

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS

**ATRIBUTOS FÍSICO E MICROBIOLÓGICOS DE ARGISSOLO DO
SEMIÁRIDO CONDICIONADOS COM BIOCÁRVÕES**

CELICLEIDE QUARESMA LOBO

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
FEVEREIRO - 2020

ATRIBUTOS FÍSICO E MICROBIOLÓGICOS DE ARGISSOLO DO SEMIÁRIDO CONDICIONADOS COM BIOCÁRVÕES

Celicleide Quaresma Lobo

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Bahia, 2017

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas.

ORIENTADOR: PROF. DR. OSSIVAL LOLATO RIBEIRO

COORIENTADOR: DR^A. DIANA SIGNOR DEON

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Lobo, Celicleide Quaresma.

Atributos Físicos e Microbiológicos de Argissolo do semiárido condicionados com biocarvões/ Celicleide Quaresma Lobo._ Cruz das Almas, BA, 2020.
51f.; il.

Orientador: Ossival Lolato Ribeiro.
Coorientador: Diana Signor Deon.

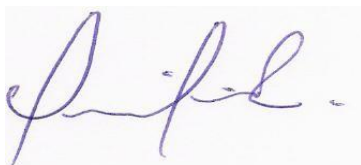
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Solos – Manejo. 2.Solos – Análise. 3.Recursos agrícolas. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.
II.Título.

CDD: 631.4981

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA CENTRO DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**

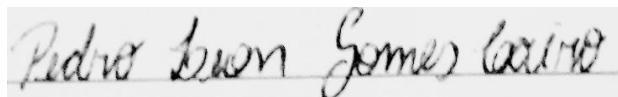
**Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Celicleide Quaresma Lobo**



Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro (CCAAB/UFRB)
(Orientador)



Profa. Dra. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega (CCAAB/UFRB)



Prof. Dr. Pedro Leon Gomes Cairo
(Doutor em Microbiologia)

DEDICATÓRIA

A minha família pela confiança, compreensão e apoio incondicional.

DEDICO!

*“Se temos de esperar,
que seja para colher a semente boa
que lançamos hoje no solo da vida”*

Desconhecido

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada disso seria possível.

Agradeço à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, ao Programa de Pós Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas e seu corpo docente, pela formação oferecida.

À FAPESB, pelo financiamento indispensável no decorrer do curso.

À Embrapa, pelos recursos, apoio e estrutura oferecida para realização do projeto.

Aos meus orientadores Ossival Ribeiro Lolato e Diana Signor Deon, pelo exemplo de profissionalismo, compromisso, apoio, paciência e pela confiança a mim depositada.

Aos meus Professores do mestrado, em especial aos meus Professores e amigos Dr. Jose Fernandes Melo Filho e Dr. Luciano Souza, por todo apoio indispensável desde a graduação. Obrigada por tudo!

Agradeço imensamente à minha família, pelo exemplo de determinação, pelo apoio em todos os sentidos e por me fazer acreditar que tudo daria certo aos meus irmãos por respeitarem minha escolha em realizar esse curso e demonstrarem satisfação pelas minhas conquistas; e, por fim aos demais familiares que, de perto ou de longe, acreditam em meu potencial, torcem pelo meu sucesso e oram pela minha vida.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| INTRODUÇÃO GERAL | 16 |
| REFERÊNCIAS..... | 18 |
| CAPITULO 1 EFEITOS DE BIOCARVÕES SOBRE ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS EM ARGISSOLO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO..... | 21 |
| 1 INTRODUÇÃO | 22 |
| 2 MATERIAIS E MÉTODOS | 24 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 4 CONCLUSÃO | 39 |
| 5 REFERÊNCIAS | 40 |
| CAPITULO 2 EFEITOS DE BIOCARVÕES NA RETENÇÃO DE ÁGUA EM ARGISSOLO VERMELHO AMARELO DE TEXTURA ARENOSA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO | 41 |
| 1 INTRODUÇÃO | 43 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 45 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 47 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 50 |
| 5 REFERÊNCIAS | 51 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Efeitos de biocarvões de mata nativa (a), resíduo de processamento de uva (b) e resíduo de poda de mangueiras (c) sobre a respiração do solo, em função do tempo após a aplicação.

. 32

Figura 2. Carbono total do solo em função do tempo após as doses de aplicação de biocarvões no solo.

35

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Curvas de retenção de água no Argissolo em função da adição de diferentes quantidades de biocarvão

. 48

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Características químicas e físicas do Argissolo Vermelho Amarelo, no Campo Experimental da Caatinga, em Petrolina-PE, na camada de 0-2 m

23

Tabela 2 - Caracterização dos biocarvões produzidos a partir de resíduo de poda de mangueira (RPM), resíduo de poda de uva (RPU) e CV (carvão vegetal)

24

Tabela 3 - Atividade microbiológica em uma Argissolo na região do Semiárido de Pernambuco sob diferentes tipos de doses de biocarvão no solo

27

Tabela 4 - Efeitos de diferentes tipos e doses de biocarvão sobre o teores de C total e quociente microbiano (qMIC) em um Argissolo Vermelho Amarelo, em Petrolina - PE.

33

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Características químicas e físicas do Argissolo Vermelho Amarelo, no Campo Experimental da Caatinga, em Petrolina-PE, na camada de 0-2 m

43

TABELA 2 Capacidade de água disponível, nos diferentes tipos de biocarvão, com doses de biocarvão

49

RESUMO GERAL

O biocarvão é um material rico em carbono (C) produzido quando a matéria orgânica é triturada termicamente em um ambiente com limite de oxigênio (O) ou livre de O através de processos de pirólise. Em geral, o biocarvão possui alta densidade de carga e área de superfície. As aplicações do biocarvão como condicionador do solo promoveram aumentos de produtividade em solos ácidos e neutros com texturas médias e arenosas, além de diversas melhorias em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. O objetivo deste trabalho foi quantificar a respirometria, o carbono da biomassa microbiana do solo e a capacidade de retenção de água do solo, em laboratório em um Argissolo do Semiárido brasileiro com diferentes doses de biocarvão. O experimento foi realizado com um esquema fatorial 3x5x4 em um projeto de bloco completo randomizado com quatro réplicas. As doses de biocarvão eram 0; 0,5; 1; 5; 10 Mg ha⁻¹. O material foi incubado no solo em outubro de 2017 em tubos de PVC (30 cm de altura e 10 cm de diâmetro). Para CBM e qCO₂, houve efeito isolado apenas do tempo após a aplicação ao solo. Para respirometria, houve efeito entre tipo de biocarvão, dose de biocarvão e tempo de aplicação após a aplicação ao solo. Para qMIC, houve efeito isolado apenas do tempo após a aplicação ao solo. Para teor total de C no solo, houve efeito entre tipo de biocarvão, dose de biocarvão e tempo de aplicação após a aplicação ao solo. No segundo capítulo onde a curva de retenção de água representa a relação entre o teor de água no solo e a energia com a qual a mesma está retida nos poros e/ou adsorvida nas partículas minerais do solo. O experimento foi realizado no Laboratório de Solos da Embrapa Semiárido, utilizando diferentes doses de biocarvão. Nas misturas de solo+biocarvão foram determinadas as quantidades de água retida em diferentes tensões (0,0006; 0,01; 0,03; 0,06; 0,1 e 1,5 MPa), pelo método da centrífuga (Embrapa, 1997). O biocarvão de poda de manga foi o que apresentou os melhores valores de retenção de água no solo. As doses de biocarvão afeta positivamente nos valores de água disponível no solo com destaque para a dose de 10 t/ha. Os tratamentos de resíduo de processamento de mangueira com maior dosagem de biocarvão obteve os melhores resultados em capacidade de água disponível.

ABSTRACT

Biocoal is a carbon-rich (C) material produced when organic matter is thermally crushed in an oxygen-bound (O) or O-free environment through pyrolysis processes. In general, biocoal has high load density and surface area. The applications of biocoal as soil conditioner promoted productivity increases in acidic and neutral soils with medium and sandy textures, in addition to several improvements in its physical, chemical and biological properties. The objective of this work was to quantify the respirometry, soil microbial biomass carbon and soil water retention capacity in a laboratory in a Brazilian Semiarid Argisol with different doses of biocoal. The experiment was carried out with a 3x5x4 factorial scheme in a randomized complete block project with four replicates. Biocoal doses were 0; 0.5; 1; 5; 10 mg ha⁻¹. The material was incubated in the soil in October 2017 in PVC pipes (30 cm high and 10 cm in diameter). For CBM and qCO², there was an isolated effect only of the time after application to the soil. For respirometry, there was an effect between type of biocoal, biocoal dose and application time after application to the soil. For qMIC, there was an isolated effect only of the time after application to the soil. For total C content in the soil, there was an effect between type of biocoal, biocoal dose and application time after application to the soil. In the second chapter where the water retention curve represents the relationship between the water content in the soil and the energy with which it is retained in the pores and/or adsorbed in the mineral particles of the soil. The experiment was carried out in the Soil Laboratory of Embrapa Semiarid, using different doses of biocoal. In soil+biocoal mixtures, the amounts of water retained at different stresses (0.0006; 0.01; 0.03, 0.06, 0.1 and 1.5 MPa) were determined by the centrifuge method (Embrapa, 1997). Mango pruning biocoal presented the best values of water retention in the soil. Biocoal doses positively affect the available soil water values, with emphasis on the dose of 10 t/ha. The treatments of hose processing residue with higher biocoal dosage obtained the best results in available water capacity .

1. INTRODUÇÃO GERAL

O uso de biocarvão como condicionador pode ser uma estratégia para aumentar o teor de matéria orgânica em formas recalcitrantes no solo, já que ele resiste à decomposição e permanece no solo por séculos. O biocarvão é rico em carbono, sendo obtido por meio da pirólise de materiais lignocelulósicos, processo no qual a biomassa é aquecida sob suprimento limitado de oxigênio, e destina-se à aplicação ao solo a fim de melhorar propriedades químicas, físicas e biológicas e sequestrar carbono do solo (LEHMANN & JOSEPH, 2009; MAIA et al., 2011). A temperatura de pirólise é o mais importante parâmetro a se considerar no processo de produção do biocarvão. O teor de C fixo do biocarvão está diretamente relacionado ao aumento da temperatura final de pirólise. O mesmo acontece com o teor de cinzas, ou seja, para uma mesma matéria-prima, quanto maior a temperatura de pirólise, maior é o teor de cinzas produzido. Por outro lado, o rendimento da produção de biocarvão é inversamente proporcional à temperatura de pirólise (SOHI et al., 2010).

Pelo fato de biocarvões apresentarem uma variedade de componentes orgânicos e inorgânicos, eles podem ser usados para melhorar a qualidade do solo. No entanto, suas propriedades físico-químicas são determinantes para o sucesso de sua utilização no solo e dependem principalmente da composição elementar da matéria-prima, do processo de produção e do tamanho das partículas (NOVAK et al., 2014). Os efeitos diretos da sua aplicação sobre a produtividade das culturas decorrem da maior retenção de água no solo, uma vez que esse condicionador altera textura, estrutura, porosidade, tamanho de poros e densidade do solo, propriedades que influenciam aeração, retenção e disponibilidade de água e nutrientes, desenvolvimento das plantas e facilidade de preparo do solo (LIANG et al. 2014). Além disso, o biocarvão promove redução da acidez do solo e aumento da retenção de nutrientes, principalmente o potássio (LIANG ET AL., 2006; ATKINSON ET AL., 2010; VERHEIJEN ET AL., 2010; CLOUGH ET AL., 2013).

