

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRESCIMENTO DE CENOURA EM SOLO COM  
DIFERENTES COMBINAÇÕES DE DOSES E  
GRANULOMETRIAS DE CARVÃO VEGETAL**

**Ademir Ribeiro Mendonça  
Biólogo**

**2017**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRESCIMENTO DE CENOURA EM SOLO COM  
DIFERENTES COMBINAÇÕES DE DOSES E  
GRANULOMETRIAS DE CARVÃO VEGETAL**

**Ademir Ribeiro Mendonça**  
**Orientador: Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

**2017**

M539c Mendonça, Ademir Ribeiro  
Crescimento de cenoura em solo com diferentes combinações de doses e granulometrias de carvão vegetal / Ademir Ribeiro Mendonça.  
-- Jaboticabal, 2017  
xi, 39 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017  
Orientador: Jairo Osvaldo Cazetta  
Banca examinadora: Fabio Luiz Checchio Mingotte, Fabio Olivieri  
de Nobile.  
Bibliografia

1. Carvão vegetal. 2. Cenoura. 3. Crescimento. I. Título. II.  
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.42:633.43



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

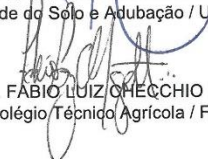
**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** CRESCIMENTO DE CENOURA EM SOLO COM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE DOSES E GRANULOMETRIAS DE CARVÃO VEGETAL

**AUTOR:** ADEMIR RIBEIRO MENDONÇA  
**ORIENTADOR:** JÁIRO OSVALDO CAZETTA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. JÁIRO OSVALDO CAZETTA  
Departamento de Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
Prof. Dr. FÁBIO OLIVIERI DE NOBILE  
Fertilidade do Solo e Adubação / UNIFEB / Barretos/SP

  
Prof. Dr. FÁBIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE  
CTA - Colégio Técnico Agrícola / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 08 de dezembro de 2017

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**ADEMIR RIBEIRO MENDONÇA** – Nascido em Taquaritinga, SP, em 21 de dezembro de 1983, filho de Osmar Campos Mendonça e Maria Aparecida Ribeiro Mendonça. Coursou o ensino médio na Escola Estadual Dr. Paraiso Cavalcanti na cidade de Bebedouro – SP (1999-2001), no ano de 2002 serviu o tiro de guerra, onde foi condecorado sobre honras militares como melhor atirador do ano. Devido ao falecimento do seu pai, em março de 2004, assumiu a titularidade do lote 74, localizado no assentamento Reage Brasil na cidade de Bebedouro, SP. Ingressou em fevereiro de 2006 no curso de Ciências Biológicas no Centro Universitário de Bebedouro (Unifafibe), tendo concluído em novembro de 2009. Em agosto de 2008 iniciou trabalho de educação ambiental com ênfase na produção de alimentos nas escolas municipais de Bebedouro, SP, até novembro de 2012. E em março de 2013 iniciou como instrutor técnico do SENAR até no momento atual. Em março de 2015, ingressou no programa de pós-graduação em Agronomia (Ciências do solo), pela Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal, sob a orientação do Professor Dr. Jairo Osvaldo Cazetta.

*Sou apenas um sonhador, com dificuldades de um agricultor,  
Buscando conhecimentos, para aplicar num solo pobre  
Mas com equilíbrio da alma, para não cair nas ansiedades  
Em ver o seu pobre solo, produzir vigorosos alimentos.*

(Ademir Ribeiro Mendonça)

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus, por cada dia desta jornada, que me permitiu a dádiva da vida.

A minha querida mamãe Aparecida e avó Zéfa, ao meu irmão Deva, minha irmã Dani, ao tio Nando e a minha namorada Gisele. Muito obrigado por terem acreditado em mim, sei que esta jornada foi muito difícil, mas sei que sem o apoio de vocês, tudo seria mais difícil.

Ao meu orientador, Professor Dr. Jairo Osvaldo Cazetta, pelo carinho com que me recebeu na Universidade, ao forte olhar nos olhos, paciência, conselhos e ensinamentos durante esse período de trabalho e atenção com o experimento, em ter acompanhado as pesquisas mesmo sendo na cidade de Bebedouro/SP. Ao Professor Dr. Wanderley José de Melo, onde a sua experiência foi fundamental para o sucesso do trabalho.

Aos servidores da FCAV/UNESP, especialmente aos membros da pós-graduação, pelo excelente atendimento prestado aos pós-graduandos, bem como aos servidores do departamento de Tecnologia, que mantém o local limpo e agradável. Ao técnico de laboratório, José Carlos de Freitas, pela seriedade que conduz o seu trabalho.

Aos professores da pós-graduação da FCAV/UNESP, que tanto contribuíram para o meu enriquecimento intelectual e curricular, inspirando-me na busca de valores éticos e profissionais.

A coordenadoria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – Agronomia, na presença do Professor Dr. José Marques Júnior, por manter o conceito CAPES no quadriênio presente, mesmo em época de crise.

**SUMÁRIO**

RESUMO.....	viii
ABSTRACT .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE TABELAS .....	xi
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Carvão vegetal como condicionador de solo.....	4
2.2 Subprodutos do Carvão Vegetal .....	7
2.3 Classificação do carvão vegetal por tamanho .....	9
2.4 O carvão vegetal e o meio ambiente.....	12
2.5 Terra preta de índio.....	15
2.6 Biochar ou Biocarvão .....	16
2.7 A cultura da Cenoura .....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5 CONCLUSÕES .....	30
REFERÊNCIAS.....	31



## CRESCIMENTO DE CENOURA EM SOLO COM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE DOSES E GRANULOMETRIAS DE CARVÃO VEGETAL

**RESUMO** - Os resíduos de carvão vegetal podem ser utilizados de forma eficiente na agricultura, quando aplicados ao solo, em doses e granulometria adequadas exercem excelente desempenho aos vegetais. O trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a interação entre doses e granulometrias de carvão vegetal de *Eucalyptus citriodora* em solo argiloso, na produção de cenoura híbrida de verão cultivar Mariana. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na cidade de Bebedouro, SP. Com 16 tratamentos em esquema fatorial com 5x3+1, sendo 5 granulometrias (1 a 2 mm, 2 a 4 mm, 4 a 8 mm, 8 a 16 mm e 16 a 32 mm) combinadas com 3 doses (25, 50 e 75% em volume de carvão vegetal) mais controle (somente solo), com 4 repetições, em vasos de 8 litros dispostos num delineamento inteiramente ao acaso. Foi avaliada a retenção de água no início e final do ensaio, determinado o crescimento da parte aérea aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após emergência, bem como massa fresca e seca da raiz e parte aérea e dimensões das cenouras na colheita. Observou-se que o melhor desempenho das plantas ocorre na combinação de 50% (v/v) de carvão vegetal com a granulometria de 2 a 4 mm. No início do cultivo as plantas crescem melhor no solo, mas apresentam desempenho superior nos tratamentos com carvão vegetal a partir de 60 dias após emergência.

**Palavras-chave:** *Daucus carota*, biochar, fino de carvão, moinha de carvão, retenção de água.

## GROWTH OF CARROTS IN SOIL WITH DIFFERENT COMBINATIONS OF DOSES AND GRANULOMETRY OF CHARCOAL

**ABSTRACT** - Charcoal wastes can be used efficiently in agriculture if well managed. With this purpose, this research aimed to study the interaction between dose and size of fine coal particles in clay soil, for carrot production. The experiment was conducted with 16 treatments in a 5x3 + 1 factorial scheme (5 granulometry: 1 to 2 mm, 2 to 4 mm, 4 to 8mm, 8 to 16 mm and 16 to 32 mm, combined with 3 doses: 25%, 50% and 75% by volume of coal) plus control (soil only), with 4 replications. Each experimental unit was composed by a pot with 8 L capacity, and the assay was arranged in a completely randomized design. It was determined the water retention in the soil, the plants height measured at 30, 45, 60, 75 and 90 days after plants emergence, the fresh and dry mass of the root and plant shoot and the dimensions of the carrots at harvest. It has been observed that the best performance of the plants occurs in the combination of 50% (v/v) of coal with the fraction of 2 to 4 mm particle size. Plants at initial growth phases develop better in pure soil, however in the final growth phases shows superior performance in treatments containing charcoal.

**Keywords:** *Daucus carota*, biochar, fine coal, charcoal, water retention.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Madeiras para produções de carvão vegetal: A) poda de árvore urbana. B) madeira de laranjeira. .... 4
- Figura 2.** Resíduos sólidos de carvão vegetal: A) moinha de carvão vegetal descartada no meio ambiente; B) fino de carvão vegetal após o processo de separação por peneiramento mecânico. .... 8
- Figura 3.** A moinha separada em três frações, pó, fino e granulado de carvão vegetal, da esquerda para a direita, respectivamente. .... 10
- Figura 4.** Ilustração de um mesmo forno rabo quente, que foi removido o carvão comercial e restou a moinha: A) exterior do forno; B) interior do forno. .... 10
- Figura 5.** Interior de um forno de alvenaria rabo quente, com presença de madeira que não foi totalmente carbonizada. .... 11
- Figura 6.** Exterior de fornos de alvenarias rabo quente, emitindo gases tóxicos. .... 13
- Figura 7.** Granulometrias de carvão vegetal, de 1 a 2 mm, 2 a 4 mm, 4 a 8 mm, 8 a 16 mm e 16 a 32 mm, respectivamente a figura. .... 21
- Figura 8.** Efeito de interação dose x granulometria de fino de carvão vegetal sobre a retenção de água de um Argissolo Vermelho. Legenda (granulometrias) (G1 de 1 a 2 mm, G2 de 2 a 4 mm, G3 de 4 a 8 mm, G4 de 8 a 16 mm, G5 de 16 a 32 mm e Cont. (controle). .... 23
- Figura 9.** Efeito da interação com granulometria (G) X controle (Cont) (A) e Dose (Cv) X Controle (Cont) (B), para crescimentos da parte aérea aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após emergência (DAE) nas granulometrias (G1 de 1 a 2 mm, G2 de 2 a 4 mm, G3 de 4 a 8 mm, G4 de 8 a 16 mm, G5 de 16 a 32 mm) e Doses (25% de carvão vegetal, 50% de carvão vegetal, 75% de carvão vegetal) e Cont (controle). .... 25
- Figura 10.** Efeito de doses x granulometrias de carvão vegetal sobre: A) tamanho da raiz, B) espessura da raiz, C) peso fresco da parte aérea (PFPA); D) peso fresco da raiz (PFR); E) peso seco da parte aérea (PSPA); F) peso seco da raiz (PSR), e tratamento controle. Legenda (G1 de 1 a 2 mm, G2 de 2 a 4 mm, G3 de 4 a 8 mm, G4 de 8 a 16 mm e G5 de 16 a 32 mm. .... 28

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Dados físicos e químicos do solo (A) e do extrato 2:1 do fino de carvão vegetal (B). ..... 20

**Tabela 2.** Resultados da análise de variância (Teste F) para crescimento da parte aérea das plantas aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após emergência. .... 24

**Tabela 3.** Resultados da análise de variância (Teste F) para tamanho de raiz (TR), espessura de raiz (ER), peso fresco da parte aérea (PFPA), peso fresco da raiz (PFR), peso seco da parte aérea (PSPA) e peso seco da raiz (PSR). . 26

## INTRODUÇÃO

A produção de carvão vegetal quando bem conduzida é uma prática econômica sustentável. É comum beneficiários de reforma agrária explorarem a produção de carvão vegetal, principalmente agricultores que iniciam a exploração do lote.

