0,40 n.s.	0,40 n.s.
80	0,46 n.s.	0,46 n.s.	0,39 n.s.	0,41 n.s.
120	0,39 n.s.	0,45 n.s.	0,43 n.s.	0,44 n.s.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8. Médias e testes de médias para Manganês (mg.dm³) em função do efeito residual de biocarvão e pó de serra.

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	0-10 cm			
0	1,28 Cb	1,50 Cab	1,50 Cab	1,53 Ca
40	1,60 BCb	1,78 BCb	2,10 BCab	2,30 BCa
80	1,90 ABb	2,33 ABb	2,38 ABab	3,28 ABa
120	2,48 Ab	2,63 Ab	2,50 Aab	3,20 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
0	40	80	120	
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	10-20 cm			
0	1,00 Ba	1,45 Ba	1,28 Ba	1,38 Ba
40	1,48 Ba	1,55 Ba	1,78 Ba	1,48 Ba
80	1,68 ABa	1,95 ABa	2,05 ABa	2,70 ABa
120	2,20 Aa	2,18 Aa	3,95 Aa	2,73 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
0	40	80	120	
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	20-30 cm			
0	0,90 Bb	1,40 Bab	1,30 Bab	1,23 Ba
40	1,18 Bb	1,35 Bab	1,58 Bab	1,80 Ba
80	1,75 Ab	1,70 Aab	1,85 Aab	2,90 Aa
120	1,95 Ab	2,10 Aab	1,98 Aab	2,35 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
0	40	80	120	
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	30-40 cm			
0	0,90 Ba	1,10 Ba	1,23 Ba	1,23 Ba
40	1,13 Ba	1,15 Ba	1,13 Ba	1,60 Ba
80	1,28 ABa	1,40 ABa	1,70 ABa	2,03 ABa
120	2,05 Aa	1,78 Aa	1,90 Aa	2,08 Aa
Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
0	40	80	120	
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	40-50 cm			
0	0,95 n.s.	0,95 n.s.	1,08 n.s.	1,25 n.s.
40	0,93 n.s.	1,18 n.s.	3,25 n.s.	1,40 n.s.
80	1,78 n.s.	1,48 n.s.	2,00 n.s.	1,98 n.s.
120	2,00 n.s.	1,78 n.s.	1,98 n.s.	2,05 n.s.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9. Médias e testes de médias para Peso seco das vagens + sementes (g).

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	Peso seco das vagens + sementes			
0	145,00 Bb	65,00 Bab	210,00 Ba	171,25 Bab
40	108,75 Ab	270,00 Aab	442,50 Aa	473,75 Aab
80	451,25 Ab	297,50 Aab	370,00 Aa	448,75 Aab
120	188,75 Ab	361,25 Aab	588,75 Aa	410,00 Aab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10. Médias e testes de médias para Peso seco dos grãos (g).

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	Peso seco das sementes			
0	115,00 Bb	53,75 Bab	155,00 Ba	133,75 Bab
40	82,50 Ab	203,25 Aab	325,00 Aa	360,00 Aab
80	338,75 Ab	211,25 Aab	275,00 Aa	340,00 Aab
120	138,75 Ab	282,50 Aab	456,25 Aa	292,50 Aab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 11. Médias e testes de médias para Peso seco da parte aérea (g).

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	Peso seco da parte aérea			
0	26,21 n.s.	36,34 n.s.	31,93 n.s.	23,90 n.s.
40	26,74 n.s.	20,75 n.s.	26,15 n.s.	39,87 n.s.
80	27,37 n.s.	30,98 n.s.	28,11 n.s.	19,98 n.s.
120	28,65 n.s.	17,30 n.s.	20,14 n.s.	34,10 n.s.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12. Médias e testes de médias para Peso seco da raiz (g).

Tratamentos	Pó de Serra (t. ha ⁻¹)			
	0	40	80	120
Resíduo de Carvão (t.ha ⁻¹)	Peso seco da raiz			
0	4,37 n.s.	6,36 n.s.	5,77 n.s.	4,41 n.s.
40	4,53 n.s.	3,36 n.s.	4,62 n.s.	7,00 n.s.
80	5,11 n.s.	4,74 n.s.	5,30 n.s.	3,38 n.s.
120	4,84 n.s.	4,08 n.s.	3,40 n.s.	5,91 n.s.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.