Na região Semiárida ocorre uma baixa produtividade que está relacionada com o tipo de solo que ocorre nessa região, e na sua maioria, apresentam textura arenosa em todo o perfil, com baixa retenção de água e teores de nutrientes (LIMA et al. 2018). Lima et al. (2018a) avaliaram os efeitos da aplicação quatro doses (4, 8, 12 e 16 Mg ha⁻¹) de biocarvão de

resíduos de café (café moído e casca de café) em Latossolo em Garanhuns /PE sobre as características físico-químicas do solo, a eficiência do uso da água e produção do milho (*Zea mays*). Os autores concluíram que a área superficial específica em dois tipos de biocarvão são maiores que as do solo. À medida que as doses aumentavam as propriedades de retenção de nutrientes, de água do solo e o crescimento do milho melhoraram significativamente, sendo que a eficiência do uso da água foi 50% maior para o tratamento com a maior dose de biocarvão em comparação ao controle..

Segundo SUKATORNO et al. (2011) avaliaram a aplicação do biocarvão e de esterco sobre a produção de milho em solos arenosos da Indonésia e observaram que, no primeiro ano de cultivo, as produtividades foram semelhantes nos tratamentos com esterco e com o biocarvão. Entretanto, com a aplicação apenas no primeiro ano, na safra subsequente a produtividade de milho foi menor na área que recebeu apenas o esterco, mas manteve-se similar à da safra anterior para os tratamentos com biocarvão. Portanto, o biocarvão não precisa ser reaplicado anualmente para garantir uma produtividade satisfatória de milho para aquela região, ao contrário do esterco.

Avaliando a capacidade potencial do biocarvão em melhorar a retenção de água em experimento em casa de vegetação, DEVEREUX et al. (2012a) constataram que o tamanho médio dos poros em um Latossolo, diminuiu de 0,07 mm², no tratamento sem biocarvão, para 0,046 mm², no tratamento com 5% de biocarvão no solo (v:v). Também foi observado que o aumento da concentração de biocarvão no solo diminuiu a condutividade hidráulica, densidade do solo e a repelência de água no solo (DEVEREUX et al., 2012). Os autores concluíram que o biocarvão pode aumentar a retenção de água em solos propensos a períodos de seca. Já LIANG et al. (2014b) observaram um Argissolo que a aplicação de 90 t ha⁻¹ de biocarvão aumentou o pH do solo e a capacidade de retenção de água, e reduziu a densidade do solo, depois de três anos da data de aplicação do biocarvão. Os autores também observaram que apesar da redução da disponibilidade de N, a aplicação do biocarvão aumentou a disponibilidade de K. Assim, são necessárias pesquisas que estudem formas de se aumentar a produtividade das culturas, atrelada a uma resiliência às mudanças climáticas globais. Desse modo, uma prática que tem se tornado muito comum em todo o mundo é a aplicação de biocarvão aos solos, o qual é um produto rico em carbono obtido por decomposição térmica de biomassa orgânica, sob fornecimento limitado de oxigênio a uma temperatura relativamente baixa (DODOR et al., 2018).

2. REFERÊNCIAS

- DEVEREUX, M. T. M.; Madari, B. E.; Bastiaans, L.; van Oort. P. A. J.; Heinemann, A. B.; Silva, M. A. S.; Maia, A. H. N.; Meinke, H. Biochar improves soil fertility of a clay soil in the Brazilian Savannah: short term effects and impact on rice yield. **Journal of Agriculture and 48 Rural Development in the Tropics and Subtropics**, Witzenhausen, v. 114, p. 101-107, 2012.
- DODOR, E.D; AMANOR, J.Y.; ATTOR, T.F; ADJADEH, A.T.; NEINA, D; MIYITTAH, M. Co application of biochar and cattle manure counteract positive priming of carbon mineralization in a sandy soil. **Environmental Systems Research, Basel**, v.7, n.5, p.1-9, 2018.
- LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Heidelberg**, v.11, n.1, 403-427, 2011.
- LIANG B, LEHMANN J, SOLOMON D, KINYANGI J, GROSSMAN J, O'NEILL B, SKJEMSTAD JO, THIES J, LUIZÃO FJ, PETERSEN J, NEVES EG (2013) Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 5, p. 1719–1730.
- LIANG, F.; LI, G.; LIN, Q.; ZHAO, X. Crop yield and soil properties in the first 3 years after biochar application to a calcareous soil. **Journal of Integrative Agriculture**, v.13, p. 525-532, 2014.
- LIMA, J.R.S.; SILVA, W.M.; MEDEIROS, E.V.; DUDA, G.P.; CORREA, M.M.; FILHO MARTINS, A.P.; CLERMONT-DAUPHIN, C.; ANTONINO, A.C.D.; HAMMECKER, C. Effect of biochar on physicochemical properties of a sandy soil and maize growth in a greenhouse experiment. **Geoderma, Amsterdam**, v.319, p.14–23, 2018.
- NOVAK, J. M. et al. Biochars impact on soil-moisture storage in an Ultisol and two. **AGRICULTURE SCIENCE SOIL**, v 113, p. 310–320, 2014.
- SOHI, S. et al. **Biochar, climate change and soil: A review to guide future research**, v. 11, p. 88 – 97. 2010.
- SUKATORNO, W. H.; UTOMO, W. H.; KUSUMA, Z.; NUGROHO, W. H. Soil fertility status, nutriente uptake, and maize (*Zea mays* L.) yield following biochar and cattle manure application on sandy soils of Lombok, Indonésia. **Journal of Tropical Agriculture**, v. 49, p. 47–52, 2011.

CAPÍTULO 1

EFEITOS DE BIOCARVÃO SOBRE ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS EM ARGISSOLO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

EFEITOS DE BIOCARVÃO SOBRE ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS EM ARGISSOLO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Autor: Celicleide Quaresma Lobo

Orientador: Ossial Lolato Ribeiro

Coorientadora: Diana Signor Deon

RESUMO: O biocarvão é produzido por meio da pirólise de biomassa vegetal sob um suprimento muito baixo de oxigênio, sendo um material muito poroso, rico em carbono e contendo grande quantidade de estruturas orgânicas e elementos. As aplicações do biocarvão como condicionador do solo promoveram aumentos de produtividade em solos ácidos e neutros com texturas médias e arenosas, além de diversas melhorias em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. O objetivo deste trabalho foi quantificar a respirometria e o carbono da biomassa microbiana do solo em um com Argissolo diferentes doses de biocarvão. O experimento foi realizado com um esquema fatorial 3x5x4 (3 tipos de biocarvão, 5 doses de biocarvão e 2 tempos de avaliação), em um projeto de bloco completo randomizado com quatro réplicas. As doses de biocarvão eram 0; 0.5; 1; 5; 10 Mg ha⁻¹. O material foi incubado no solo em outubro de 2017 em tubos de PVC (30 cm de altura e 10 cm de diâmetro). Para CBM e qCO², houve efeito isolado apenas do tempo após a aplicação ao solo. Para respirometria, houve efeito entre tipo de biocarvão, dose de biocarvão e tempo de aplicação após a aplicação ao solo. Para qMIC, houve efeito isolado apenas do tempo após a aplicação ao solo. Para teor total de C no solo, houve efeito entre tipo de biocarvão, dose de biocarvão e tempo de aplicação após a aplicação ao solo. Os biocarvões testados afetaram o conteúdo de C na biomassa microbiana do solo. O biocarvão que mais se destaca nesse estudo é o biocarvão de poda de mangueira para a respiração basal. O qCO₂ foi maior no tempo 30 dias, em comparação com os outros tempos testados. As doses de biocarvões e o tempo aumentaram o Carbono total do solo. O qMIC promoveu maior atividade microbiana no tempo de 30 dias.

Palavras-chave: biocarvão, biomassa microbiana, respirometria, carbono.

BIOCHARCOAL EFFECTS ON MICROBIOLOGICAL ATTRIBUTES IN ARGISSOLUS IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID

Author: Celicleide Quaresma Lobo

Advisor: Ossial Lolato Ribeiro

Co-Advisor: Diana Signor Deon

ABSTRACT: Biocoal is produced by pyrolysis of plant biomass under a very low supply of oxygen, being a very porous material, rich in carbon and containing a large amount of organic structures and elements. The applications of biocoal as soil conditioner promoted productivity increases in acidic and neutral soils with medium and sandy textures, in addition to several improvements in its physical, chemical and biological properties. The objective of this work was to quantify the respirometry and carbon of microbial biomass of the soil in one with Argisol different doses of biocoal. The experiment was carried out with a 3x5x4 factorial scheme (3 types of biocoal, 5 doses of biocoal and 2 evaluation times), in a randomized complete block project with four replicates. Biocoal doses were 0; 0.5; 1; 5; 10 mg ha⁻¹. The material was incubated in the soil in October 2017 in PVC pipes (30 cm high and 10 cm in diameter). For CBM and qCO², there was an isolated effect only of the time after application to the soil. For respirometry, there was an effect between type of biocoal, biocoal dose and application time after application to the soil. For qMIC, there was an isolated effect only of the time after application to the soil. For total C content in the soil, there was an effect between type of biocoal, biocoal dose and application time after application to the soil. The biocoals tested affected the C content in the microbial biomass of the soil. The biocoal that stands out in this study is the biocoal of hose pruning for basal respiration. The qCO₂ was higher in the time 30 days, compared to the other times tested. Biocarvon doses and time increased total soil carbon. QMIC promoted greater microbiological activity in the time of 30 days.

Key words: biochar, microbial biomass, respirometry, carbon.

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a importância da matéria orgânica para a qualidade do solo, algumas práticas agrícolas podem aumentar seu teor no solo, como por exemplo a aplicação de resíduos agrícolas parcialmente carbonizados, denominados de biocarvão, cujo teor e composição dependem da matéria prima e das condições de carbonização. O biocarvão é produzido por meio da pirólise (carbonização) de biomassa vegetal sob um suprimento muito baixo de oxigênio, sendo um material muito poroso, rico em carbono e contendo grande quantidade de estruturas orgânicas e elementos inorgânicos (ARAÚJO et al., 2017).

O biocarvão pode se comportar diferentemente dependendo da matéria-prima a partir da qual foi produzido, a qual influencia sua área de superfície específica e sua porosidade (WU et al., 2014). Além disso, o material pirolisado é uma das frações com maior média de vida no ambiente, o que o torna importante ferramenta para sequestro de carbono no solo e pode ser confirmado pela presença de frações contendo carbono pirogênico encontradas nas Terras Pretas de Índios (TPI) (CARMO et al., 2010).

Aplicações de biocarvão ao solo têm promovido aumentos em produtividade em diversas espécies cultivadas em solos ácidos e neutros com texturas de média a arenosa, além de diversas melhorias em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Nas propriedades físicas do solo, o biocarvão provoca aumento da porosidade, melhorando a aeração e reduzindo a densidade do solo (LUI et al., 2016b), além de aumentar a condutividade hidráulica e a capacidade de retenção de água (LIU et al., 2016). Nas propriedades químicas, o biocarvão tem o potencial de modificar o pH, devido à realização da correção de solos ácidos, aumentar a capacidade de troca catiônica (CTC) e elevar a disponibilidade de nutrientes às plantas (LIMA et al., 2015). O biocarvão também pode influenciar a composição, a diversidade e a atividade microbiana no solo (WANG ET AL., 2015; PANET AL., 2016).

A aplicação de biocarvão também aumenta o sequestro de carbono, já que há grande proporção de estruturas aromáticas altamente condensadas que resistem à oxidação microbiana, contribuindo assim para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, a aplicação de biocarvão pode aumentar a retenção de nutrientes e de água e complexar poluentes (NOVAK et al., 2016).