Esses produtores, ao iniciarem as atividades agrícolas, deparam-se com algumas dificuldades: uma delas é a grande quantidade de raízes, tocos e resto de madeiras a ser removida de sua propriedade e, para então, iniciar o cultivo do lote. Sendo assim, a produção de carvão vegetal torna-se uma atividade viável para os assentados, tanto para geração de renda, como na limpeza do lote, possibilitando a mecanização do solo. Haja vista que a maioria do carvão vegetal brasileiro ainda é produzida da mesma forma que era há um século, só que em maiores proporções: uma tecnologia de controle operacional de carbonização totalmente manual, sem nenhum uso de recurso tecnológico. Esse sistema primitivo de produção de carvão vegetal se dá por meio de fonte interna de calor, em fornos denominados de rabo quente (COELHO, 2008).

Essa produção com baixo controle operacional, normalmente é utilizada por pequenos produtores, devido ao seu baixo custo de instalação e manutenção. Entretanto, esse sistema oferece baixa produtividade, não aproveitando o potencial máximo da matéria prima. O controle operacional dos fornos de carbonização é limitado e também não há prática de controle qualitativo e nem quantitativo da produção.

Tecnologias existentes possibilitam o aumento de produtividade e maior aproveitamento da matéria prima, mas devido à restrição de recursos financeiros e riscos de produção associados tecnologias desconhecidas, fazem com que os produtores não tenham interesse por inovação (COELHO, 2008).

Os produtores rurais, em sua maioria possuem interesse somente na obtenção do carvão comercial, sem se preocuparem com o aproveitamento dos subprodutos. Exemplo disso são os resíduos sólidos, nomeados coloquialmente como moinha de carvão vegetal, e os complexos voláteis, que quando decantados formam um líquido chamado de ácido pirolenhoso (ALVES, 2006).

Atualmente, muito se discute a respeito do monóxido de carbono gerado na produção de carvão vegetal, não estudando a questão dos resíduos sólidos

gerados pelas carvoarias. Sendo que o aproveitamento destes, é o início de um ciclo sustentável, tanto para o enriquecimento do solo, como para o combate do descarte de moinha ao meio ambiente.

Os materiais orgânicos de origem pirogênica, ou seja, os vegetais que sofreram carbonização sobre controle de oxigênio, que um dia sequestraram carbono para formar a sua biomassa, podem contribuir ainda mais com meio ambiente, pois quando aplicados corretamente, induzem a uma melhor performance do solo. Exemplos disso são as inúmeras cavidades de dimensões microscópicas, onde se depositam água e ar, modificando a estrutura física e química do solo, melhorando a aeração, a permeabilidade e a retenção de água no solo ou substratos (STEINER et al., 2007). Aumentando a fauna microbiana, que é importante na fixação de nitrogênio e decomposição de matéria orgânica (DELUCA et al., 2006). Também melhora a estrutura física dos solos argilosos (ISHIMURA et al., 2009). E possui uma rica composição mineral, como: nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, boro, silício, cloro, cobre, manganês, molibdênio e zinco (MAEKAWA, 2002; MORALES, 2010; FREITAS, 2013).

Tanto o carvão vegetal como a terra preta de índio e o biochar podem proporcionar melhorias aos atributos físicos químicos e biológicos do solo. Como a elevação dos níveis de pH (OGUNTUNDE et al., 2004; FREITAS, 2013); melhora da CTC e da capacidade de agregação das partículas do solo (KAMPF et al., 2003; OGUNTUNDE et al., 2004). Sendo assim, esses materiais de origem pirogênica podem contribuir para o crescimento das plantas e aumento do seu vigor, garantindo maior sucesso comercial de vegetais como a cenoura, cujo o mercado é altamente exigente.

A cenoura é um excelente vegetal para exemplificar efeito físico que o carvão vegetal provoca no solo, principalmente quando aplicado naqueles com alto teor de argila. Sendo que este é um vegetal exigente que responde melhor em solo arenoso e rico em matéria orgânica.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é de avaliar o efeito da aplicação de resíduo sólido de carvão vegetal em solo argiloso. Estudar o efeito da interação entre dose e granulometria de fino de carvão vegetal, sobre o crescimento e produção da cenoura (Híbrida Mariana).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Carvão vegetal é o resultado da queima parcial da madeira, com fonte interna de calor; é a carbonização gradativa obre controle de oxigênio. Pode-se dizer que a produção de carvão vegetal é o processo de pirólise da madeira.

A carbonização para produzir o carvão vegetal é um processo em que a madeira é submetida a um aquecimento entre 450 e 550° C, em ambiente fechado com controle de entrada e saída de oxigênio, com vapores de água e líquidos orgânicos (PINHEIRO et al., 2006). Entendemos que esta é a destilação da madeira que a transforma numa fração rica em carbono. A outra fração de compostos de vapores, são: o alcatrão, o piro lenhoso e os gases não condensáveis (SAMPAIO et al., 2001). Neste processo, a madeira perde complexos líquidos quando comparada ao seu peso inicial, prova disso é o rendimento do carvão vegetal, que gira em torno de 25 a 35%, com base na madeira seca (COELHO, 2008).

No Brasil, o sistema de produção de carvão vegetal mais utilizado é o de fonte interna de calor, devido ao baixo custo de instalação e manutenção, o que acaba compensando a baixa produtividade (COELHO, 2008). Tal processo, considerado artesanal, ocorre dentro de fornos de alvenaria, denominado rabo quente.

Somos o maior produtor de carvão vegetal no cenário mundial. E também o maior consumidor. Consumimos cerca de 6 milhões de toneladas no ano de 2015, sendo que 84% foi para o setor industrial, em siderurgia na produção de ferro gusa e metalúrgicas (BRASIL, 2016).

Para a redução do minério de ferro em uma siderúrgica é necessário a utilização de uma fonte de carbono, que é encontrada no carvão mineral ou vegetal. Ao contrário do que acontece nos países industrializados, no Brasil o uso industrial do carvão vegetal continua sendo largamente praticado, em função do elevado potencial de produção de matéria prima de origem florestal, como é o caso da madeira de eucalipto (MEIRA, 2002).

Cerca de 70% da produção do carvão vegetal são destinados as indústrias siderúrgicas e metalúrgicas, principalmente para as de Minas Gerais, sendo que nos demais estados brasileiros o seu uso se destaca na cocção de alimentos (BRASIL, 2016).

Outro Estado que se destaca no consumo e produção de carvão vegetal é o estado de São Paulo. Onde se encontra pequenos produtores que abastecem o mercado local, que é de cocção de alimentos. Um aspecto positivo é a utilização de madeira de reuso. Como por exemplo, as podas de arvores urbanas. (Figura 1A) e madeira de laranjeiras descartadas para a reforma ou supressão dos pomares (Figura 1B). Este reaproveitamento produz carvão vegetal com boa aceitação comercial, pois as madeiras são menos densas, o que facilita o início da chama nas churrasqueiras ou fornalhas.

**Figura 1.** Madeiras para produções de carvão vegetal: A) poda de árvore. B) madeira de laranja.

A



B



## 2.1 Carvão vegetal como condicionador de solo

O carvão vegetal serve como fonte de calor para redução de minério e cocção de alimentos, também apresenta resultados positivos quando adicionado ao solo ou substrato. Exerce um papel neutralizador de acidez, aumentando o pH e disponibilizando nutrientes ao solo (OGUNTUNDE et al., 2004; MORALES, 2010).

O fino de carvão vegetal é um subproduto rejeitado após a seleção do carvão de maiores partículas, que é a composição aceita pelo mercado consumidor. Portanto, o preço do fino de carvão é mais acessível, o que o torna viável para a produção de mudas (FREITAS, 2015).

O carvão vegetal e seus subprodutos tem espaço significativo nas pesquisas por proporcionarem aumento da nutrição vegetal, melhorias dos solos e substratos. Segundo Steiner et al. (2007), este provoca uma maior absorção



de nutrientes e melhor produção de culturas, reduz a lixiviação de minerais aplicados ao solo.

Isso ocorre devido a seus grupos carboxílicos aromáticos estáveis, que diminuem a degradação química e microbiana da matéria orgânica, promovendo maior adsorção de nutrientes propício a lixiviação (GLASER et al., 2001).

Segundo Oguntunde et al. (2004), a presença de carvão vegetal contribui para a melhoria de interações do solo do crescimento a produção das plantas. Freitas (2013), ao analisar os teores de N, P, K, Ca e Mg, observou que esses nutrientes aumentaram na mesma proporção que aumentaram as doses de carvão vegetal.

Para Morales (2010), o uso de carvão vegetal possui poder de fertilização, com fonte disponível de P, Ca, K, Mg, Mn, Zn e B. O autor alerta que a aplicação deste no solo deve ser assistida, pois possui características químicas que alteram o pH e os sais.

Os de espécies lenhosas podem melhorar tanto as características químicas como as características físicas dos substratos, assim, melhorando a qualidade dos substratos e conseqüentemente da muda. Esses resultados foram confirmados por Freitas (2015), ao avaliar a biometria das plantas, quando os seus substratos receberam doses crescentes de carvão vegetal.

A análise folicular realizada em berinjelas, que estavam com substrato de carvão, detectou maior absorção de cálcio e magnésio, além de um aumento de 100% na produtividade sem adição de carvão vegetal. O autor enfatiza que o carvão vegetal é eficiente para melhoria do solo e melhor custo benefício (CUNHA et al., 2007).

Outra formulação de substrato, foi na produção de mudas em sete espécies de arvores nativas do Zâmbia, onde Chidumayo (1994) percebeu que o substrato obteve uma diminuição de acidez e aumento de P e K trocável. Com exceção de uma espécie, as outras seis variedades de mudas tiveram um melhor desempenho na presença de carvão vegetal, quando se avaliou a germinação e o desenvolvimento, comparado com o do controle.

Quando o fino de carvão vegetal foi aplicado ao solo para plantio de milho, em dois terrenos experimentais diferenciados, Oguntunde et al. (2004), constataram aumento de teores de pH, saturação por bases, condutividade elétrica e teores de Ca, Mg, K, Na e P no solo com carvão vegetal em relação ao

tratamento controle. Os grãos e a biomassa do milho tiveram acréscimo de 91% e 44%, respectivamente, no solo com carvão vegetal.

A textura do solo está diretamente relacionada com o efeito do carvão vegetal, Freitas (2013), percebeu que o solo mais arenoso teve maior aumento do pH pela adição de fino do carvão do que o mais argiloso. Mostrando assim, que os argilosos podem ser menos suscetíveis aos benefícios do carvão vegetal, isto é, quando aplicado para analisar o efeito de correção de acidez no solo.

Tryon (1948), já havia estudado o potencial do carvão vegetal ao solo. Ele adicionou carvão vegetal de angiospermas, chamadas por ele de madeira mole e de madeira rígida, e observou alta relação estatística entre o aumento das quantidades de carvão vegetal adicionadas com a neutralização do pH. Sendo que o carvão vegetal que respondeu melhor para o aumento do pH, foi a madeira mais dura ou lenhosa. Está foi a que proporciona melhor rendimento ao produtor, por produzir um carvão vegetal de maior peso.