A região semiárida do Brasil possui a maioria dos solos ácidos e com baixa capacidade de retenção de água, escassez de precipitação pluviométrica, elevadas temperatura e taxa de evapotranspiração (GUNDALE E DELUCA et al., 2017). Recentemente (SAPPOR et al. 2017) utilizaram biocarvão como condicionador em solos afetados por sais, muito comuns da região semiárida. Os principais resultados desses trabalhos mostram que a utilização do biocarvão no solo demonstra ser uma prática de manejo viável, tendo em vista que as intempéries da região diminuem ou impossibilitam a produtividade de algumas culturas. Além disso, no Semiárido brasileiro há grande quantidade de biomassa advinda de processos da agricultura irrigada, principalmente resíduos de poda e de processamento de frutas. Nesse sentido o objetivo do trabalho foi quantificar alterações em atributos biológicos de um Argissolo, em função da aplicação de diferentes tipos e doses de biocarvão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Caatinga, da Embrapa Semiárido, no município de Petrolina – PE. A região Semiárido possui clima do tipo BSsw, conforme a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26°C, umidade relativa do ar média anual de 60% e precipitação média anual de 522 mm. A precipitação pluvial para Petrolina entre os meses de dezembro de 2017 a abril de 2018 foi 315 mm, sendo que os meses mais chuvosos foram fevereiro, março e abril. Em Petrolina, o verão é curto, quente, úmido e de céu quase encoberto; o inverno é curto, morno, seco e de céu quase sem nuvens. Durante o ano inteiro, o tempo é de ventos fortes. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 20 °C a 34 °C. Petrolina tem variação sazonal extrema na sensação de umidade. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013) situado em um relevo plano, apresentando textura média (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas e físicas do Argissolo Vermelho Amarelo, no Campo Experimental da Caatinga, em Petrolina-PE, na camada de 0-2 m

| Atributo | Valor | Unidade |
|--------------------------|-------|------------------------------------|
| pH | 5,9 | |
| Condutividade hidráulica | 4,07 | mS cm ⁻¹ |
| Matéria Orgânica | 1,25 | g kg ⁻¹ |
| P disponível | 7,26 | mg dm ⁻³ |
| Na ⁺ | 0,02 | cmol _c dm ⁻³ |
| Ca ²⁺ | 1,55 | cmol _c dm ⁻³ |
| Mg ²⁺ | 2,56 | cmol _c dm ⁻³ |
| Al ³⁺ | 0,00 | cmol _c dm ⁻³ |
| H+Al | 1,26 | cmol _c dm ⁻³ |
| SB | 4,33 | cmol _c dm ⁻³ |
| CTC | 5,89 | cmol _c dm ⁻³ |
| V | 73,41 | % |
| Areia | 792,4 | g kg ⁻¹ |
| Silte | 112,1 | g kg ⁻¹ |
| Argila | 95,5 | g kg ⁻¹ |

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases

Nesse trabalho foram utilizados três biocarvões, um produzido a partir de resíduos de poda de mangueira (RPM), outro produzido a partir de resíduos do processamento de uva para suco (RPU) e um terceiro biocarvão (carvão vegetal de mata nativa da Caatinga CV) que foi doado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) para fins de pesquisa.

A produção dos biocarvões RPM e RPU foi realizada no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa. Cada matéria-prima foi colocada dentro de um tambor de metal, o qual foi fechado com tampa e levado para o forno. Galhos secos oriundos da poda de mangueira foram dispostos no entorno de cada tambor e queimados. O calor do fogo do lado de fora do tambor permitiu a pirólise do material acondicionado em seu interior. A tampa do tambor continha pequenos furos para permitir liberação dos gases oriundos da combustão durante o processo de pirólise. Quando a liberação de gases do interior do tambor cessou, cerca de trinta minutos após o início da pirolise, o processo foi encerrado. Os biocarvões produzidos e o biocarvão de mata nativa foram moídos em máquina estacionária, utilizando a peneira de 0,2 mm.

Tabela 2. Caracterização dos biocarvões produzidos a partir de resíduo de poda de mangueira (RPM), resíduo de poda de uva (RPU) e CV (carvão vegetal)

| Atributos | RPM | RPU | CV |
|--|-------|-------|-------|
| C.E. (mS cm ⁻¹) | 0,93 | 0,82 | 1,06 |
| pH | 8,7 | 5,4 | 6,9 |
| Ca ⁺² (cmolc dm ⁻³) | 1,5 | 3 | 10,2 |
| Mg ⁺² (cmolc dm ⁻³) | 1 | 1,7 | 1,8 |
| Al ⁺³ (cmolc dm ⁻³) | 0 | 0 | 0 |
| H+Al (cmolc dm ⁻³) | 0 | 13 | 1,4 |
| SB (cmolc dm ⁻³) | 2,5 | 4,7 | 12 |
| CTC (cmolc dm ⁻³) | 2,5 | 17,7 | 13,4 |
| V (%) | 100 | 26,6 | 89,3 |
| UMIDADE (%) | 3,43 | 7,91 | 7,41 |
| MATERIAL VOLÁTIL (%) | 23,59 | 55,81 | 28,4 |
| CINZAS (%) | 16,53 | 8,37 | 15,25 |

C.E.: condutividade elétrica; pH: determinado em água na proporção de 1:2,5; Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³: extração em KCl 0,5 mol L⁻¹; SB: soma de bases (Ca⁺² + Mg⁺² + Na⁺¹ + K⁺¹); CTC: capacidade de troca de cátions (H+Al + SB); V%: saturação por bases (SB/CTC)*100; Resíduo de poda de mangueira (RPM); Resíduo de poda de uva (RPU); Carvão Vegetal (CV)

O experimento foi realizado em esquema fatorial 3x5x4 (3 tipos de biocarvão, 5 doses de biocarvão e 3 tempos de avaliação), em delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. As doses testadas de biocarvão foram de 0; 0,5; 1; 5; 10 Mg ha⁻¹. O material foi incubado no solo em outubro de 2017, no interior de tubos de PVC, contendo 30 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Os tubos foram fechados em uma das pontas com tecido do tipo TNT, à base de polipropileno e viscose, para evitar perdas de solo e permitir drenagem, e enterrados a 20 cm de profundidade. Para cada tratamento, foram preparados tubos para avaliações aos 30, 180 e 365 dias após a incubação. Em cada tempo, os tubos

correspondentes a todos os tratamentos eram coletados e o material retirado foi encaminhado para câmara fria até o momento das análises, quando foram deixadas para secar ao ar e peneiradas com peneira de malha com abertura de 2 mm. A umidade foi ajustada para a capacidade de campo.



Fonte: Juliana Ribeiro

A atividade microbiana em função da aplicação dos tratamentos foi avaliada a partir de parâmetros indicadores de qualidade do solo: teor de carbono na biomassa microbiana do solo (C-BMS) e respiração basal do solo (RB), coeficiente microbiano e coeficiente metabólico. O C-BMS foi avaliado pelo método de fumigação-extração Vance et al. (1987) e Tate et al (1988), a amostra é dividida em subamostras fumigadas e não fumigadas. As amostras fumigadas (10 g) foram acondicionadas em frasco com capacidade para 100 ml, acomodados em dessecador para a realização da fumigação com clorofórmio, por um período de 24 horas. Após esse período, tanto as amostras fumigadas quanto as não fumigadas (10 g) foram transferidas para erlenmeyers de 125 mL e foram adicionados 30 mL de solução de K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹ com o pH ajustado na faixa de 6,5 a 6,8, procedendo-se a extração em agitador com movimento circular horizontal à 220 rpm (rotações por minutos), durante 30 minutos. Após 30 minutos de decantação, realizou-se filtração lenta em filtro de papel e os extratos obtidos foram acondicionados em coletores plásticos (80 mL) e congelados para posterior determinação do teor de C.

A análise do C total foi feita por combustão seca em analisador marca Elementar, modelo Vario TOC, sendo as pesagens das amostras (2 a 5 mg) de cada resíduo realizadas em balança analítica, do nível “Classic”, com precisão de pesagem de 0,00001 g. Os resíduos orgânicos utilizados foram macerados em almofariz e peneirados (malha de 0,250 mm, antes da pesagem e análise no analisador TOC. As amostras foram acondicionadas e seladas em cápsulas de estanho, sendo, em seguida, incineradas em temperatura aproximada de 950 °C, por 5 min, em um tubo de quartzo de combustão, sendo utilizado como carreador o gás O₂, com 99,998 % de pureza. Após a combustão, toda a matéria orgânica foi convertida em CO₂ e um sensor infravermelho detectou a quantidade de dióxido de carbono (CO₂) gerado pela combustão, relacionando-a automaticamente com a quantidade de C elementar existente na amostra. Na confecção de curva-padrão de C para o analisador automático, foram utilizadas amostras puras para análise de PHP (Potassium hydrogen phthalate, 47,05 % de C) As análises foram realizadas em triplicata para aumentar a precisão dos resultados.

A análise de respirometria foi adaptada da metodologia de Lu et al. (2015). A respiração basal do solo foi determinada em amostras de solo (100 g) incubadas a 60% de capacidade de campo em frascos de 1L, fechados e mantidos a 25°C por 1 dia. Após esse período, os frascos foram abertos durante 15 minutos (*flushing*) e, em seguida, fechados novamente durante 24 horas. Então, uma amostra do gás acumulado no interior do frasco foi coletada com uso de uma seringa de 25 mL, através de um septo de borracha localizado no centro da tampa do frasco. A concentração de CO₂ nas amostras foi determinada por cromatografia gasosa em equipamento equipado com detector por indução de chama (FID).

O coeficiente microbiano do solo foi calculado pela relação entre respiração basal e carbono microbiano ($\mu\text{g CO}_2/\mu\text{g Cmic h}^{-1}$).

Os dados foram submetidos à análise de variância. Em caso de significância para os tempos de incubação, as médias foram comparadas por teste de Tukey. Os efeitos de biocarvão, em caso de significância, foram avaliados por análise de regressão. . As análises foram realizadas no software Statistical Analysis System (SAS®).

3. RESULTADOS

A biomassa microbiana é um índice utilizado como indicador de qualidade do solo, já que, responde rapidamente as alterações de uso e manejo do solo (NOVAK et al., 2016). A biomassa microbiana nada mais é que a porção viva do carbono orgânico do solo, ou seja, os microrganismos que ali vivem. Para o CBM houve efeito isolado apenas do tempo após a aplicação ao solo.

Tabela 3. Atividade microbiológica em uma Argissolo na região do Semiárido de Pernambuco sob diferentes tipos de doses de biocarvão no solo

| Dose | C na biomassa microbiana (CBM)* | | | Respirometria | | | qCO ₂ * | | |
|------------------------|--|----------|----------|---------------|----------|----------|--------------------|----------|----------|
| | 30 dias | 180 dias | 365 dias | 30 dias | 180 dias | 365 dias | 30 dias | 180 dias | 365 dias |
| (Mg ha ⁻¹) | Biocarvão de mata nativa | | | | | | | | |
| 0,0 | 2.539,61 | 4.076,54 | 265,82 | 553,12 | 233,50 | 47,08 | 0,36 | 0,07 | 0,11 |
| 0,5 | 1.904,71 | 3.310,01 | 320,19 | 726,18 | 197,68 | 51,59 | 0,36 | 0,12 | 0,10 |
| 1,0 | 2.663,49 | 7.351,71 | 277,90 | 556,46 | 245,86 | 277,90 | 0,26 | 0,06 | 0,22 |
| 5,0 | 2.384,76 | 6.376,13 | 296,02 | 676,00 | 262,18 | 51,91 | 0,34 | 0,05 | 0,20 |
| 10,0 | 3.066,12 | 4.355,28 | 261,79 | 627,07 | 285,83 | 57,89 | 0,23 | 0,08 | 0,25 |
| | Biocarvão de resíduo de processamento de uva | | | | | | | | |
| 0,0 | 1.742,11 | 2.438,96 | 265,82 | 553,12 | 298,77 | 47,08 | 0,19 | 0,16 | 0,11 |
| 0,5 | 2.996,43 | 5.992,87 | 277,90 | 633,04 | 298,77 | 28,67 | 0,23 | 0,06 | 0,10 |
| 1,0 | 3.159,03 | 3.995,24 | 362,48 | 560,15 | 316,68 | 54,33 | 0,29 | 0,11 | 0,18 |
| 5,0 | 5.203,11 | 5.342,47 | 346,37 | 627,08 | 231,21 | 53,18 | 0,15 | 0,07 | 0,22 |
| 10,0 | 3.484,22 | 56.09.60 | 430,94 | 782,81 | 241,91 | 58,20 | 0,25 | 0,06 | 0,14 |
| | Biocarvão de resíduo de poda de mangueira | | | | | | | | |
| 0,0 | 2.539,61 | 3.159,03 | 265,82 | 553,12 | 207,63 | 47,08 | 0,36 | 0,07 | 0,11 |
| 0,5 | 4.413,35 | 2.473,80 | 217,49 | 566,44 | 351,91 | 87,93 | 0,14 | 0,10 | 0,38 |
| 1,0 | 3.321,63 | 4.366,89 | 199,36 | 709,99 | 207,63 | 46,10 | 0,34 | 0,05 | 0,28 |
| 5,0 | 3.112,57 | 4.877,91 | 257,76 | 933,06 | 264,89 | 38,96 | 0,34 | 0,08 | 0,16 |
| 10,0 | 2.810,61 | 3.170,64 | 419,36 | 704,09 | 305,67 | 77,03 | 0,20 | 0,07 | 0,23 |
| | 3022,76 | 4377,68 | 297,67 | | | | 0,27 | 0,08 | 0,19 |
| Média | b | a | c | | | | a | c | b |

*Para cada variável, letras comparam médias entre os tempos após a aplicação ao solo. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Houve diferença individual no (CBM) em função do tempo de aplicação do biocarvão no solo (Tabela 3). A amostragem do carbono da biomassa microbiana mostrou que no tempo 180 dias após a aplicação no solo obteve maior efeito com uma media superior aos demais tratamentos. Isso evidencia que, a deposição de resíduos orgânicos mantém os valores do CBM do solo. Alterações significativas na biomassa microbiana podem ser detectadas quando comparadas com as mudanças da matéria orgânica. Assim o CBM tem sido proposto como um indicador do estado e das alterações da matéria orgânica do solo. Considerando que o crescimento microbiano é limitado, muitas vezes pela escassez de nutrientes encontrados no solo, a adição de fontes de carbono pode aumentar a biomassa. Dessa forma, valores elevados implicam em maior imobilização temporária de nutrientes e, conseqüentemente, menor propensão a perdas dos mesmos no sistema solo-planta (LIMA et al., 2015). Os resíduos orgânicos depositados no solo, após a decomposição, são essenciais no processo de adição de carbono orgânico ao longo do tempo, sendo importantes para a sustentabilidade do sistema.

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por YUE et al., (2017), que também observaram efeito do biocarvão no carbono da biomassa microbiana do solo após a aplicação de carvão ao solo nas proporções de 0,5%; 1,0%; 2,0%; 5% e 10%. Houve ainda no teste de média diferença entre os tempos de incubação desse solo. A diversidade da atividade de decomposição das comunidades bacterianas do solo foi afetada pela conversão de áreas nativas em áreas agrícolas. Nesse processo de conversão, entre outros fatores, podemos dizer que a composição da planta influencia muito o metabolismo dos microrganismos (CHEN et al., 2013).

No que se refere ao quociente microbiano (qMIC), que expressa a quantidade de carbono orgânico do solo que está imobilizado na biomassa microbiana. Para o qCO₂, houve diferença estatística em relação ao tempo de incubação do biocarvão no solo, sendo que o tempo 30 dias mostrou-se superior ao demais tempos (Tabela 3). Não havendo interação significativa entre os diferentes tipos de resíduos utilizados nesse trabalho. Com base nos maiores valores de qCO₂ observados aos 30 dias, foi possível verificar que houve maior liberação de C-CO₂ por unidade de C microbiano nesse tempo, em consequência de maior atividade microbiana. Possivelmente, isso ocorreu por causa da adição das doses de biocarvão no solo, o qual é fonte de nutrientes e energia para os microrganismos.

Os menores valores de qCO₂ foram no tempo de 180 dias após a incubação do biocarvão no solo e pode ser interpretados pela diminuição das perdas de C pela respiração (C-CO₂) por

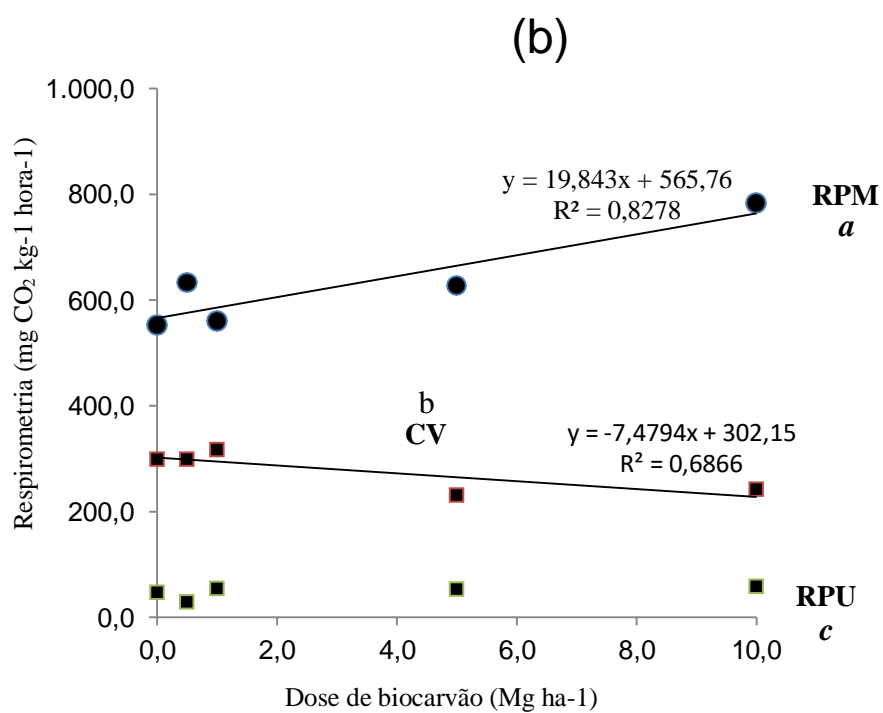
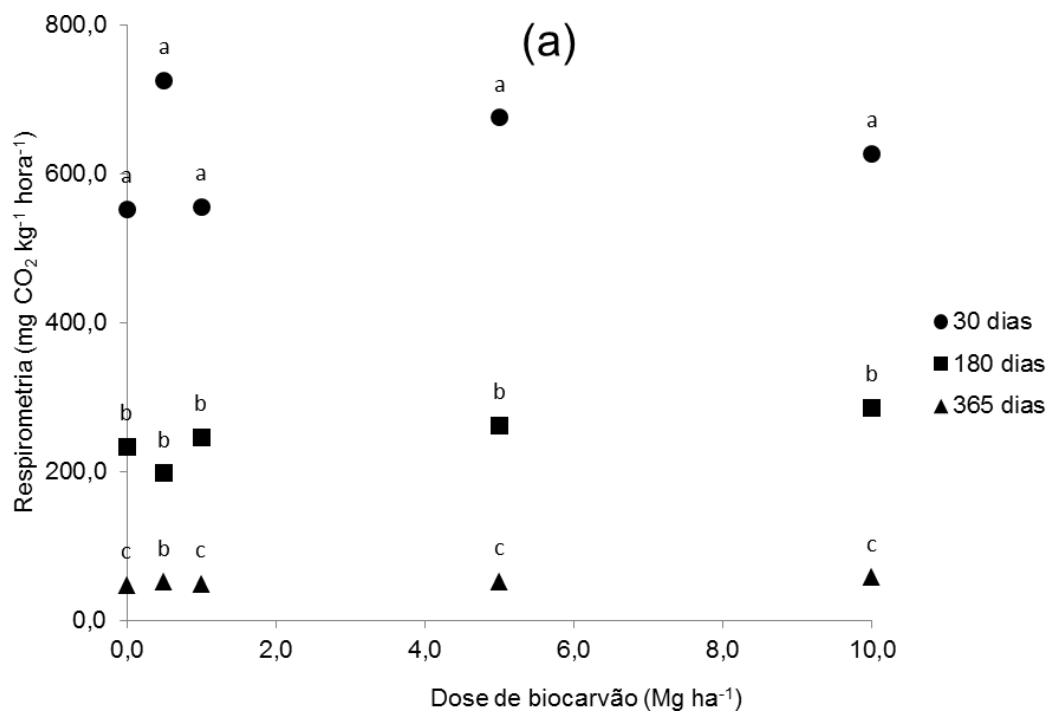
unidade de biomassa, bem como pela maior eficiência da biomassa microbiana na utilização do C, pois ocorreu maior incorporação desse ao tecido microbiano (VIEIRA et al., 2011). Avaliando-se os diferentes períodos de coleta, observa-se valor superior, para o tempo de 30 dias. Este fator pode estar relacionado ao acréscimo inicial em comparação aos demais, e assim apresenta maior quantidade de teor de matéria orgânica e carbono, que pode ao longo do tempo se desgastar, pela maior taxa de decomposição, diminui assim a atividade dos microrganismos. De acordo com Silva et al., 2010 baixos valores de qCO_2 refletem ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio e, ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio. Este quociente é influenciado por diversos fatores, como o grau de estabilização do C-orgânico e o histórico de gestão do solo na área.

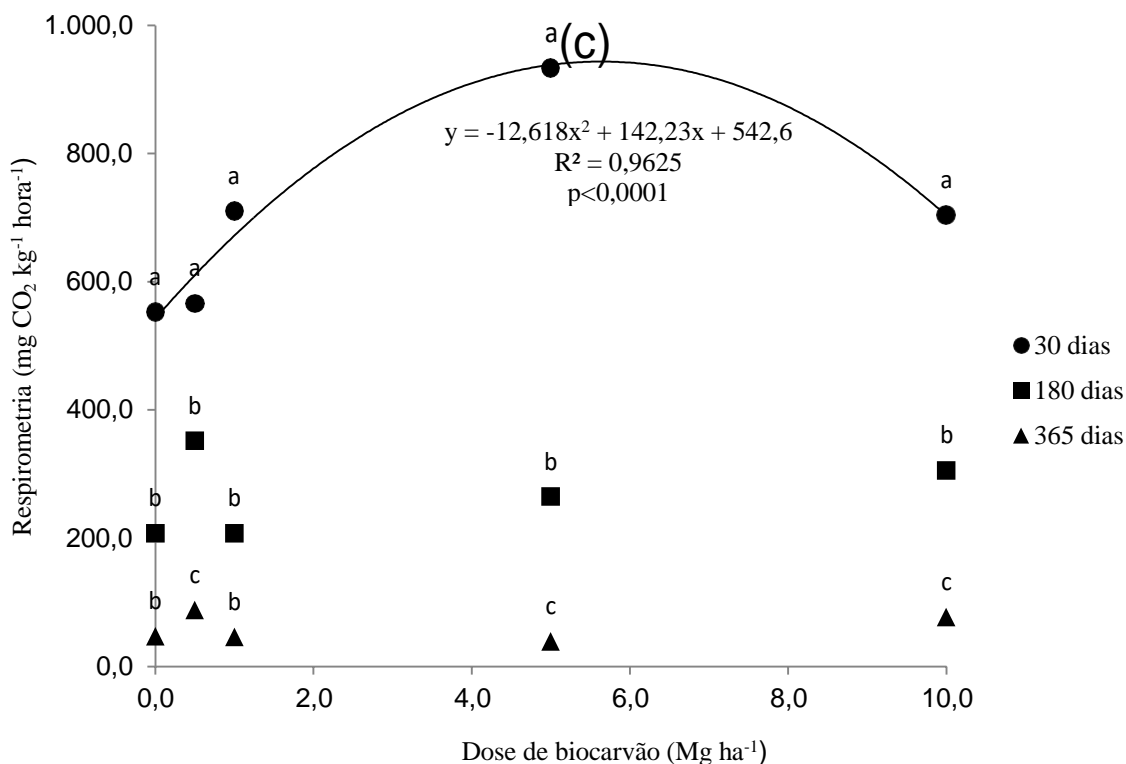
Para a Respirometria, houve efeito entre tipo de biocarvão, doses de biocarvão e tempo de aplicação após a adição do mesmo ao solo. A respiração basal e o quociente metabólico são componentes da taxa de respiração específica da biomassa e atributos relacionados ao ciclo do carbono orgânico, indicando que sistemas de manejos que tem menor RBS e qCO_2 liberam menor quantidade de CO_2 para a atmosfera.