Zanetti et al. (2003) verificaram que este incrementa a porosidade e proporciona maior capacidade de retenção de água quando aplicado em substrato. Essa porosidade é favorável à proliferação de microrganismos. Entretanto, ao avaliar o efeito do carvão vegetal sobre a comunidade microbiana em substrato, Steiner et al. (2004) defendem a teoria de que a população de microrganismos está diretamente relacionada à disponibilidade de nutrientes.

Neste mesmo parâmetro, Steiner et al. (2008), defendem a adição de carvão vegetal ao solo, por influenciar positivamente a microbiota do mesmo, em função de apresentar acréscimo linear na respiração basal microbiana, crescimento populacional microbiano, biomassa microbiana e eficiência microbiana, quando doses crescentes de carvão vegetal foram adicionadas ao solo.

Com relação à fixação de nitrogênio, Rondon et al. (2007), observaram aumento significativo da bactéria de gênero *Rhizobium* quando elevaram os teores de carvão vegetal em substrato para produção do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Topliantz et al. (2005), aplicaram ao solo uma mistura de resíduo de mandioca e carvão vegetal, e verificaram um aumento na fertilidade do solo e produtividade da leguminosa cultivada, também houve melhora nas atividades decompositoras, tanto de minhocas como de bactérias, e chegaram à conclusão

de que a adição do carvão vegetal ao solo pode ser uma boa opção para cultivar leguminosas.

Segundo Glaser et al. (2002), as culturas aumentam seu rendimento após a utilização de carvão vegetal ao solo. A oferta deste também pode elevar o percentual de germinação, crescimento e rendimento das sementes (KETTERINGS; BIGHAM, 2000).

É fácil perceber que muitos são os autores que defendem o uso de carvão vegetal em solos e entre outros métodos de aplicação, mas os estudos devem avançar para oferecer um número maior de informações objetivas aos produtores. Poderíamos sugerir o uso do carvão vegetal para efeito de interações físicas no solo, principalmente nos argilosos, possibilitando o cultivo de tubérculos e raízes em qualquer tipo de solo.

## **2.2 Subprodutos do Carvão Vegetal**

A cadeia produtiva de carvão vegetal gera resíduos líquido e sólido. O resíduo líquido é extraído partir da condensação da fumaça, resultante da queima da madeira na produção de carvão vegetal. Apresenta coloração amarela a marrom e é composto por água e mais de 200 compostos orgânicos, dentre eles ácido acético, álcoois, cetonas, fenóis, derivados de lignina e celulose. O extrato de pirolenhoso pode ser obtido a partir de diferentes espécies vegetais, como laranjeira, eucalipto e pinus entre outros vegetais (MAEKAWA, 2002).

Os resíduos sólidos de carvão vegetal, nomeados por moinha (Figura 2A), sobram dentro dos fornos. Outro subproduto sólido é o fino de carvão (Figura 2B), que é obtido da classificação do carvão vegetal usando peneiras acopladas em vibradores mecânicos para a seleção do carvão comercial (ZANETTI et al., 2003).

**Figura 2.** Resíduos sólidos de carvão vegetal: A) moinha de carvão vegetal descartada no meio ambiente; B) fino de carvão vegetal após o processo de separação por peneiramento mecânico.



Meira (2002) se preocupa com a mobilização energética das florestas destinadas à produção de carvão vegetal, afirmando que, para que se tenha um menor impacto ambiental, deve-se providenciar a utilização de subprodutos de carvão vegetal e de processos acoplados, que utilizem e valorizem os resíduos vegetais decorrentes da exploração das florestas com finalidade carvoeira. Acontece que a produção deste, normalmente, se destina apenas à obtenção do carvão comercial, sem a preocupação de se aproveitar os subprodutos.

De acordo com Alves (2006), 64% da moinha resultante da produção de carvão vegetal, não são aproveitadas na agricultura e são descartadas no ambiente (Figura 2A).

O fato positivo é que estão crescendo as atividades que visam o uso de resíduos de carvão vegetal, exemplo disso, é o fino de carvão vegetal sendo utilizado por empresas que tem desenvolvido briquetagem de carvão vegetal, por meio da compactação de fino de carvão vegetal, através da utilização de ligantes a base de amido. Assim, permite a obtenção de briquetes de elevado poder calorífico. Esse tipo de carvão a partir de briquetagem, não foi bem aceito no mercado nacional para uso de cocção de alimentos, mesmo sendo um material que atinge altas temperaturas. O positivo, é que esse material pode ser usado em fornalha industrial, que necessita de elevada combustão para os seus processos.

O Japão é um país que utiliza subprodutos de carvão vegetal há décadas, tanto o fino de carvão vegetal quanto o extrato de pirolenhoso, enquanto no

Brasil, se iniciaram recentemente alguns projetos para aperfeiçoar técnicas de aproveitamento destes resíduos. (ZANETTI et al., 2003).

Segundo Souza (2000), um dos motivos de poucas pesquisas é a falta de investimentos na tecnologia para utilizar subprodutos oriundos da carbonização, podendo-se notar, que a produção de carvão vegetal tem se revelado uma das atividades econômicas mais depredadoras de nossos recursos naturais. Utilizam-se tecnologias ultrapassadas, condições desumanas de vida e consome-se matéria prima florestal de forma inconsequente, sendo que, a pratica de reflorestamento para fins siderúrgicos e aproveitamento dos resíduos, é o início de uma cadeia produtiva e sustentável nas atividades carvoeiras.

### **2.3 Classificação do carvão vegetal por tamanho**

No Brasil, ainda não há normas para classificações de resíduos sólidos de origem pirogênica, ou seja, falta definição para a classificação de partículas de carvão ou biochar (ABNT, 2016). Cada autor apresenta o seu trabalho sem qualquer sistema de normas, seja nacional ou internacional. A não disponibilidade de normas e regulamento acerca do tamanho de partículas de carvão vegetal, dificulta apresentar trabalhos de forma mais objetiva. A variação da dose e tamanho de partículas de carvão vegetal está diretamente relacionada com as interações no solo.

Os resíduos sólidos gerados por carvoarias são extraídos do forno para a sua limpeza e são chamados, regionalmente, de moinha. A moinha é a mistura do granulado de carvão vegetal, composto por grânulos maiores que podem ser utilizados na composição do carvão comercial. O fino de carvão vegetal são as partículas de tamanho intermediário, separadas com peneiras em processo mecânico ou não. E o pó de carvão vegetal é o primeiro material a ser separado, são os grânulos mais finos, ricos em cinza (Figura 3).

**Figura 3.** A moinha separada em três frações, pó, fino e granulado de carvão vegetal, da esquerda para a direita, respectivamente.



A quebra do carvão vegetal, ou perda devida ao processo de produção, resulta na moinha de carvão vegetal. Esta perda pode alcançar até 10% no processo de produção, são aquelas partículas que ficam no forno após a retirada do carvão vegetal bruto (Figura 4).

**Figura 4.** Ilustração de um mesmo forno rabo quente, do qual foi removido o carvão vegetal comercial e restou a moinha: A) exterior do forno; B) interior do forno.

A



B



Mais de 20% de carvão vegetal são perdidos devido ao processo de seleção para obter-se o carvão vegetal comercial. Choques entre os grãos no manuseio para o transporte podem aumentar ainda mais esta perda.

Esta quebra de carvão vegetal que soma 30%, dá-se quando o processo de carbonização e volatilização ocorrerem com sucesso. Se o oxigênio não for controlado de forma rigorosa, essa quebra pode aumentar e a madeira que deveria se transformar em carvão vegetal, se transforma em cinza ou em moinha. Acontece também da madeira não ficar totalmente carbonizada e parte dela se transforma em carvão vegetal e a outra parte em tiço, nome coloquial da lenha que não foi totalmente carbonizada. (Figura 5).

**Figura 5.** Interior de um forno de alvenaria, com presença de madeira que não foi totalmente carbonizada.



Segundo Melo et al. (2005), o uso da moinha é vantajoso para o agricultor por ter seu preço de mercado inferior quando comparado ao carvão vegetal e outros fertilizantes. Sendo que, o ideal é a separação nas frações de pó, fino e granulado de carvão vegetal. Zanetti et al. (2003), dizem que o fino de carvão vegetal é o resíduo em partículas maiores, aquelas de até 8 mm, que pode ser visto como alternativa para melhorar as condições de crescimento de plantas na agricultura. O pó de carvão vegetal, quando misturado ao solo ou substrato, aumenta a porosidade, aeração e capacidade de retenção de água.

A adição de granulado de carvão vegetal é mais eficiente para aumento do pH do solo, e o carvão vegetal de maiores partículas, quando aplicado ao solo reage mais rapidamente, provavelmente por ter maior superfície de contato (TRYON, 1948). Avaliando os efeitos do pó de carvão vegetal no solo, Isobe et al. (1996), perceberam que o rendimento da batata doce foi maior, devido ao pó de carvão vegetal conter grande quantidade de potássio.

Os granulados de carvão vegetal descartados no processo de peneiramento para se obter o carvão comercial, podem ser aproveitados nos polos siderúrgicos, sendo que, a produção mineira de ferro gusa, utiliza-se de grande quantidade de carvão vegetal, correspondendo a cerca de 60% da produção nacional. Este seguimento industrial, utiliza-o como termo redutor; sendo assim, pode utilizar os grânulos maiores da moinha nesse processo, ou

seja, as partículas que foram rejeitadas na seleção do carvão comercial, devido à sua espessura não ser bem aceita no comércio para cocção de alimentos, podem ser misturadas, ou até mesmo, substituírem o carvão vegetal de maiores partículas, com a mesma eficiência em calor (ARRUDA, 2008).

#### **2.4 O carvão vegetal e o meio ambiente**

No processo de carbonização de carvão vegetal são liberados na atmosfera os materiais voláteis que, quando sofrem condensação, resultam no ácido pirolenhoso e alcatrão insolúvel. O ácido pirolenhoso, pode ser definido como uma solução aquosa de ácido acético, ácido fórmico, metanol e alcatrão solúvel, além de outros constituintes menores. Os gases que não são condensados consistem de compostos gasosos de carbono ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$ ) e nitrogênio (FERREIRA, 2008).

A temperatura de carbonização influencia na análise do carvão vegetal e perda de materiais voláteis, isso mostra que a composição depende da espécie vegetal que fornece a madeira e da idade da árvore. As madeiras mais densas produzem carvão vegetal mais pesado e, conseqüentemente, geram mais calor. Por sua vez, este tipo de madeira tem o período de cultivo mais longo do que as leves e porosas.

A tecnologia utilizada na produção de madeira para fins de obtenção de carvão vegetal cresceu muito nos últimos anos, principalmente a busca de clones de eucalipto, onde se permite um cultivo homogêneo de procedência. Segundo produtores e pesquisadores, a madeira de eucalipto é a mais indicada para a produção de carvão vegetal, devido a sua rusticidade, rápido crescimento, alto poder de sequestrar carbono e produzir árvores de troncos retos, uniformes e madeira com massa específica adequada para a se obter um carvão vegetal de qualidade (PINHEIRO et al., 2006).

Principalmente no Estado de Minas Gerais, cresceu significativamente o cultivo de eucalipto para ser utilizado na produção de carvão vegetal, entretanto, não diminuiu a devastação de floretas nativas, porque, embora tenham crescido as áreas de cultivos de madeira, isso não ocorreu na mesma proporção que o crescimento do consumo de carvão vegetal para o polo siderúrgico, mas com o



aumento da colheita do eucalipto, esse cenário vem diminuindo nos últimos anos (IBA, 2015).

Junto com a formação de pasto, a atividade de carvoaria no Brasil tem sido caracterizada como devastação de florestas nativas. O uso de mão de obra em condições precárias e a poluição do ar gerada pelos fornos de alvenaria, os quais emitem gases tóxicos quando não decantados, são extremamente criticáveis (Figura 6). Sendo que, o carvão vegetal para não causar danos ambientais e sociais, tem um alto custo de produção.

**Figura 6.** Exterior de fornos de alvenarias rabo quente, emitindo gases tóxicos.



Os produtores de carvão vegetal sentem os impactos no custo operacional devido as crescentes exigências trabalhistas, atrelados à mão de obra e em adquirir matéria prima de procedência, atendendo, ao mesmo tempo, aos apelos de uma produção mais limpa, com baixos índices de poluição. Exemplos disso são a utilização de filtro e trocador de calor para decantar os complexos gasosos que seriam lançados na atmosfera.

Para uma produção de qualidade sem degradação ambiental, deve-se fortalecer a busca por alternativas que atendam a todos estes requisitos de forma econômica. São necessários processos mais eficientes e maior fiscalização para extinguir os produtores ilegais que comercializam carvão vegetal abaixo do valor de mercado, assim prejudicando os produtores legais.

A busca da sustentabilidade para um crescimento econômico é a melhor opção para qualquer ciclo de produção. É necessário que se entenda, todo e qualquer aumento na produção de bens e serviços, seja de uma região ou uma nação, objetivando o aumento da renda per capita, causando o mínimo possível de impacto ambiental, mesmo que a atividade seja desenvolvida por longos períodos.

Para Almeida (2007), a concepção de desenvolvimento sustentável surgiu a partir da discussão internacional em torno do conceito de desenvolvimento de países emergentes com alta população, que objetiva o crescimento econômico a qualquer custo, colocando em risco a disponibilidade dos recursos naturais para as gerações futuras. O surgimento de mudanças climáticas nas últimas décadas, tem mostrado que até as nações emergentes estão buscando alternativas menos predatórias.

A possibilidade de obtenção de créditos de carbono por meio do reflorestamento de áreas degradadas tornou-se um incentivo para as siderurgias no país e no mundo. Metodologias de reflorestamentos são aprovadas pelo Relatório Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), nas quais os relatores afirmam que o carvão vegetal, quando produzido a partir de reflorestamento, o emprego da tecnologia e mão de obra adequadas, torna-se uma atividade que exerce efeito positivo quanto à emissão de gases de efeito estufa. Isso devido a madeiras como o eucalipto, que tem alto potencial de sequestrar carbono na formação de sua biomassa. Agora quando a energia é gerada a partir de matéria prima de origem mineral, torna-se uma atividade predatória com alta emissão de poluentes.

De acordo com Sister (2007), é possível potencializar o uso de mecanismo de desenvolvimento limpo, tal como o mecanismo que aumenta a parcela de energia ecologicamente correta, produzida de maneira sustentável. Assim, incentivando a utilização de fontes renováveis e diminuindo a emissão de gases que causam o efeito estufa na atmosfera (BRASIL, 1984). Essas metas podem ser alcançadas com a produção de carvão vegetal sustentável, aquele carvão vegetal produzido a partir de matéria prima de origem florestal de cultivo, produção com baixa emissão de carbono e com o aproveitamento de seus resíduos na agricultura.

Segundo Casselman (2007), como o carvão vegetal não se degrada rapidamente, sua estrutura pode se manter ativa por décadas, grande parte desse carbono pirogênico, não é liberado na atmosfera na forma de CO<sub>2</sub>, visto que este é o principal gás causador do efeito estufa. Portanto, o uso de carvão vegetal ao solo aumenta a produtividade agrícola através de sua capacidade de reter nutrientes e umidade, assim contribuindo para o meio ambiente através do sequestro de carbono e diminuição do efeito estufa.

A ocupação pela agricultura, em formar lavoura, pecuária e floresta, é uma prática bem aceita, que está sendo acompanhada de ações adequadas de prevenção e recuperação de áreas degradadas (IPCC, 2014), onde pode se produzir carne com menor impacto ambiental, grãos que garantem alimentação humana e madeira para produção de carvão vegetal. A recuperação de um ambiente degradado é um dos grandes desafios atuais da ciência, onde técnicas de sustentabilidade atreladas à agricultura com a utilização de resíduos de carvoaria é indispensável para a busca do desenvolvimento sustentável.

## **2.5 Terra preta de índio**

A terra preta de índio é uma unidade de solo de origem antrópica, existente na Amazônia, caracterizada por apresentar alta disponibilidade de Ca e P, elevados teores de matéria orgânica, com uma significativa atividade biológica quando comparados com os solos adjacentes, normalmente o pH é em torno de 5,2 a 6,4 (FALCÃO et al., 2001).

O nome terra preta de índio surgiu com a incidência de fragmentos de cerâmica e artefatos indígenas encontrados ao solo (KERN; COSTA, 1997).

Este solo é considerado acima da média, é muito fértil e desperta o interesse de pesquisadores mundiais. Os pesquisadores perceberam que este tipo de solo contém grandes quantidades de resíduos de carvão vegetal (MAJOR et al., 2005; TOPLIANTZ et al., 2005; DELUCA et al., 2006; GUNDALE; DELUCA, 2007; RONDON et al., 2007; STEINER et al., 2007; GASKIN et al., 2010).

Estudos com solos antropogênicos na Amazônia, verificaram que a produtividade destas terras é acima do normal, isso pode ser devido à presença de carbono pirogênico resultante de antigas adições desse material ao solo pelos

povos indígenas (LEHMANN et al., 2003). Esses perceberam que adicionar resto de queima de fogueira, restos de comida e ossos carbonizados, produziram melhores resultados ao plantar vegetais (KÄMPF et al., 2003).

Tanto o carvão vegetal como as terras pretas de índio, podem produzir importantes melhorias nas propriedades químicas e físicas do solo, exemplo disso, é elevação dos níveis de pH, Ca trocável, P extraível, CTC, e capacidade de agregação das partículas do solo (KÄMPF et al., 2003).

O componente mais presente nesse solo antropogênico na região amazônica é o carvão vegetal, que é originado de resíduos carbonizados de vegetais e animais (FALCÃO; BORGES, 2006). A comunidade microbiana do solo tem um papel importante na formação de terra preta e na sustentabilidade da fertilidade do solo, uma vez que esse material de origem pirogênica aumenta a biomassa microbiana do solo (STEINER et al., 2008).

A terra preta de índio é o solo preferido pela agricultura familiar, devido à sua capacidade de manter alta fertilidade após longo período de uso em plantios de milho, frutas e vegetais em geral (NAVARRETE et al., 2010). Os resíduos carbonizados são responsáveis pela manutenção da fertilidade da terra preta durante longo período de tempo (GLASER et al., 2001).

Um dos primeiros estudos que investigaram o uso de carvão vegetal para melhorar a qualidade do solo, partiu de Glaser et al. (2001), e defendem que as características químicas desses solos antropogênicos distróficos, originaram-se do carvão vegetal.

Apesar de sua origem distrófica, são férteis e produtivos, sem mesmo nenhuma utilização de fertilizantes corretivos, nem mesmo ao uso de calcário, isso, devido a fogos domésticos ocasionados por índios pré-históricos, o que resultou em altas quantidades de fragmentos de fino de carvão vegetal (LEHMANN et al., 2003).

## **2.6 Biochar ou Biocarvão**

Biochar é qualquer material de origem vegetal, submetido à carbonização com controle de oxigênio, pode ser utilizado em solo e também em diferentes composições de substratos. A serragem, areia, vermiculita, solo, casca de pinus, esterco bovino e outros orgânicos, são materiais utilizados na formulação de

substratos. Visto que, o carvão vegetal, passou a fazer parte deste grupo, recebendo denominação de biochar, especialmente, quando seu uso se destina a agricultura (LEHMANN; JOSEPH, 2009).

É fácil encontrar biochar na composição de substratos, exemplo disso é a casca de arroz carbonizada. Normalmente ele é utilizado nos mais variáveis tipos de mudas, como: hortaliças, frutíferas e até mudas nativas (ARAÚJO; PAIVA; SOBRINHO, 2011). Há poucos estudos sobre os efeitos da adição de biochar no solo e quais os benefícios e o que pode causar na produção de mudas.

Algumas nações com alto volume populacional e grandes centros urbanos, se preocupam com a sua segurança alimentar, principalmente quando se refere à perda de qualidade de vida, isto também se dá, com a forma com que os seus alimentos são produzidos. O aumento da demanda global por alimentos cultivados a partir de técnicas que minimizam o uso de produtos químicos, parte de uma agricultura alternativa. Sendo que a competição de mercado exige vegetais satisfatórios quanto a sua qualidade e padrão de mercado (FURLANI; PURQUERIO, 2010).

A utilização de biochar para produção de alimentos diminui o uso de insumos. Um bom exemplo foi o efeito na berinjela (*Solanum melongena L.*), onde aumentou consideravelmente as suas propriedades, valor nutricional, resistência a pragas, doenças e atendeu aos padrões de mercados (OLIVEIRA et al., 2009).

É comprovado que o biochar melhora a qualidade dos vegetais e existe uma preocupação na oferta constante do fornecimento do produto, para garantir ao produtor que o seu ciclo produtivo não vá ser interrompido por falta de matéria prima (COSTA et al., 2011).

Segundo Benites et al. (2009), além de ser um material de baixo custo nas propriedades agrícolas existe alta oferta de sobras de vegetais para serem transformados em biochar. De acordo com Liang et al. (2006), o biochar de origem vegetal reduz custos de produção na agricultura, sendo excelente alternativa de produção, de qualidade a baixo custo. Por aumentar a capacidade de troca de cátions (LIANG et al., 2006), melhora o equilíbrio nutritivo e, conseqüentemente, reduz o uso de fertilizantes químicos (GASKIN et al., 2010).

É importante caracterizar os materiais utilizados para produção de biochar, pois suas características físicas e nutritivas dependem de como este foi

produzido (MOREIRA et al., 2010). Quando aplicado ao solo, atua como condicionador de solo e apresenta uma estrutura com alta porosidade e elevada área de superfícies específicas, onde as condições favoráveis para absorção de compostos orgânicos solúveis podem contribuir com a disponibilidade de nutrientes e areação do solo (LEHMANN et al., 2003). Também pode ser um componente para mistura na fórmula de substratos, melhorando o vigor das plantas e, conseqüentemente, se produzem mudas de melhor qualidade.

Os materiais resultantes de pirólise da madeira apresentam características positivas para a capacidade de retenção de água, devido à sua natureza porosa em uma relativa estabilidade da matéria orgânica do solo, cuja estrutura aromática confere atividade química à sua superfície (BENITES et al., 2005). Quando ocorre a oxidação parcial das bordas das estruturas aromáticas do biochar, novos sítios ativos vão surgindo e, conseqüentemente, aumentando ligações eletroquímicas (PETTER; MADARI, 2012).

O biochar já é utilizado em grandes áreas de cultivo, mostrando aumento significativo de grãos na colheita de arroz, no Leste do Mato Grosso (PETTER et al., 2012). A adição de resíduos vegetais carbonizados a substratos melhora o desempenho nutricional das plantas. Este material ativa os complexos do solo, aumentando a disponibilidade de carbono (LIANG et al., 2006; BENITES et al., 2009).