Na (Figura 1a) a respirometria do biocarvão indica que o tempo de 30 dias após a incubação do biocarvão no solo obteve os melhores resultados e conseqüentemente os maiores valores de respiração basal. Isso pode ter ocorrido devido a uma maior produção de C- CO_2 . Já para (RB) do biocarvão no tempo de 180 dias houve um efeito mediano, próximo ao valor de 300 $mg.CO_2\ kg^{-1}hora^{-1}$. Isso acontece pela alta atividade de microrganismos do solo por adição de biocarvão. No tempo 365 dias se manteve quase que sem efeito em comparação a respirometria do tempo 30 dias após a aplicação de biocarvão no solo.

Para a (Figura 1b) onde o efeito foi para o tipo de biocarvão que foi aplicado no solo, as amostras demonstraram que o melhor tipo de biocarvão foi o de resíduo de poda de mangueira com valores de 800 $mg\ CO_2\ kg^{-1}hora^{-1}$, com um comportamento linear do gráfico. Esse ocorreu devido ao tipo de componente e a velocidade de decomposição de cada resíduo orgânico adicionado ao solo. WANG et al. (2018), em trabalho realizado sobre efeitos da adição de diferentes fontes de resíduos orgânicos no solo observou aumento em torno 26 % da taxa de CO_2 liberado pelos microrganismos, em função da decomposição dos resíduos, concordando com os dados observados neste trabalho. O RPU teve o pior resultado para o atual estudo, com os valores sem muita variação na respiração basal. A respirometria

do CV houve um comportamento linear decrescente, ocorrendo uma variação de 300 à 200 mg CO₂ kg⁻¹ hora⁻¹.





*Letras comparam as médias na vertical para cada dose de biocarvão, pelo teste de Tukey (5%)

Figura 1. Efeitos da respiração basal do solo, em função do tempo, do tipo e das doses de biocarvões.

Para a (Figura 1c) a qual se refere às doses de biocarvão em relação ao tempo houve diferença significativa para todas as doses no tempo 30 dias após a aplicação do biocarvão no solo em relação aos demais tempos. As doses no tempo 365 dias tiveram os piores valores de respiração basal, isso ocorreu devido à estabilização dos resíduos orgânicos no solo. O incremento inicial (nos primeiros 30 dias) na RB por causa da aplicação das doses do biocarvão foi atenuado com o tempo (180 e 365 dias), possivelmente, pela decomposição dele e há uma tendência de homogeneização do índice de atividade microbiana em longo prazo. A redução na atividade microbiana do solo ao longo do tempo também foi observada por SAPPOR et al.(2017), os quais verificaram elevada taxa na RB logo após a aplicação de esterco no solo, apresentando redução dessa atividade com o passar do tempo.

Segundo LUI et al. (2013) os microrganismos derivam uma maior porção energia para manutenção dos mecanismos celulares, ou seja, há um maior custo de manutenção ou taxa de respiração relativa, em detrimento ao crescimento da biomassa. Assim, em solos com adição de resíduos de baixa qualidade nutricional, a biomassa microbiana é incapaz de utilizar toda a energia obtida na decomposição para crescimento.

De acordo com o quociente microbiano (qMIC), relação que expressa quanto do carbono orgânico do solo esta imobilizado na biomassa microbiana (LIMA et al., 2015), houve efeito isolado apenas do tempo após a aplicação ao solo. Observou-se, neste trabalho, o menor valor para o tratamento 365 dias quando comparado ao tratamento de 30 dias (Tabela 4) indicando a diminuição do qMIC em relação ao longo do tempo estudado . Este índice, quando elevado, indica aumento de carbono no solo, enquanto que valores reduzidos indicam perda de carbono no solo. Este quociente é influenciado por diversos fatores, como o grau de estabilização do C-orgânico e o histórico de gestão do solo na área (SILVA et al., 2010) Esses resultados sugerem que o biocarvão pode ser um indicador do aumento da atividade microbiana, como encontrado em outros estudos com biocarvão (YUE et al., 2017).

Tabela 4. Efeitos de diferentes tipos e doses de biocarvão sobre o teores de C total e quociente microbiano (qMIC) em um Argissolo Vermelho Amarelo, em Petrolina - PE

| Dose (Mg ha ⁻¹) | C total no solo (g kg ⁻¹) | | qMIC (g kg ⁻¹) | |
|--|---------------------------------------|----------|----------------------------|----------|
| | 30 dias | 365 dias | 30 dias | 365 dias |
| Biocarvão de mata nativa | | | | |
| 0,0 | 4,07 | 5,10 | 630,45 | 52,67 |
| 0,5 | 4,11 | 4,26 | 452,10 | 75,46 |
| 1,0 | 4,15 | 4,53 | 664,76 | 62,66 |
| 5,0 | 5,58 | 5,44 | 422,31 | 54,21 |
| 10,0 | 6,97 | 6,89 | 427,24 | 38,32 |
| Biocarvão de resíduo de processamento de uva | | | | |
| 0,0 | 4,07 | 5,10 | 429,48 | 52,67 |
| 0,5 | 4,48 | 4,49 | 690,89 | 61,49 |
| 1,0 | 4,75 | 6,30 | 837,90 | 57,43 |
| 5,0 | 5,17 | 6,45 | 745,39 | 55,84 |
| 10,0 | 6,48 | 7,03 | 540,97 | 61,29 |
| Biocarvão de resíduo de poda de mangueira | | | | |
| 0,0 | 4,07 | 5,10 | 630,45 | 52,67 |
| 0,5 | 4,76 | 5,58 | 918,08 | 38,86 |
| 1,0 | 4,80 | 5,77 | 701,66 | 34,21 |
| 5,0 | 5,69 | 8,25 | 565,40 | 31,36 |
| 10,0 | 6,39 | 9,98 | 435,41 | 49,61 |
| Média | | | 606,17 a | 51,92 b |

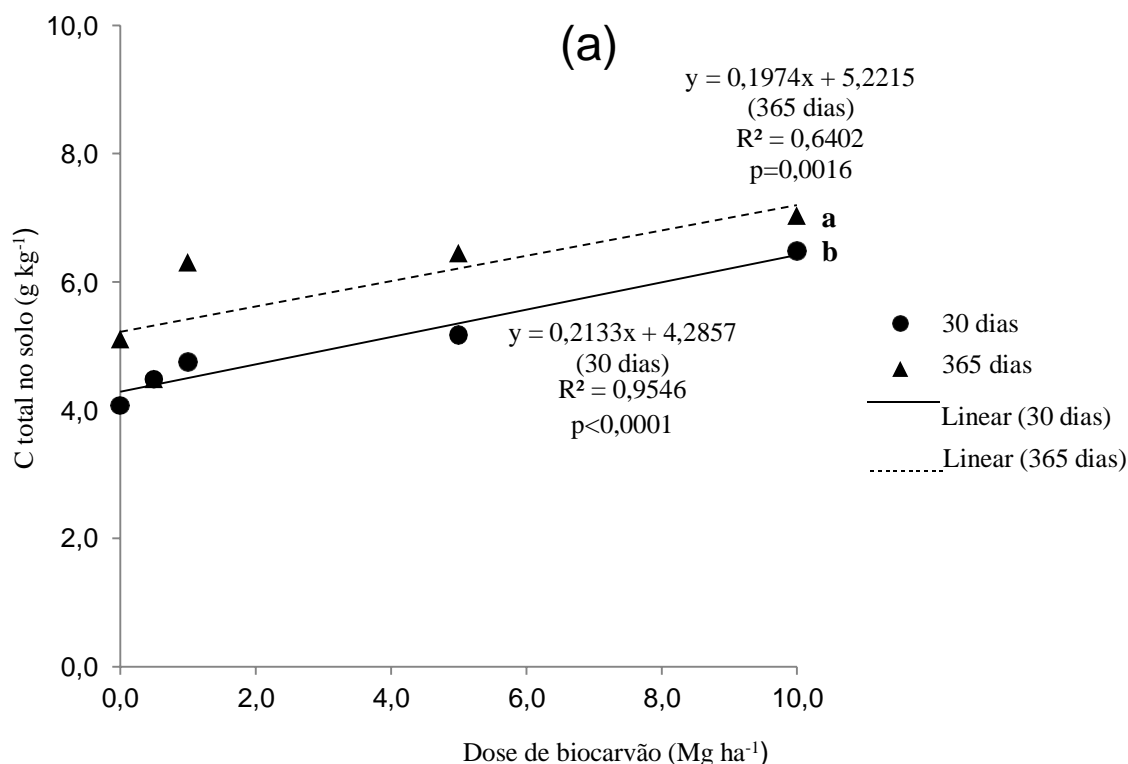
* Para qMIC, letras comparam médias entre os tempos após a aplicação ao solo. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Maiores valores de qMic no tempo de 30 dias indicam maior ciclagem de nutrientes e, também, maior disponibilidade de C orgânico para os microrganismos, reduzindo assim o COT no solo. E maior qMic se relaciona ao acúmulo de carbono pelos microrganismos, em decorrência da maior disponibilidade de substrato. Assim, valores elevados de qMIC permitem afirmar que o solo apresenta condições adequadas para o desenvolvimento microbiano, as quais dependem da adição de matéria orgânica de boa qualidade.

Os resultados encontrados no trabalho estão de acordo com trabalhos de 1 ano em Latossolo Arenoso e 10 anos em Latossolo Vermelho (BALOTA; CHAVES, 2017a), mostrando que uso de resíduos orgânicos na incorporação ao solo contribui para o incremento de carbono orgânico no solo. Para Balota (2017) a adição de biocarvão no solo apresentam valores mais elevados que ao passar do tempo, como se constatou nas análises do trabalho.

Para teor total de C no solo, houve efeito entre tempo de biocarvão e dose de biocarvão e tempo de aplicação após a aplicação ao solo. Para o carbono orgânico total (COT), o tempo 30 dias apresentaram um aumento significativo, diferente do tempo 365 dias. Esse maior valor de COT pode ser devido aos elevados teores de C nos biocarvões (Figura 2a). Vários autores encontraram aumento de COT em solos que receberam biocarvão (Wang et al., 2015).

Os aumentos nas adições de carbono orgânico melhoram a retenção de nutrientes que se tornam acessíveis aos microrganismos na superfície da partícula (LEHMANN et al., 2011). CHEN et al. (2013), em experimento de campo de longa duração em solo arenoso com 0, 20 e 40 Mg ha⁻¹ de biocarvão de palha de trigo utilizando experimentos de longa duração, verificaram que as comunidades de bactérias aumentaram em 28% e 64% nos solos condicionados com 20 e 40 Mg ha⁻¹ de biocarvão.