Por apresentar elevada estabilidade, o biochar tem a capacidade de aumentar a germinação e o crescimento vegetativo (MADARI et al., 2009).

É de fácil percepção que este proporciona inúmeros benefícios ao solo e vegetais. Entretanto são necessários novos estudos sobre o assunto, para dar mais respaldo da literatura aos agricultores.

## **2.7 A cultura da Cenoura**

A cenoura (*Daucus carota L.*) é uma dicotiledônea pertencente à ordem *Apiales* e a família *Apiaceae*. Normalmente é uma raiz pivotante, lisa, carnuda e sem grandes ramificações, com formato cilíndrico ou cônico e cor alaranjada. Existem cenouras de outras cores e formatos geométricos, mas as cenouras com as características citadas são de preferência comercial no mercado brasileiro (VIEIRA et al., 1997).

É um vegetal altamente nutritivo, com grande quantidade de vitamina A, é importante ser consumida por crianças e idosos por possuir nutrientes importantes para visão e, assim, prevenir cegueira e xerofthalmia. É rica em betacaroteno e vitaminas, como: B1, B2, sais minerais e possui fibras importantes para o bom funcionamento do intestino (GALLAGHER, 2005; FILGUEIRA, 2008).

Tem importância significativa na economia brasileira, a área plantada no Brasil é de cerca de 24,5 mil hectares com produção de 760 mil toneladas de raízes (Santos, 2015). Excelente instrumento na geração de emprego e renda, a sua cadeia produtiva permite obter raízes bem desenvolvidas nas quatro estações do ano (VILELA; BORGES, 2008).

A agricultura familiar exerce importância fundamental na sua produção. Exemplo disso é a região do vale do São Francisco, que dispõe de clima adequado, mão de obra de agricultura familiar e condições de logísticas favoráveis (DE RESENDE; BRAGA, 2014).

O aprimoramento de técnicas de cultivo é fundamental para se alcançar menores custos de produção. Um bom exemplo é a seleção da semente pelo agricultor. Visto que as sementes de cenoura têm indicativos físicos que definem a sua qualidade fisiológica; onde o potencial de germinação de embriões saudáveis é encontrado nas sementes de maior tamanho, que por sua vez, apresentam maior poder germinativo quando comparado com as sementes de menor tamanho (LIMA, 2009).

É um vegetal exigente em solos férteis e porosos. Apesar do Brasil ser um país tropical e abundante em recursos hídricos, tem limitado tipos de solos que produzem cenoura de qualidade. O aproveitamento da área produtiva do Brasil é semelhante à produção mundial, a produção média brasileira é de 29,5 t ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2015), enquanto a média mundial é de 30,8 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2015).

Mesmo o Brasil estando na média produtiva mundial, é importante elevar o número de pesquisas para obterem-se maiores produções. Outra dificuldade de produção é quanto à temperatura. Mesmo as cultivares de verão, não suportam altas temperaturas, onde o desenvolvimento da raiz e o seu ciclo vegetativo são prejudicados por calor intenso (VIEIRA; PESSOA, 2008).

Estudos em cultivares para analisar cenouras, com base no clima adequado, época do ano, produtividade, precocidade, resistência a pragas e

doenças: padrões de mercado, como: cor, tamanho, teor de açúcar, proteína e de vitaminas, são realizados para assim disponibilizar as melhores cultivares para os produtores (LUZ et al., 2009). Estas são bem diferenciadas uma das outras; tem características próprias e bem definidas, quanto ao formato da raiz, clima, resistência a doenças e época de plantio (DE RESENDE; BRAGA, 2014). Isso prova que o emprego de tecnologia, pesquisas e uso de materiais alternativos como fino de carvão vegetal são essenciais para o crescimento da produção deste vegetal significativo na geração de receita e considerável exigência de mercado.

### 3 MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido no Sítio Osmarinho, no assentamento reage Brasil, localizado na cidade Bebedouro - SP (20° 53'20.0436''S, 48° 27'39.8088''W, altitude 597 metros). Segundo a classificação de Köppen, o clima é Cwa, tropical chuvoso, com inverno seco e temperatura média superior a 18°C. Conduzido em casa de vegetal, o período de desenvolvimento foi de 26 de janeiro a 12 de maio de 2017, em ambiente protegido. O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2013), com características descritas na Tabela 1A. E o fino de carvão vegetal utilizado foi de *Eucalyptus citriodora*, com as características descritas na Tabela 1B.

**Tabela 1.** Atributos físicos e químicos do solo (A) e do extrato 2:1 do fino de carvão vegetal (B).

A																	
P (resina)	MO	pH	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Densidade	Areia	Silte	Argila
mg dm <sup>-3</sup>	g/dm <sup>-3</sup>			mmolc	dm <sup>-3</sup>			%		g/dm <sup>-3</sup>				(g)	g/kg		
5,1	19	5,7	3,4	3,6	1,3	21	52	71	0,32	4,2	11	24	1,6	313,6	193	237	570

B																	
Granulometria (mm)	Condutividade elétrica MS/c	pH	Características químicas e físicas												Densidade (g)		
			mg/L												Dose % (v/v)		
			N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	25 Carvão	50 Carvão	75 carvão		
1 a 2	543	6,68	0,5	29	4,16	1,28	1,84	126	0,00	0,30	0,00	0,02	253,2	201,8	128,6		
2 a 4	546	6,78	0,5	32	3,46	1,34	2,12	141	0,00	1,86	0,00	0,00	259,5	225,7	180,4		
4 a 8	429	6,68	0,5	24	3,29	1,22	1,88	107	0,02	1,84	0,00	0,00	263,9	223,6	167,8		
8 a 16	328	6,60	0,5	19	2,04	0,98	1,4	88	0,00	2,26	0,00	0,00	258,8	228,3	126,5		
16 a 32	192	6,64	0,5	3	1,18	0,92	0,6	78	0,00	0,84	0,00	0,00	164,2	163,2	178,5		



Composto por 16 tratamentos no esquema fatorial 5 (granulometrias) x 3 (doses de fino de carvão vegetal) + 1 controle (solo sem fino de carvão vegetal), com 4 repetições perfazendo um total de 64 unidades experimentais. As unidades experimentais foram compostas por vasos de material plástico com capacidade para 8 litros, as quais foram dispostas num delineamento inteiramente ao acaso.

As granulometrias utilizadas corresponderam às frações de 1 a 2 mm, 2 a 4 mm, 4 a 8 mm, 8 a 16 mm e 16 a 32 mm, referenciadas no texto como G1, G2, G3, G4 e G5, respectivamente (Figura 7). Os materiais foram misturados manualmente em tombos de um vaso a outro, e assim obtiveram-se as misturas de 25% (v/v), 50% (v/v) e 75% (v/v), de carvão vegetal em relação ao solo.

**Figura 7.** Granulometrias de carvão, de 1 a 2 mm, 2 a 4 mm, 4 a 8 mm, 8 a 16 mm e 16 a 32 mm, respectivamente a figura.



Para a determinação da capacidade de retenção de água, durante dois dias foi adicionado ao conteúdo dos vasos, água, até que se observou início de pingamento pelos orifícios inferiores. Depois de uma hora, a água retida nos vasos foi determinada por pesagem. Antes da semeadura foi retirada uma camada de 5 cm de substrato dos vasos, para ser feita a adubação de cobertura, em seguida, retornou-se a camada aos vasos e foi realizada a semeadura. Tanto para a adubação de plantio como para a de cobertura, foram considerados os resultados da análise do solo e seguidas as indicações de Raij et al. (1996). Os adubos usados foram  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  e KCl.

Em seguida, foi realizada a semeadura da cenoura 'Híbrido Mariana', colocando-se duas sementes por cova de 3 cm de profundidade, separadas 10 cm uma cova da outra, o que possibilitou-se semear 4 covas por vaso. A partir de então, foi conduzido o experimento realizando-se regas diárias.

Após 40 dias da semeadura foi feito um desbaste, deixando apenas uma planta por cova e quatro covas por vaso. A emergência foi considerada aos 15 dias após semeadura (DAS), quando 90% das plantas tinham emergido do solo. Aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após emergência (DAE), foram realizadas as medidas de altura das plantas.

Completados 90 DAE, foi realizada a avaliação final das plantas. Para isso, foi realizada a remoção da parte aérea, cortando-a rente à inserção das raízes.

A parte aérea foi acondicionada em sacos de papel identificado. As raízes foram medidas quanto ao tamanho, maior diâmetro e peso fresco. A seguir, tanto as amostras da parte aérea como raízes foram secas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65 – 70 °C até peso constante e, posteriormente, foi determinada a matéria seca por meio de pesagem.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e procedeu-se a análise de regressão polinomial quando o teste F foi significativo. Para fins de análise estatística, foi considerado o valor inicial da fração das partículas em cada granulometria estudada, ou seja: 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm e 16 mm, respectivamente, para as granulometrias 1-2 mm, 2-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm e 16-32 mm. Para os cálculos estatísticos, utilizou-se o programa Agroestat (BARBOSA; MALDONADO JUNIOR, 2011).

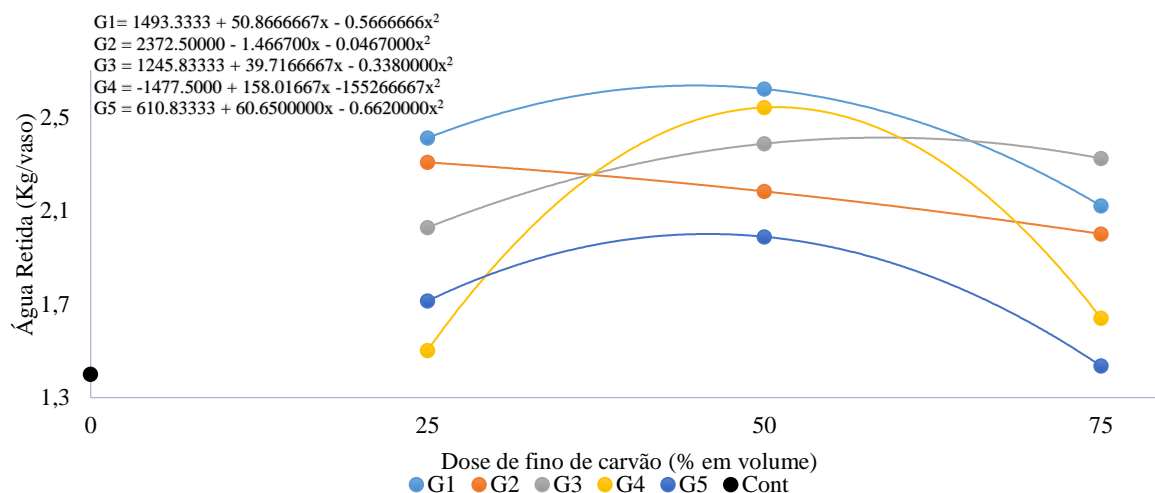
#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados da análise de variância para os dados de retenção de água indicaram que houve interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre granulometrias e doses (Figura 8). Analisando-se os resultados, observou-se que a dose de 50% (v/v) apresentou a melhor performance, tendo ponto de máxima na absorção de água com a concentração de 44,8% (v/v) para a granulometria G1. O pior resultado foi detectado para a dose de 45,8% (v/v) na granulometria G5.

Os demais tratamentos apresentaram comportamento intermediário, mas sempre com ponto de máximo em torno da dose de 50% (v/v), exceto para o G2 que apresentou diminuição contínua da absorção de água com o aumento da dose.

É interessante destacar que o tratamento controle (solo 57% de argila) apresentou menor valor que os demais tratamentos, indicando que a adição de fino de carvão vegetal proporcionou melhora na retenção de água no solo (Figura 8).

**Figura 8.** Efeito de interação dose x granulometria de fino de carvão vegetal sobre a retenção de água de um Latossolo Vermelho. Legenda (granulometrias) (G1 de 1 a 2 mm, G2 de 2 a 4 mm, G3 de 4 a 8 mm, G4 de 8 a 16 mm, G5 de 16 a 32 mm e Cont. (Controle)).



Os fragmentos de carvão vegetal contribuem para maior absorção de água, principalmente, em função das superfícies reativas nas bordas das estruturas aromáticas de seus poros, confirmando que o carvão vegetal aumenta a capacidade de retenção de água em substratos e solos (ZANETTI et al., 2003; DOMINGUES et al., 2014).

Os resultados das análises de variâncias dos dados obtidos para crescimento da parte aérea aos 30, 45, 60, 75, e 90 dias após emergência (DAE), estão apresentados na Tabela 2, onde pode ser verificado que houve efeito significativo ( $P < 0,01$ ) de doses e de granulometrias, sendo que a interação não significativa ( $P > 0,05$ ) revelou que os efeitos são independentes.

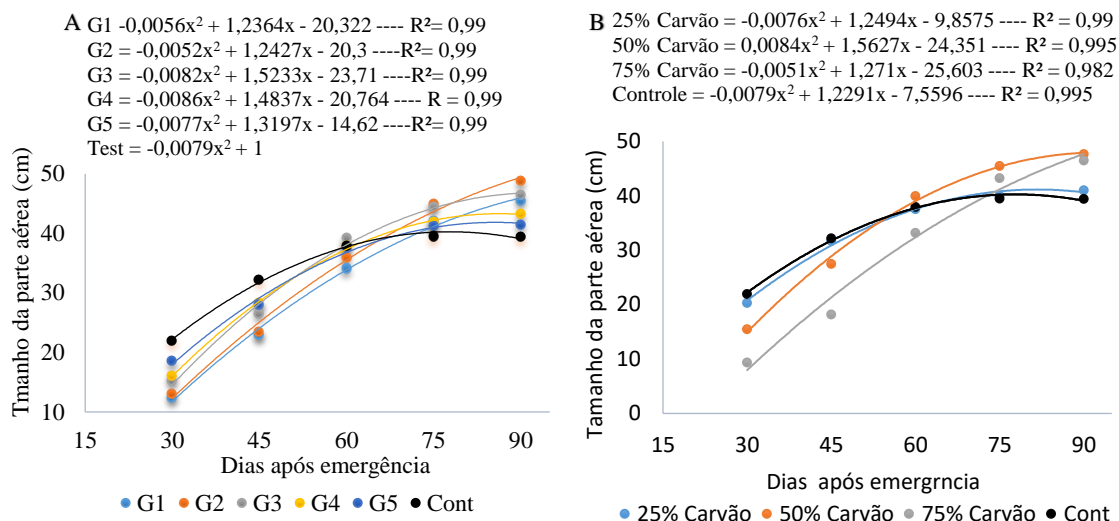
**Tabela 2.** Resultados da análise de variância (Teste F) para crescimento da parte aérea das plantas aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após emergência.

Causas de Variações	Grau de Liberdade	Dias após emergência				
		30	45	60	75	90
Granulometria	4	8,40**	4,19**	3,62**	3,55**	10,89**
Dose	2	68,83**	52,85**	18,37**	16,02**	28,74**
Interação	8	1,48 ns	1,08 ns	1,47 ns	1,54 ns	1,87 ns
Fatorial	14	13,08**	9,36**	4,50**	4,18**	8,29**
Teste X Fatorial	1	10,96**	2,98 ns	3,37 ns	11,62**	21,44**
Tratamento	15	12,94**	8,94**	4,43**	4,68**	9,16**
Resíduos	80	-----	-----	-----	-----	-----
Total	95	-----	-----	-----	-----	-----
CV (%)	-----	23,50	20,07	11,94	8,82	8,11

Significância do teste F: \*\* = (P<0,01); \* = (P<0,05); ns = (P>0,05).

As plantas do tratamento controle apresentaram melhor crescimento que os demais tratamentos na avaliação feita aos 30 e 45 DAE, mas esse comportamento foi modificando ao longo do tempo, chegando aos 70 DAE com a menor média de altura (Figura 9). Nesta última avaliação, a granulometria G2 foi a que apresentou melhor performance, enquanto as demais granulometrias apresentaram valores intermediários (Figura 9A). Para efeito de dose, observou-se que o tratamento controle e a dose de 25% (v/v) apresentaram comportamentos semelhantes. Por outro lado, os tratamentos de 50 e 75% (v/v) não promoveram bom desempenho das plantas na fase inicial, mas foram os que apresentaram os melhores desenvolvimentos das plantas na fase final (90 DAE) (Figura 9B).

**Figura 9.** Efeito da interação com granulometria (G) X controle (Cont) (A) e Dose (Cv) X Controle (Cont) (B), para crescimentos da parte aérea aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após emergência (DAE) nas granulometrias (G1 de 1 a 2 mm, G2 de 2 a 4 mm, G3 de 4 a 8 mm, G4 de 8 a 16 mm, G5 de 16 a 32 mm) e Doses (25% de carvão vegetal, 50% de carvão vegetal, 75% de carvão vegetal) e Cont (controle).



É interessante notar-se a perda de eficiência do tratamento controle com o decorrer do tempo, quando comparada com todos os tratamentos contendo carvão vegetal. O que pode explicar esse resultado é o fato de que o carvão vegetal melhora a interação com solo no decorrer do tempo, como sugerido por Souchie et al. (2011). Outra justificativa, não excludente, seria uma possível diferença nas exigências da cenoura em cada fase do cultivo, com fase inicial com necessidade de ambiente semelhante à encontrada no tratamento controle e, com o passar do tempo, se desenvolve melhor em ambiente do solo com carvão vegetal.

O crescimento da parte aérea evidenciado na Figura 9B, foi observado também por Zanetti et al. (2003), em estudo com mudas de limão, os autores observaram ganho em altura das plantas, quando acrescentaram carvão vegetal na composição do substrato. Outro estudo que aponta o carvão vegetal na melhora do desenvolvimento da parte aérea é o realizado por Mendonça et al. (2003), onde o carvão vegetal melhorou a produção de massa fresca e seca da parte aérea, em mudas de mamão na mescla de esterco bovino, carvão vegetal, solo e areia.

Os resultados das análises de variância dos dados obtidos na avaliação das plantas colhidas aos 90 DAE estão apresentados na Tabela 3. Tais resultados revelam que para TR (tamanho da raiz) e ER (espessura da raiz), obteve-se apenas efeito independente das doses.

**Tabela 3.** Resultados da análise de variância (Teste F) para tamanho de raiz (TR), espessura de raiz (ER), peso fresco da parte aérea (PFPA), peso fresco da raiz (PFR), peso seco da parte aérea (PSPA) e peso seco da raiz (PSR).

		TR	ER	PFPA	PFR	PSPA	PSR
Causas de Variações	Grau de Liberdade	Variação em Teste f para análise de colheita					
Granulometria	4	1,20 ns	1,67 ns	34,04**	7,03**	19,37**	4,99**
Dose	2	3,40*	31,31**	68,03**	38,79**	45,43**	43,38**
Interação	8	2,09 ns	1,64 ns	8,41**	2,87**	5,85**	2,47*
Fatorial	1	2,02*	5,89**	24,25**	9,19**	15,37**	9,03**
Teste X Fatorial	14	11,52**	0,01ns	50,09**	1,06 ns	24,18**	0,00 ns
Tratamento	15	2,66**	5,50**	25,97**	8,65**	15,95**	8,43**
Resíduos	48	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	63	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CV (%)	-----	9,865	8,063	14,469	15,723	19,571	16,371

Significância do teste F: \*\* = (P<0,01); \* = (P<0,05); ns = (P>0,05)

Considerando o efeito independente da dose, foi determinado o efeito médio desse fator. Tanto para TR como para ER, obteve-se um efeito quadrático, com os pontos de máximo em 44,5% (v/v) e 45,6% (v/v), respectivamente, para o TR e ER (Figura 10A e 10B).

Para TR, o tratamento controle induziu melhor resultado que os demais tratamentos estudados (Figura 3A), enquanto para ER, os tratamentos contendo fino de carvão vegetal foram semelhantes ao das plantas do tratamento controle (Figura 10B).

Com exceção do TR e ER, observou-se interação significativa (P<0.05) de dose x granulometria nos demais resultados de colheita, cujos dados podem ser constatados na Tabela 3 e na Figuras 10.

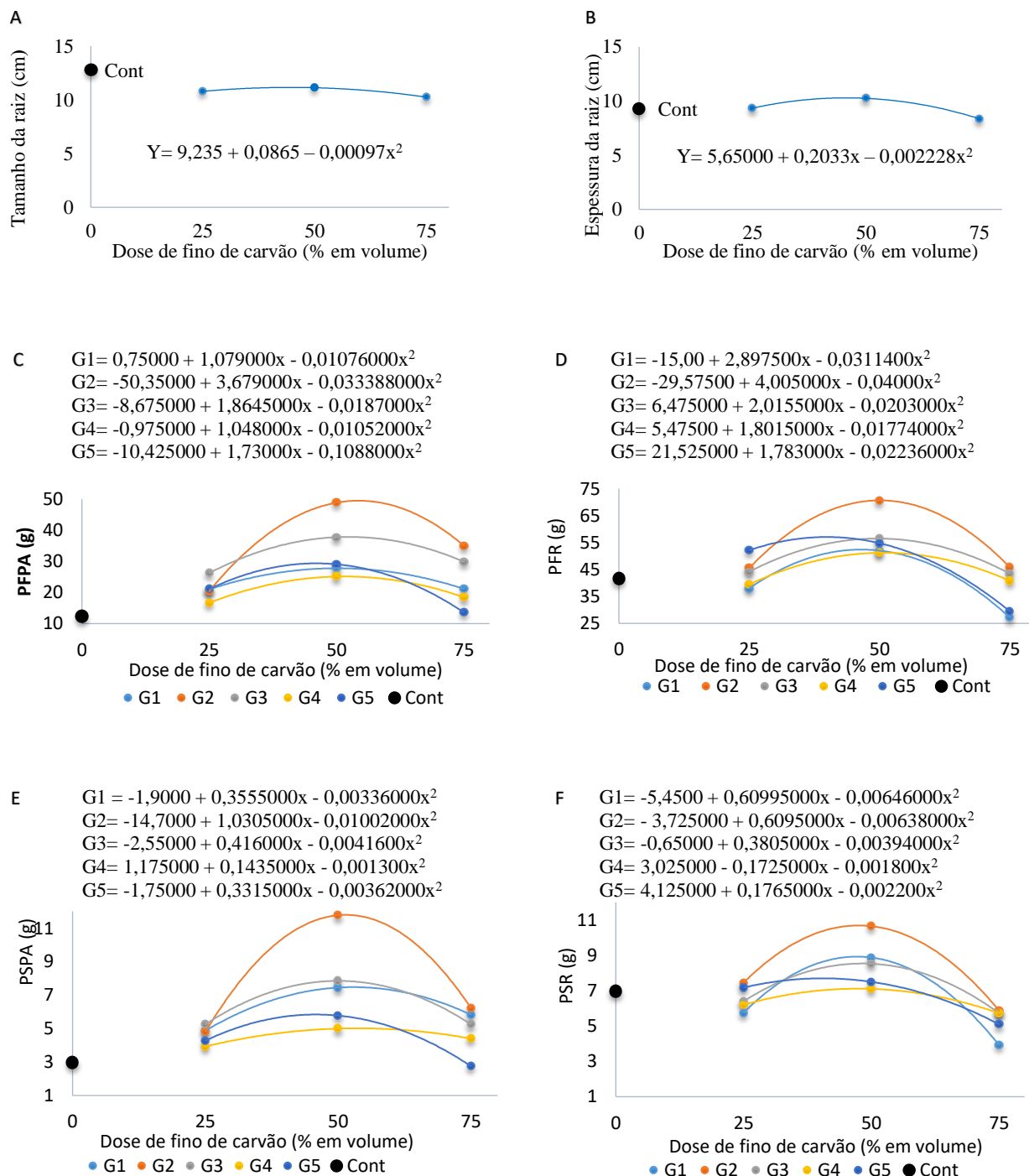
Quanto aos dados referentes às doses, para peso fresco da parte aérea (PFPA), peso fresco da raiz (PFR), peso seco da parte aérea (PSPA) e peso