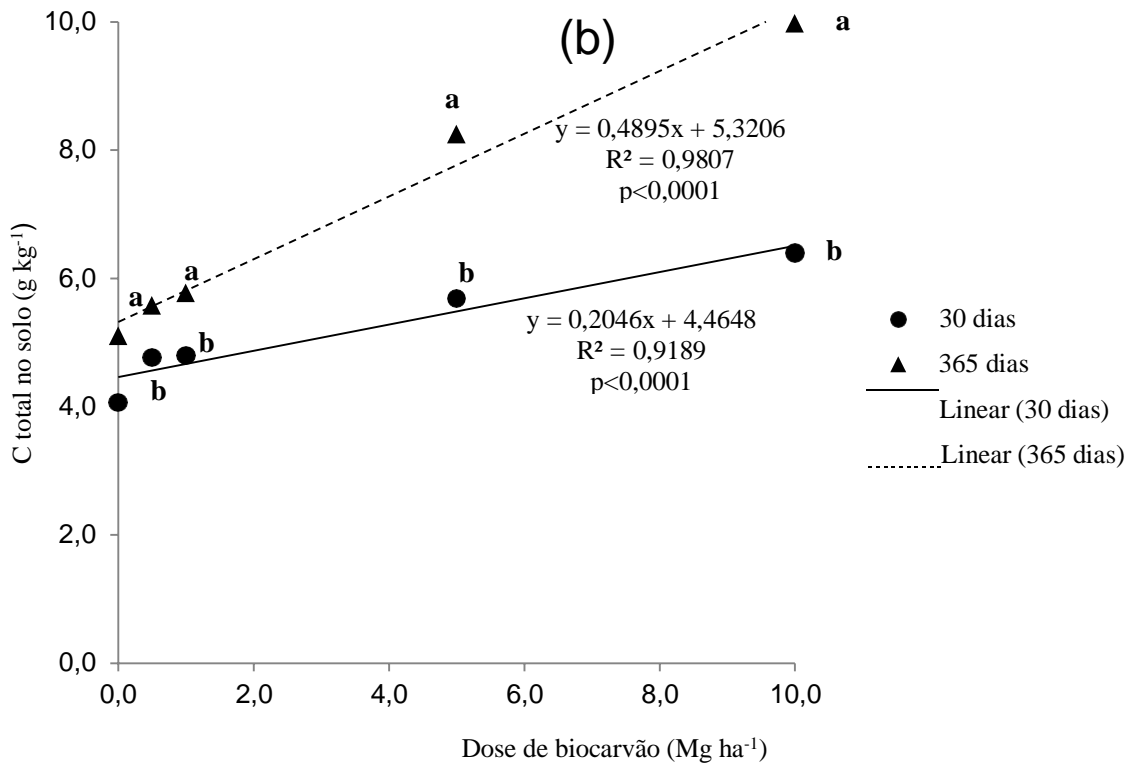


Figura 2. Carbono total do solo em função do tempo após as doses de aplicação de biocarvões no solo.

Na (Figura 2b) demonstra que houve diferença estatística para as doses de biocarvão aplicadas no solo. As doses tiveram um comportamento linear para todas as doses estudadas. Com relação ao C total do solo destaca as doses do tempo 365 dias que apresenta as melhores médias de COT. Esse efeito acontece pela interação dos biocarvões com o solo e contribui com a estabilização e o acúmulo do COT no solo

Da mesma maneira que as doses podem ter alterado o aumento do COT no solo, a decomposição diferenciada do subproduto aplicado em doses crescentes pode ter promovido diferentes condições de crescimento no valor de carbono orgânico do solo estudado. As diferenças nos comportamentos das variáveis avaliadas nos dois tempos são indicativos da resposta de cada dose ao uso de qualquer produto orgânico aplicado neles, justificando mais pesquisas para elucidarem a atuação desses nos solos em geral. NOVOTNY et al. (2015) afirma que a aplicação de biocarvão que aumente os teores de C no solo constrói sistemas de cultivo mais férteis e resilientes..

4. CONCLUSÕES

Os biocarvões testados afetaram o conteúdo de C na biomassa microbiana do solo. O biocarvão que mais se destaca nesse estudo é o biocarvão de poda de mangueira para a respiração basal. O qCO_2 foi maior no tempo 30 dias, em comparação com os outros tempos testados. As doses de biocarvões e o tempo aumentaram o Carbono total do solo. O $qMIC$ promoveu maior atividade microbológica no tempo de 30 dias.

5. REFERENCIAS

ARAÚJO, M. M.; SOUSA, G. M.; RODRIGUES, L. R. C. C. Técnicas utilizadas na recuperação de solos afetados por sais. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n. 2, p. 01 - 11, 2017.

BALOTA, E. L. Manejo e qualidade biológica do solo. Londrina: Macenas, 2017. 287 p.

BALOTA, E. L. et al. Soil microbial properties after longterm swine slurry application to conventional and no-tillage systems in Brazil. *Science of the Total Environment*, Amsterdam, v. 490, p. 397-404, 2014.

CARMO, H. F.; SILVA, M. A. S.; MADARI, B. E. Utilização do biochar como adicionador de carbono no solo e seus efeitos químicos nas propriedades do solo, sob feijoeiro comum no Cerrado brasileiro. II Workshop Internacional sobre Clima e Recursos Naturais nos Países de Língua Portuguesa. **Anais[...]**2010

CHEN, L.; DUPONT, C.; SALVADOR, S.; GRATEAU, M.; BOISSONNET, G.; CORNELISSEN, G. et al. Biochar Effect on Maize Yield and Soil Characteristics in Five Conservation Farming Sites in Zambia. **Agronomy** , 3, 256-274, 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 230p.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for environmental management: an introduction. **Science and Technology**, Mysore, v. 1, p. 1-12, 2011.

LIU, X.; ZHANG, A.; JI, C.; JOSEPH, S.; BIAN, R.; LI, L.; PAN, G.; PAZ-FERRERO, J. 2016. Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions- A meta analysis of literature data, **Plant and Soil**. 373: 583-594

LIMA, S. L.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; TAMIOZZO, S.; BUCK, G. B.; MARIMON, B. S. Biochar as substitute for organic matter in the composition of substrates for seedlings. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 333-341, 2015.

NOVAK, J. M.; BUSSCHER, W. J.; LAIRD, D. L.; AHMEDNA, M.; WATTS, D. W.; NIANDOU, M. A. S. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. **Soil Science**, v. 174, n. 2, p. 105–112, 2016.

NOVOTNY, E. H. et al. Lessons from the Terra Preta de índios of the Amazon region for the utilisation of charcoal for soil amendment. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 20, n. 6, p. 1003-1010, 2015.

SAPPOR, D. K.; OSEI, B. A.; AHMED, M. R. Reclaiming Sodium Affected Soil: The Potential of Organic Amendments. **International Journal of Plant & Soil Science**, v.16, n.2, p.1-11, 2017.

SILVA, I. et al. Biochar from different residues on soil properties and common bean production. **Sci. Agric.** v, v. 74, n. 5, p. 378–382, 2017.

VIEIRA, G.D.; CASTILHOS, D.D. & CASTILHOS, R.M.V. Atributos microbianos do solo após a adição de lodo anaeróbio da estação de tratamento de efluentes de parboilização do arroz. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:543-550, 2011.

WANG, L. et al. Is elevated pressure required to achieve a high fixed-carbon yield of charcoal from biomass?: part 2, the importance of particle size. **Energy & Fuels**, Washington, v. 27, n. 4, p. 2146-2156, 2018.

WU, Y.; XU, G.; SHAO, H. B. Furfural and its biochar improve the general properties of a saline soil. **Solid Earth**, v. 5, p. 665–671, 2014.

YUE, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Athens, v. 19, n. 1, p. 1467-1476, 2017.

CAPÍTULO 2

**EFEITOS DE BIOCARVÃO NA RETENÇÃO DE ÁGUA EM ARGISSOLO
VERMELHO AMARELO DE TEXTURA ARENOSA NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

EFEITOS DE BIOCÁRVÃO NA RETENÇÃO DE ÁGUA EM ARGISSOLO VERMELHO AMARELO DE TEXTURA ARENOSA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Autor: Celicleide Quaresma Lobo

Orientador: Ossial Lolato Ribeiro

Coorientadora: Diana Signor Deon

RESUMO: A curva de retenção de água representa a relação entre o teor de água no solo e a energia com a qual a mesma está retida nos poros e/ou adsorvida nas partículas minerais do solo. O objetivo desse trabalho foi avaliar, em laboratório, o efeito da adição de diferentes doses de biocárvão sobre a capacidade de retenção de água em um Argissolo do Semiárido brasileiro. O experimento foi realizado no Laboratório de Solos da Embrapa Semiárido, utilizando diferentes doses de biocárvão. Os biocárvoes utilizados no experimento foram (biocárvão de poda de mangueira, processamento de uva para suco e um doado pelo IBAMA), os quais foram previamente passados em peneira com abertura de 0,2 mm. Foram misturadas ao solo cinco quantidades de biocárvão: 0, 0,5, 1, 5 e 10 de biocárvão (t/ha). Nas misturas de solo+biocárvão foram determinadas as quantidades de água retida em diferentes tensões (0,0006; 0,01; 0,03; 0,06; 0,1 e 1,5 MPa), pelo método da centrífuga (Embrapa, 1997). O biocárvão de poda de manga foi o que apresentou os melhores valores de retenção de água no solo. As doses de biocárvão afetam positivamente os valores de água disponível no solo com destaque para a dose de 10 t/ha. Os tratamentos de resíduo de processamento de mangueira com maior dosagem de biocárvão obtiveram os melhores resultados em capacidade de água disponível.

Palavras-chave: biocárvão, retenção de água e capacidade de água.

BIOCHARCOAL EFFECTS ON WATER RETENTION IN YELLOW RED MORTAR OF SANDY TEXTURE IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID

Author: Celicleide Quaresma Lobo

Advisor: Ossival Lolato Ribeiro

Co-Advisor: Diana Signor Deon

ABSTRACT: The water retention curve represents the relationship between the soil water content and the energy with which it is retained in the pores and/or adsorbed in the mineral particles of the soil. The objective of this work was to evaluate, in the laboratory, the effect of the addition of different doses of biocoal on the water retention capacity in an Argilate of the Brazilian Semiarid region. The experiment was carried out in the Soil Laboratory of Embrapa Semiarid, using different doses of biocoal. The biocoals used in the experiment were (hose pruning biocoal, grape processing for juice and one given by IBAMA), which were previously passed in a sieve with an opening of 0.2 mm. Five amounts of biocoal were mixed to the soil: 0, 0.5, 1, 5 and 10 of biocoal (t/ha). In soil+biocoal mixtures, the amounts of water retained at different stresses (0.0006; 0.01; 0.03; 0.06, 0.1 and 1.5 MPa) were determined by the centrifuge method (Embrapa, 1997). Mango pruning biocoal presented the best values of water retention in the soil. Biocoal doses positively affect the available soil water values, with emphasis on the dose of 10 t/ha. The treatments of hose processing residue with higher dosage of biocoal obtained the best results in available water capacity.

Key words: biocoal, water retention and water capacity

1. INTRODUÇÃO

A curva de retenção é uma curva que relaciona o teor ou o conteúdo de água no solo com a força (tensão) com que ela está retida pelo mesmo. A avaliação da curva de retenção permite uma estimativa da disponibilidade de água no solo para as plantas, na profundidade de solo considerada (MAIA, 2011). É uma propriedade físico-hídrica do solo, determinada em laboratório. O conteúdo de água retido no solo em determinada tensão é característica específica de cada solo e é resultado da ação conjunta e complexa de vários fatores. Este depende do teor e mineralogia da fração argila, do teor de matéria orgânica, das diferenças da microestrutura com elas relacionadas (MADARI et al., 2009; VERHEIJEN et al., 2009)

A curva de retenção de água representa a relação entre o teor de água no solo e a energia com a qual a mesma está retida nos poros e/ou adsorvida nas partículas minerais do solo. A metodologia para sua determinação foi estabelecida por RICHARDS (1965) e a partir daí vem sendo amplamente utilizada, dadas as possibilidades e aplicações relativas às propriedades hidráulicas do solo na agricultura (SHAHAB et. al, 2013).