seco da raiz (PSR), os valores do ponto de máximo ocorreram em 54,2% (v/v), 50,06% (v/v), 51,5% (v/v) e 47,5% (v/v), respectivamente. Isto implica que as doses ao redor de 50% (v/v) de fino de carvão vegetal são as que melhor respondem quando utilizado em solo argiloso, como o utilizado neste ensaio (Figura 10).

É notório que a granulometria de melhor resultado foi de 2 a 4 mm (G2) (Figuras 10), respondendo positivamente tanto nas variáveis de colheita (Figuras 10), como para o crescimento da parte aérea (Figuras 9A). Ou seja, com exceção da retenção de água, em que a granulometria G2 promoveu resultado intermediário (Figura 8), G2 sempre apresentou a melhor resposta das cenouras. Este resultado vem confirmar os dados de Miyasaka et al. (2001), que recomendam subprodutos sólidos do carvão vegetal em forma de pó e na granulometria de 2 a 5 mm, bem como Zanetti et al. (2003) também defenderam que os melhores resultados para uso de carvão vegetal, são obtidos com granulometrias menores que 8 mm.

As doses de 25% (v/v) e 75% (v/v) de fino de carvão vegetal não produziram resultados quando comparadas com a dose de 50% (v/v), mas produziram resultados semelhantes ao do tratamento controle (Tabela 3 e Figura 10D, 10F).

**Figura 10.** Efeito de doses x granulometrias de carvão vegetal sobre: A) tamanho da raiz (TR); B) espessura da raiz (ER); C) peso fresco da parte aérea (PFPA); D) peso fresco da raiz (PFR); E) peso seco da parte aérea (PSPA); F) peso seco da raiz (PSR), e tratamento controle. Legenda (G1 de 1 a 2 mm, G2 de 2 a 4 mm, G3 de 4 a 8 mm, G4 de 8 a 16 mm e G5 de 16 a 32 mm).





Nos resultados das análises químicas do fino de carvão vegetal pode-se observar que a granulometria G2 apresentou maior resultado em condutividade elétrica, pH, P, Ca, Mg, S e Mn. (Tabela 1B). Esta disposição de nutrientes reforça a teoria de que a granulometria G2 responde melhor na cenoura, pois, estimulou positivamente tanto na parte área como na raiz. Apesar de serem escassos relatos na literatura para efeito das granulometrias, neste trabalho foi demonstrado que a adição de fino de carvão vegetal (2 a 4 mm) no solo, eleva a produtividade da planta (Figuras 9A e 10). Um bom exemplo é que ao analisar os teores de N, P, K, Ca e Mg nas plantas, Freitas (2013) observou que esses nutrientes aumentaram, conforme se elevou a dose de carvão vegetal. Do mesmo modo, Morales (2010) relatou que o carvão vegetal aumenta a fertilidade do solo, sendo fonte disponível de P, Ca, K, Mg, Mn, Zn e B. Além de liberar nutrientes, também equilibra as cargas iônicas (MAJOR et al., 2010).

Houve uma diminuição de densidade da mistura a medida que aumentou a dose de fino de carvão vegetal (Tabela 1B), sendo que o solo puro apresentou a maior densidade (Tabela 1A e B).

Ao mesmo tempo em que o carvão vegetal possibilita alojar microrganismos em sua estrutura porosa, aumenta a atividade microbiana responsável pela nitrificação líquida no solo (DELUCA et al., 2006). Os baixos valores de retenção de água no tratamento controle (Figura 8) e alta densidade do solo argiloso (Tabela 1A) pode ter limitado a produção no final do ciclo da cenoura (Figura 9A e B). Isso deve justificar o fato do tratamento controle ter apresentado melhor resultado que alguns tratamentos com fino de carvão vegetal para desempenho inicial das plantas, mas quando comparado com o tratamento G2 com dose de (50%) (v/v), apresentou menor produção de cenoura (Figuras 9).

Outro aspecto interessante a ser mencionado é que Petter e Madari (2012) observaram que tratamentos com doses acima de 30% (v/v) de carvão vegetal na mistura com substrato comercial passou a prejudicar o desenvolvimento do *Eucalyptus citriodora* e que dose de (60%) (v/v) de carvão vegetal pode ter provocado deficiência induzida de nitrogênio, provavelmente devido à alta relação C/N que tinha no substrato estudado. Porém, no presente trabalho, observou-se que a dose de 50% (v/v) foi a que melhor apresentou resultados (Figuras 8, 9 e 10). A discrepância dos resultados

pode ser devida ao fato de que no presente trabalho foi utilizado somente solo argiloso, enquanto no trabalho de Petter et al. (2012) foram utilizados outros componentes na mistura como substrato, esterco ou areia. Neste estudo, tendo apenas solo argiloso, foi preciso uma dose maior de carvão vegetal (50%) (v/v), para proporcionar melhores resultados e, assim, uma melhor resposta da cenoura.

Outro resultado positivo para dose de (50%) (v/v) foi observado por Souchie et al. (2011), em composto de mistura 3:1 de Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa e areia lavada com doses crescentes de carvão vegetal no desenvolvimento do carvoeiro (*Tachigali vulgaris*). O mesmo notou que as doses de (50%) (v/v) reduziram a senescência de folhas das mudas durante a estação de seca, teve melhor desenvolvimento em altura média, diâmetro do coleto, massa seca da raiz e parte aérea.

De forma geral, parece que existem muitas variáveis envolvidas na qualidade do carvão vegetal usado na agricultura. A temperatura da carbonização, perda de complexos voláteis (PETTER, 2010) e origem da madeira (SANTOS et al., 2013), entre outros fatores, parecem determinar a qualidade do substrato e a resposta das plantas quando esse material é misturado no solo. Sendo assim, reforça-se que nem todos os materiais de origem pirogênica são iguais ou respondem igualmente nos vegetais, o que deve justificar as diferenças de resultados obtidos entre distintas pesquisas, muitas vezes até respostas contrastantes. Considerando tantas variáveis envolvidas, motiva-se para maior ênfase a novos estudos referentes ao carvão vegetal, para que se possa prever melhor os resultados que seriam alcançados em cada situação específica.

## **5 CONCLUSÕES**

A dose de (50%) (v/v) foi a que melhor respondeu para retenção de água, tamanho da raiz, espessura da raiz, peso fresco da parte aérea; peso fresco da raiz; peso seco da parte aérea; peso seco da raiz.

A granulometria de 2 a 4 mm foi a que melhor apresentou resultado para peso fresco da parte aérea; peso fresco da raiz; peso seco da parte aérea; peso seco da raiz.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos sólidos-classificação: NBR 10004**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ALMEIDA, F. **Os desafios da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

ALVES, M. **Impacto da Utilização de Feno de Carvão e Extrato de Pirolenhoso na Agricultura**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UNESP, Jaboticabal. 2006. 52 p.

ARAÚJO, A. P.; PAIVA SOBRINHO, S. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (VELL.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.581-588, 2011.

ARRUDA, E. L. de. **Avaliação do potencial energético e ativação de carvões de acácia (*Acácia mangium Wild*)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenheiro Florestal) - Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008. 34 p.

DE MELO BENITES, V., DE SÁ MENDONÇA, E., SCHAEFER, C. E. G., NOVOTNY, E. H., REIS, E. L., & Ker, J. C. **Properties of black soil humic acids from high altitude rock complexes in Brazil**. *Geoderma*, v.127, n. 1, p. 104-113, 2005.

BARBOSA, J.C., MALDONADO JR., W. *AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos*. Versão 1.1.0.695. CD-ROM. 2011.

BENITES, V. M.; TEIXEIRA, W. G.; REZENDE, M. E.; PIMENTA, A. S. **Utilização de carvão e subprodutos da carbonização vegetal na agricultura: aprendendo com as Terras Pretas de Índio**, 2009. p. 285-296.

BRASIL – BEN: Balanço energético nacional 2016 ano base 2015. **Empresa de Pesquisa Energética**. Brasília; 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Proposta de utilização energética de florestas a resíduos agrícolas**. Brasília, v.4, p. 1-6, 2008.

CASSELMAN, A. Special Report: Inspired by Ancient Amazonians, a Plan to Convert Trash into Environmental Treasure. **Scientific American**, New York, v. 2, p. 67, 2007.

CHIDUMAYO, E.N. Effects of wood carbonization on soil and initial development of seedlings in miombo woodland Zambia. **Forest Ecology and Management**. Zambia, v. 70 n. 353-357, 1994.

COELHO, S. T. Carvão Vegetal. **Aspectos Técnicos, Sociais, Ambientais e Econômicos**. Nota Técnica. São Paulo. 2008. 48 p. Disponível em: <[http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/notatecnica\\_x.pdf](http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/notatecnica_x.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2017.

COSTA, E.; DURANTE, L. G. Y.; NAGEL, P. L.; FERREIRA, C. R.; SANTOS, A. Qualidade de mudas de berinjela submetida a diferentes métodos de produção. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza. v. 42, n. 4, p. 1017-1025, 2011.

CUNHA, T. J. F., MADARI, B. E., BENITES, V. D. M., CANELLAS, L. P., NOVOTNY, E. H., MOUTTA, R. D. O., ... & SANTOS, G. D. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n.1, p. 91-98, 2007.

DE RESENDE, G. M.; BRAGA, MARCOS B. Produtividade de cultivares e populações de cenoura em sistema orgânico de cultivo. **Horticultura Brasileira**. v. 32, p 102-106, 2014.

DELUCA, T. H., MACKENZIE, M. D., GUNDALE, M. J., & HOLBEN, W. E. Wildfire-produced charcoal directly influences nitrogen cycling in ponderosa pine forests. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 2, p. 448-453., 2006.

DOMINGUES, M. T., BUENO, C. D. C., FRACETO, L. F., LOYOLA-LICEA, J. C., & ROSA, A. H. Short-term effect of alginate-biochar microbeads in corn germination. **International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering (IPCBE)**, 2014. v. 77, p. 31-34.

EMBRAPA. Hortaliças. **Situação das Safras de Hortaliças no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

EMBRAPA. Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 2013.