O método escolhido para esse estudo foi o da centrifuga. No método da centrífuga, o período de centrifugação da amostra para determinação de cada ponto é de grande importância na acurácia dos resultados, pois afeta principalmente os valores de umidade nas tensões mais elevadas, alterando, portanto, o teor de água residual. Por segurança, tem-se adotado em análises de rotina o tempo de centrifugação de 2 horas por ponto, independentemente do tipo de solo. O objetivo desse trabalho foi avaliar, em laboratório, o efeito da adição de diferentes doses de biocarvão sobre a capacidade de retenção de água em um Argissolo do Semiárido brasileiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Caatinga, da Embrapa Semiárido, no município de Petrolina – PE. A região Semiárido possui clima do tipo BShw, conforme a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26°C, umidade relativa do ar média anual de 60% e precipitação média anual de 522 mm. A precipitação pluvial para Petrolina entre os meses de dezembro de 2017 a abril de 2018 foi 315 mm, sendo que os meses mais chuvosos foram fevereiro, março e abril. Em Petrolina, o verão é curto, quente, úmido e de céu quase encoberto; o inverno é curto, morno, seco e de céu quase sem nuvens. Durante o ano inteiro, o tempo é de ventos fortes. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 20 °C a 34 °C. Petrolina tem variação sazonal extrema na sensação de umidade. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013) situado em um relevo plano, apresentando textura média (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas e físicas do Argissolo Vermelho Amarelo, no Campo Experimental da Caatinga, em Petrolina-PE, na camada de 0-2_m

| Atributo | Valor | Unidade |
|--------------------------|-------|------------------------------------|
| pH | 5,9 | |
| Condutividade hidráulica | 4,07 | mS cm ⁻¹ |
| Matéria Orgânica | 1,25 | g kg ⁻¹ |
| P disponível | 7,26 | mg dm ⁻³ |
| Na ⁺ | 0,03 | cmol _c dm ⁻³ |
| Ca ²⁺ | 1,55 | cmol _c dm ⁻³ |
| Mg ²⁺ | 2,56 | cmol _c dm ⁻³ |
| Al ³⁺ | 0,00 | cmol _c dm ⁻³ |
| H+Al | 1,26 | cmol _c dm ⁻³ |
| SB | 4,33 | cmol _c dm ⁻³ |
| CTC | 5,89 | cmol _c dm ⁻³ |
| V | 73,41 | % |
| Areia | 792.4 | g kg ⁻¹ |
| Silte | 112.1 | g kg ⁻¹ |
| Argila | 95.5 | g kg ⁻¹ |

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases

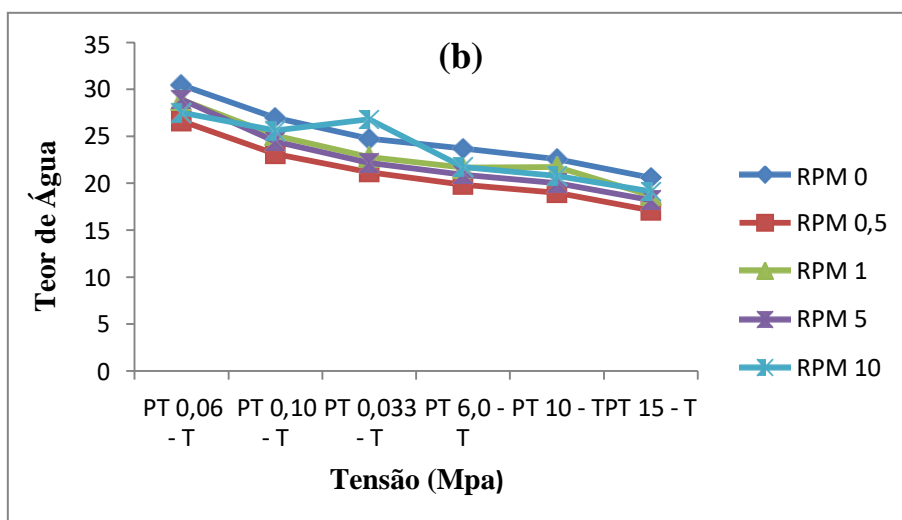
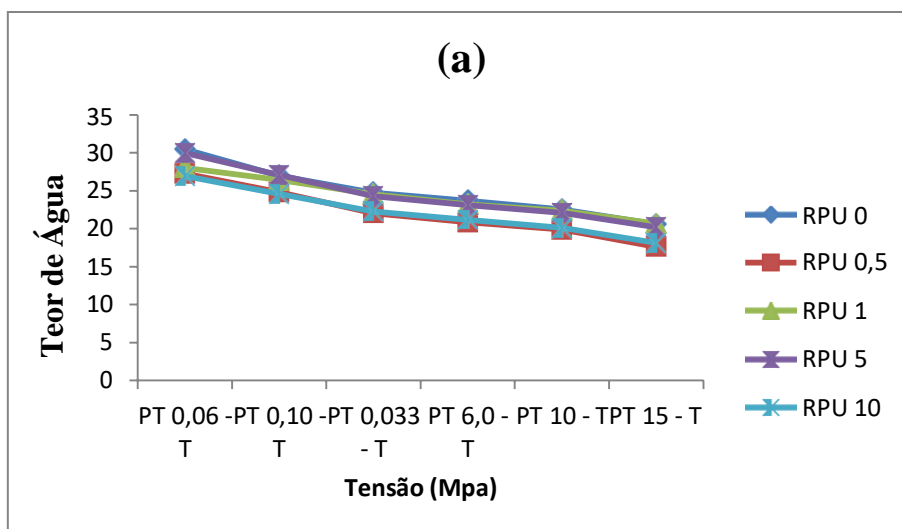
O estudo foi realizado em um Argissolo Vermelho Amarelo típico textura média/argilosa. O experimento foi realizado no Laboratório de Solos da Embrapa Semiárido, utilizando diferentes doses de biocarvão (0, 25, 50, 75 e 100%, proporção

em massa) adicionadas a um Argissolo, coletado no Campo Experimental da Caatinga, da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE. Os biocarvões utilizados no experimento foram (biocarvão de poda de mangueira, uva e um doado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente IBAMA), e foram previamente passados em peneira com abertura de 0,2 mm. As amostras indeformadas de solo utilizado foram secas ao ar e passado em peneira com malha de abertura de 2 mm. Foram misturadas ao solo cinco quantidades de biocarvão: 0, 0,5, 1, 5 e 10 de biocarvão t/ha. Nas misturas de solo+biocarvão foram determinadas as quantidades de água retida em diferentes tensões (0,0006; 0,01; 0,03; 0,06; 0,1 e 1,5 MPa), pelo método da centrífuga (Embrapa, 1997).

A centrifugação de uma amostra de solo previamente saturada gera um potencial crescente ao longo de seu comprimento (altura da amostra ao longo do anel volumétrico). Com base nesse princípio, é possível calcular a velocidade angular de uma centrífuga (ω) em rotações por minuto para uma dada tensão que se queira aplicar à amostra (h), expressa em kPa SMAGIN (2012). A quantidade de água disponível foi considerada como a diferença entre a umidade retida na capacidade de campo (0,0006 MPa) e no ponto de murcha permanente (1,5 MPa). O experimento teve realização do esquema fatorial 5x3 (5 doses de biocarvão e 3 tipos de biocarvão) com 4 repetições, em delineamento inteiramente casualizados. Os efeitos das doses e dos tipos de biocarvões foram verificados a partir da análise de variância e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de media Tukey a 5 %.

3. RESULTADOS

Na figura 1, são apresentadas as curvas de retenção de água nos diferentes tipos de biocarvão, nas variadas doses dos substratos adicionados ao solo, ajustadas segundo o modelo matemático proposto por Van Genuchten (1980). A adição de biocarvão diminuiu a quantidade de água no ponto de murcha permanente dos diferentes biocarvões, mas esse efeito foi mais evidente no resíduo de processamento de mangueira, onde a umidade na tensão de 1,5 MPa diminuiu entre a testemunha e o tratamento com 0,5 % de biocarvão. Houve pouca variação em relação à tensão de água no solo e os tratamentos com distintos resíduos. Sendo que o tratamento que contém o biocarvão de resíduo de processamento de manga foi o que se aproximou mais da capacidade de campo.



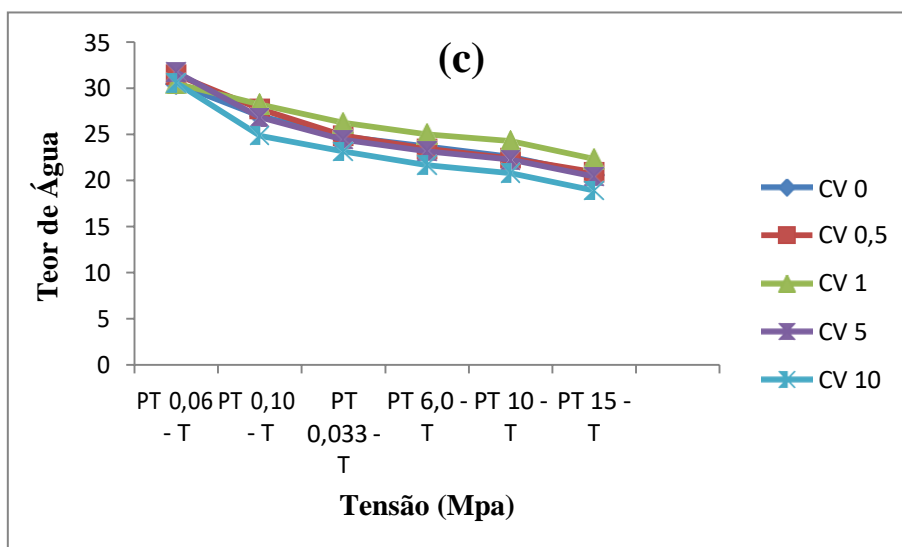


Figura 1. Curvas de retenção de água no Argissolo em função de diferentes tipos de biocarvão ((a) RPU; (b) RPM; (c) CV).

O comportamento das curvas de retenção ficou bem parecido em relação às tensões testadas nesse estudo, para todos os tipos de resíduos adicionados ao solo em diferentes proporções de biocarvões. Essa diminuição ocorreu devido à textura mais fina, a distribuição dos poros por tamanho é maior e mais uniforme, proporcionando a adsorção de maior conteúdo de água e decréscimo mais gradual da umidade do solo com o aumento da tensão. O tipo de resíduo adicionado teve pouca influência na retenção de água no solo cultivado com resíduos de algodão e cana-de-açúcar, concordando com os estudos de (ZORZETO et al., 2014).

O tipo de biocarvão determina o aumento na retenção de água do solo. De acordo com STREUBEL et al. (2011) obtiveram aumento de 13,7% na retenção de água a 0,1 MPa, com dose de 39 Mg.ha⁻¹. O carvão vegetal propiciou um aumento significativo na retenção de água, especialmente em solo arenoso (STREUBEL et al., 2011). O aumento da umidade do solo pode estar relacionado com a textura dos solos (OJEDA et al., 2015). A elevação da umidade em solos muito argilosos propõe um efeito combinando entre o biocarvão e a parte mineral do solo. Esses resultados contrapõem os resultados encontrados por SOHI et al. (2010) que afirmam que o tamanho dos poros do biocarvão é relativamente fixo, enquanto que a do solo mineral é determinada principalmente pela textura, assim pode-se esperar que os acréscimos da umidade a partir do biocarvão são maiores em solos arenosos, tem um efeito neutro em solos de textura média, e diminui a umidade disponível no solo argiloso.

De acordo os dados obtidos pode-se observar que para todos os tratamentos houve pontos em que o solo esteve saturado, isto é, acima da capacidade de campo (CC) (Figura 2). A análise mostrou que houve efeito de doses de biocarvão sobre a umidade do solo na Figura 2, sendo que o aumento na quantidade de biocarvão adicionada ao solo promoveu um aumento de aproximadamente 5g kg⁻¹ na quantidade de água disponível no solo. Além disso, a adição de biocarvão aumentou em quase 13% a retenção de água no solo, valor próximo ao observado por BASSO et al. (2013).

Na Figura 2 foi observado que o carvão vegetal, na dose 5 (t/ha), teve maior capacidade de armazenamento de água no solo, em relação as demais doses de biocarvão. Ainda analisando o comportamento do gráfico, pode perceber que o biocarvão de resíduo de processamento de manga, na dose 0,5 (t/ha) conseguiu reter mais água no solo, em comparação as demais doses estudadas. Os valores de teor de água nos biocarvões obtidos no presente trabalho são semelhantes na faixa de 0,10 a 10 Mpa com os apresentados na curva de retenção obtida por ZORZETO et al (2014), com diferentes biocarvões comercial. Entretanto, a curva obtida por estes autores apresenta teores de água quase constantes a medida que a tensão aumenta até 15 Mpa.

Podemos afirmar ainda que houve uma maior amplitude na saturação das amostras em relação retenção sobre as doses de biocarvões, isso acontece porque pequenos poros presentes no biocarvão tem elevada área superficial específica que promove a adesão e coesão entre o biocarvão e água, que podem aumentar a retenção de água. Esse comportamento também foi diagnosticado por ABEL et al. (2013) e BASSO et al. (2013) que verificaram aumento na água disponível após aplicação de diferentes biocarvão, especialmente em solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica. Do mesmo modo, MOLLINEDO et al. (2015) verificaram que a adição de 104 Mg ha⁻¹ de biocarvão permitiu aumento em até 25% na retenção de água em relação ao solo não tratado.

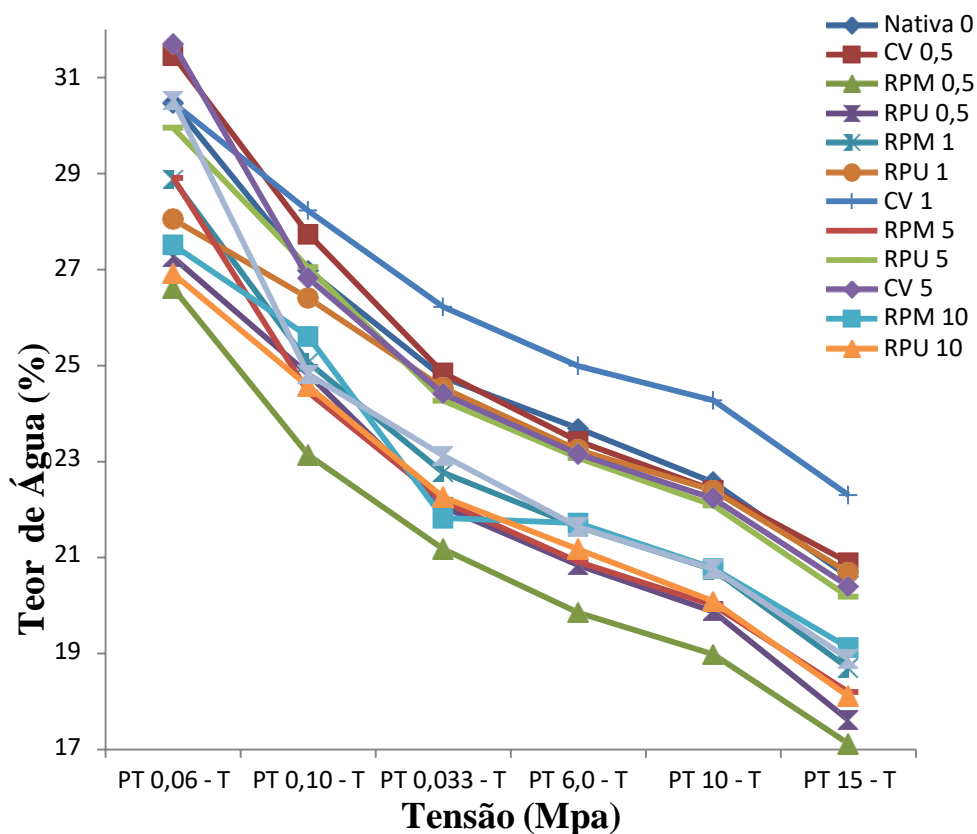


Figura 2. Curvas de retenção de água no Argissolo em função da adição de diferentes de biocarvão

Houve ainda uma amplitude considerável em relação a água drenável do biocarvão de carvão vegetal para os outros tipos de biocarvões estudados, que é correspondente a porosidade total desse solo. Nesse gráfico a curva teve um comportamento de retenção de água no solo semelhante aos diferentes tipos de biocarvão. A umidade residual foi semelhante, sendo reflexo da matriz do solo, ou seja, alterados pela granulometria do solo, comprovando que a textura da área é homogênea. Por sua vez, KARHU et al. (2011) observaram que biocarvão adicionado à um solo de textura media, similar ao solo desse estudo, na Finlândia provocou aumento na capacidade de retenção de água do solo em 11% quando comparado ao tratamento controle. Da mesma forma, LIU et al. (2012) relataram maior retenção de água em solos arenosos quando se utiliza biocarvão combinado com fertilizante. Esses estudos demonstram o potencial do biocarvão em melhorar a retenção de água, sobretudo em solos de textura mais grosseira, e a possibilidade de associação com fertilizantes.

TRYON (1948) encontrou 18% de acréscimos na retenção da umidade do solo em relação a quantidade de biocarvão em solos arenosos, entretanto não houve variação da umidade em solos argilosos e siltosos devido à hidrofobicidade do biocarvão.

A capacidade de água disponível (CAD) no solo para as plantas é definida como o conteúdo de água entre a capacidade de campo e o ponto de murcha. Com o teste de médias (Tabela 2), os tratamentos que obtiveram as maiores médias de CC foram o de biocarvão de resíduo de processamento de manga, diferindo estatisticamente dos demais tipos de biocarvões. Podemos inferir que são os materiais que contêm mais cargas, devido ao seu tamanho de partículas e porosidade especialmente os microporos do biocarvão que podem alterar a retenção de água no solo. Os tratamentos biocarvão de RPU e CV não diferenciaram estatisticamente nos valores de água disponível.

TABELA 2 Capacidade de água disponível¹, nos diferentes tipos de biocarvão, com doses de biocarvão na profundidade de 0,2 m.

| Capacidade de água disponível em m³. m³ | | | | | |
|--|-----------|------------|------------|--------------|---|
| Doses | CV | RPU | RPM | Media | |
| 0 | 4,14 | 4,14 | 4,14 | 4,14 | b |
| 0,5 | 3,95 | 4,44 | 4,06 | 4,15 | b |
| 1 | 3,92 | 3,84 | 4,07 | 3,94 | c |
| 5 | 4,01 | 4,08 | 3,97 | 4,09 | b |
| 10 | 4,23 | 4,15 | 7,06 | 5,35 | a |
| Media | 4,05 B | 4,13 B | 4,78 A | | |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna não diferem entre si, teste de medias (0,05). Capacidade de Água Disponível = retenção de água na CC (-0,033 MPa) – PMP (-1,5 MPa), CV: 15,84 %

Houve diferença estatística nas doses de biocarvão para a capacidade de água disponível do solo. Com destaque para o tratamento com a dose 10 t/ha que apresentou diferença estatística entre as diferentes doses de biocarvão para água disponível, assim apresentando a melhor média (5,35) de água disponível. A CAD foi a mesma para as doses (0, 0,5 e 5) de biocarvão adicionados ao solo, apesar dos valores médios serem bem próximos em relação a retenção de água, isso ocorre devido a textura mais grosseira. O biocarvão, devido à sua porosidade e, conseqüentemente, a sua alta superfície específica, pode aumentar significativamente a capacidade de retenção de água, sobretudo em solos de textura média e arenosa. Esse efeito foi verificado por Carvalho et al. (2014) com a aplicação de biocarvão em um Plintossolo de textura arenosa. Esses autores verificaram aumento na capacidade de retenção de água no solo, com aumento de 0,8 a 1% na água disponível para cada Mg ha⁻¹ de biocarvão aplicado. A área de superfície específica de um solo é uma característica importante, influenciando na fertilidade. A área de superfície específica do biocarvão que pode chegar a 400 m² g⁻¹ é comparável a da argila e superior a da areia. Tais parâmetros levam a hipótese de que a presença do biocarvão em solos de textura médias e arenosos pode suprir de certa forma a baixa capacidade de troca catiônica (Liang et al., 2006) disponibilidade de nutrientes e atividade de microrganismos.

4. CONCLUSÕES

O biocarvão de poda de manga foi o que apresentou os melhores valores de retenção de água no solo. As doses de biocarvão afeta positivamente nos valores de água disponível no solo com destaque para a dose de 10 t/ha. Os tratamentos de resíduo de processamento de mangueira com maior dosagem de biocarvão obteve os melhores resultados em capacidade de água disponível.

5. REFERENCIAS

- ABEL, S.; PETERS, A.; TRINKS, S.; SCHONSKY, H.; FACKLAM, M.; WESSOLEK, G. Impacto of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of Sandy soil. **Geoderma**, v. 202-203, p. 183-191, 2013.
- BASSO, A. S.; MIGUEZ, F. E.; LAIRD, D. A.; HORTON, R., WESTGATE, M. Assessing potential of biochar for increasing water-holding capacity of Sandy soils. **GCB Bioenergy**, v. 5, n. 2, p. 132-143, 2013.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- KARHU, K.; MATTILA, T.; BERGSTRÖM, I.; REGINA, K. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity – Results from a short-term pilot field study. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 140, n. 1-2, p. 309-313, 2011
- LIU, Y. et al. Reducing CH₄ and CO₂ emissions from waterlogged paddy soil with biochar. **Journal of Soils and Sediments**, v. 11, n. 6, p. 930-939, 2012. ISSN 1439-0108.
- 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.
- MAIA, C. M. B.; MADARI, B. E.; NOVOTNY, E. H. Advances in biochar research in Brazil. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011
- MOLLINEDO, J.; SCHUMACHER, T. E.; CHINTLA, R. Influence of feedstocks and pyrolysis on biochar's capacity to modify soil water retention characteristics. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 114, p.100-108, 2015.
- OJEDA, G. et al. Are soil-water functions affected by biochar application? **Geoderma**, Amsterdam, v. 249, p. 1-11, 2015.
- RICHARDS, L.A. & FIREMAN, M. Pressure pinte apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Sol! Sei.*, 56:395-404, 1965.

SHAHAB, C.W.; MATHER, J.R. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. **Centeron: Laboratory of Climatology**, 2013. 311p. (Publication in climatology, v.10, n.3).

SOHI, S. P. et al. A review of biochar and its use and function in soil. **Advances in Agronomy**, Burlington, v. 105, p. 47-82, 2010.

STREUBEL, J. et al. Influence of contrasting biochar types on five soils at increasing rates of application. **Soil Science Society of America Journal**, v. 75, n. 4, p. 1402-1413, 2011. ISSN 0361-5995.

TRYON, E. H. Effect of charcoal on certain physical, chemical, and biological properties of forest soils. **Ecology and Monograph**, v. 18, n. 1, p. 81–115, 1948.

ZORZETO, T. Q. et al. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas v. 73, n.3, p. 300-311, 2014.