FALCÃO, N. P. S.; CARVALHO, E. J. M.; COMERFORD, N. Avaliação da fertilidade de solos antropogênicos da Amazônia Central. **In:** Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira, XI. Grupo de trabalho: Terras Pretas Arqueológicas na Amazônia: Estado da Arte. Rio de Janeiro. 2001.

FALCÃO, N.P.S.; BORGES, L. Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia Central no estado nutricional e na produtividade do mamão havaí (*Carica papaya* L.). **Acta Amazonica**, Manaus, v.36, n.4, p.401-406, 2006.  
FAO. **Agricultural production, primary crops**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em 8 ago. 2017.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, n. 2, p.36-41, 2008.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Editora UFV, 3 ed., 2008. 421p.

FREITAS, A. F., CARDOSO, I. M., de SOUZA, L. A. G., & de PAIVA, H. N. Carvão vegetal em substrato para produção de mudas de *Dipteryx odorata*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 3, 2015.

FREITAS, A.F. **Adição de carvão vegetal no substrato para formação de mudas de leguminosas arbóreas**. Manaus. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 2013. 106p.

FURLANI, P. R.; PURQUERIO, L. F. V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. **In:** PRADO, R. M.; CECILIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. (Ed.). Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças. Jaboticabal: FCAV/FAPESP/CAPES/F FUNDUNESP, 2010. p. 45-62.

GALLAGHER, M. Vitaminas. **In:** MAHAN LK; ESCOTT-STUMP S. (eds) Krause, alimentos, nutrição & dietoterapia. 11 ed. 2005. São Paulo: Roca, p. 72-114.

GASKIN, J. W.; SPEIR, R. A.; HARRIS, K.; DAS, K. C.; LEE, R. D.; MORRIS, L. A.; FISHER, D. S. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 2, p. 623-633, 2010.

GLASER, B., HAUMAIER, L., GUGGENBERGER, G., & ZECH, W. The Terra Preta phenomenon a model for sustainable agriculture in the humid tropics. **Naturwissenschaften**, Berlin v.88, n.1, p.37-41, 2001.

GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal. **Biology and Fertility of Soils**, Bayreuth v. 35, n. 4, p. 219-230, 2002.

GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento**. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade São Paulo, São Paulo, 2006. 132p.

GUNDALE, M. J.; DELUCA, T. H. Charcoal effects on soil solution chemistry and growth of *Koeleria macrantha* in the ponderosa pine/Douglas-fir ecosystem. **Biology and Fertility of Soils**, v. 43, n. 3, p. 303-311, 2007.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBA), 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/J1lhs1>>. Acesso em 12 set. 2017.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change**. 2014.

ISHIMURA, I.; YAMAMOTO, S. M.; SANTOS, C. dos; OLIVEIRA, M. A. De. **Serviço Nacional de Aprendizagem Rural: Programa Olericultura Orgânica : compostagem**. SENAR, São Paulo, 2009. 55p.

ISOBE, K.; FUJII, H.; TSUBOKI, Y. Effect of charcoal on the yield of sweet potato. **Japanese Journal of Crop Science**. Tokyo, v.65, n.3, p. 453-459, 1996.

KÄMPF, N. et al. Classification of Amazonian Dark Earths in the Brazilian Amazon. In: LEHMANN, J. et al. (Eds.). *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*. Dordrecht: Kluwer, 2003. p.77-102.

KERN, D.C.; COSTA, M.L. Composição química de solos antropogênicos desenvolvidos em Latossolo Amarelo derivados de lateritos. **Geociências**, 1997,16(1): 141-156.

KETTERINGS, Q. M.; BIGHAM, J. M. Soil color as an indicator of slash-and-burn fire severity and soil fertility in Sumatra. **Soil Sci Soc Am J**, Indonesia, 64:1826–1833, 2000.

LEHMANN, J., DA SILVA, J. P., STEINER, C., NEHLS, T., ZECH, W., & GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, Netherland, v. 249, n. 3, p. 343-357, 2003.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for Enviromental Management: An Introduction. **In:** Lehmann, J., Joseph, S. (ed). **Biochar for Enviromental Management: Science and Technology**. 1. Ed. Earthscan, Londres, United Kindom. 2009.p. 4-18.

LIANG, B. et al. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 70, n. 5, p. 1719-1730, 2006.

LUZ, J. M. Q. et al. Desempenho de cultivares de cenoura no verão e outono-inverno em Uberlândia-MG. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 96-99, 2009.

MADARI, B.E et al. **Matéria Orgânica dos Solos Antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio):** suas características e papel na sustentabilidade da Fertilidade do Solo. 2009.

MAEKAWA, K. **Curso sobre produção de carvão, extrato pirolenhoso e seu uso na agricultura**. Associação dos produtores de Agricultura natural. 2002.

MAJOR, J.; DITOMMASO, A.; LEHMANN, J.; FALCÃO, N. P. S. Weed dynamics on Amazonian Dark Earth and adjacent soils of Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. Amazonia, v. 111, n. 1, p. 1-12, 2005.

MAJOR, J.; RONDON, M.; MOLINA, D.; RIHA, S. J.; LEHMANN, J. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. **Plant and Soil**, 2010. v. 333, n. 1, p. 117-128.

MARQUELLI, W. A.; OLIVEIRA, R.A.; SILVA, W.L.C. **Irrigação na cultura da cenoura**. Circular Técnica, 48. Embrapa Hortaliças, Brasília. 2007. 14p.

MEIRA, A. M. de. **Diagnóstico Sócio-Ambiental e Tecnológico da Produção de Carvão Vegetal no Município de Pedra Bela, Estado de São Paulo**. Dissertação. Recursos Florestais. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba/SP, 2002.

MELO, F. A. D. O., SILVA, J. N. D., SILVA, J. D. S., DONZELES, S. M. L., & PAULA, A. L. T. **Avaliação de uma fornalha para aquecimento direto de ar utilizando moinha de carvão.** 2005.

MENDONÇA, V.; ARAÚJO NETO, S.E.; RAMOS, J.D.; PIO, R.; GONTIJO, T.C.A. Diferentes substratos e recipientes na formação de mudas de mamoeiro 'Sunrise Solo'. **Revista Brasileira de Fruticultura.** Jaboticabal, 2003. 25: 127-130.

MIYASAKA, S., OHKAWARA, T., NAGAI, K., YAZAKI, H., SAKITA, M.N. **Técnicas de produção e uso do Fino de Carvão e Licor Pirolenhoso:** Encontro de Processos de Proteção de Plantas: Controle ecológico de pragas e doenças, Botucatu. v. 1 p.161-176, 2001.

MORALES, M.M. **Efeito do biocarvão sobre o comportamento da matéria orgânica e do fósforo em solo degradado.** Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”. Botucatu/SP. 2010. 88p.

MOREIRA, M. A.; DANTAS, F. M.; BIANCHINI, F. G.; VIÉGAS, P. R. A. Produção de mudas de berinjela com uso de pó de coco. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 2, p. 163-170, 2010.

NAVARRETE, A. A., CANNAVAN, F. S., TAKETANI, R. G., & TSAI, S. M. A Molecular Survey of the Diversity of Microbial Communities in Different Amazonian Agricultural Model Systems. **Diversity**, Chicago, v.2, 787-809 p, 2010.

OGUNTUNDE, P. G., FOSU, M., AJAYI, A. E., & VAN DE GIESEN, N. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and textures of soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.39, n.4, p.295-299, 2004.

OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Absorção de nutrientes em mudas de berinjela cultivadas em pó de coco verde. **Revista Caatinga.** Mossoró, v. 22, n. 2, p. 139-143, 2009.

PETTER, F. A. **Biomassa carbonizada como condicionador de solo:** aspectos agrônômicos e ambientais do seu uso em solos de cerrado. Tese Doutorado. Universidade Federal de Goiás., Goiânia, 130p. 2010.



PETTER, F. A. et al. Soil fertility and upland rice yield after biochar application in the Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 5, p. 699;706, 2012.

PETTER, F. A.; MADARI, B. E. Biochar: Agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v. 16, n.7, p. 761-768, 2012.

PINHEIRO, P. C. C. et al. **A produção de carvão vegetal: teoria e prática**. Belo Horizonte, 2006.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim Técnico Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, n. 100, 1996. 2. ed., 174 p.

RONDON, M.A.; LEHMANN, J.; RAMIREZ, J. e HURTADO, M. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio char additions. **Biology Fertility Soils**. Burlingtonv, 43, 699-708p, 2007.

SAMPAIO, R. S. Produção de metais com biomassa plantada. In: MELLO, M. G. (Org.). Biomassa : energia dos trópicos em Minas Gerais. Belo Horizonte: LabMídia. 2001, p. 164.

SANTOS, C. E. et al. Anuário brasileiro de hortaliças 2015. **Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz**, 2015.

SANTOS, R.C. et al. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no estado do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.2, p.491-502, 2013.

SISTER, Gabriel. **Mercado de carbono e protocolo de Quioto**. Elsevier, 2007.

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

SOUZA, J. L.; RESENDE, P.O. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosal, 564p. 2003.

SOUZA, M. P. **Implicações sócio-ambientais do carvoejamento e reflorestamento no município de Coração de Jesus**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG. 130 p, 2000.

STEINER, C. et al. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 291, p. 275-290, 2007.

STEINER, C.; DAS, K.C.; GARCIA, M.; FOSTER, B.; ZECH, W. Charcoal and smoke extract stimulate the soil microbial community in a highly weathered xanthic Ferrasol. **Pedobiologia**, 2008, 51:359-366.

STEINER, C.; TEIXEIRA, W.G.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Microbial response to charcoal amendments of highly weathered soils and Amazonian dark earths in central Amazonia-preliminary results. In: Woods, W.I. (Ed.), **Amazonian Dark Earths: Explorations in Space and Time**. Springer, Heidelberg, pp. 195–212. 2004.

TEIXEIRA, W. G., KERN, D.C., MADARI, B.E.; LIMA, E.N., WOODS, W.I. **As terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas áreas**. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Brasil. 172-188p.

TOPLIANTZ, S.; PONGE, J.F. E BALLOF, S. Manioc peel and charcoal: a potential amendment for sustainable soil fertility in the tropics. **Biological Fertility Soil**. v. 41 p, 15- 21, 2005.

TRYON, E.H. Effect of Charcoal on Certain Physical, Chemical, and Biological Properties of Forest Soils. **Ecological Monographs**, Washington, v.18, p.81-115, 1948.

VIEIRA, J.V.; PESSOA, H.B.S.V. **Clima. Cenoura. Sistemas de produção**, 5. Embrapa Hortaliças. 2008. Disponível em: <systemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 19 mar. 2017.

VIEIRA, J.V.; PESSOA, H.B.S.V.; MAKISHIMA, N. **Cultivo da cenoura (Daucus carota L.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997. 19 p. (Instruções Técnicas, 13).

VILELA, N. J.; BORGES, I. O. **Retrospectiva e situação atual da cenoura no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 9p. (Circular Técnica 59). 2008.

YOUNG, T. P. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation**, New York, v. 92, n. 1, p.73-83, 2000.

ZANETTI, M. et al. **Uso de Subprodutos de Carvão Vegetal na Formulação do Porta Enxerto Limoeiro Cravo em Ambiente Protegido**. 2003. Dissertação de Mestrado. Produção Vegetal – UNESP, Jaboticabal. 2003. 5 p.