



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

JANDERSON PEDRO DA SILVA

**USO DE BIOCARVÃO E HIDROGEL NA RETENÇÃO HÍDRICA E
CRESCIMENTO INICIAL DE CAJUEIRO PRECOCE**

FORTALEZA-CE

2017

JANDERSON PEDRO DA SILVA

USO DE BIOCÁRVÃO E HIDROGEL NA RETENÇÃO HÍDRICA E CRESCIMENTO
INICIAL DE CAJUEIRO PRECOCE

Monografia apresentada ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa.

FORTALEZA-CE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S58u Silva, Janderson Pedro da.
Uso de biocarvão e hidrogel na retenção hídrica e crescimento inicial de cajueiro precoce / Janderson Pedro da Silva. – 2017.
50 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa.
Coorientação: Prof. Dr. Rubens Sonsol Gondim .
1. Condicionadores de solo. 2. Anacardium occidentale L.. 3. Biochar. 4. Polímero hidrogel. I. Título.
CDD 630
-

JANDERSON PEDRO DA SILVA

USO DE BIOCÁRVÃO E HIDROGEL NA RETENÇÃO HÍDRICA E CRESCIMENTO
INICIAL DE CAJUEIRO PRECOCE

Monografia apresentada ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 05/12/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Pesquisador Dr. Rubens Sonsol Gondim (Orientador Técnico)
Embrapa Agroindústria Tropical

Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ms. Eurileny Lucas de Almeida
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho a meu avô, Luís Borges da Silva (*in memoriam*). Exemplo de simplicidade e de amor pela família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me permitido chegar tão longe nessa importante empreitada da minha vida, pelos momentos mais difíceis, somente com o auxílio Dele consegui.

A Universidade Federal do Ceará por ter me permitido conhecer um mundo completamente novo, amadurecer meu pensamento crítico, permitir o contato com grandes nomes da Agronomia e por fim me formar um profissional com consciência dos meus deveres.

Aos órgãos de fomento CNPq e FUNCAP, pelos auxílios tanto de bolsa, quando de recursos para realização das pesquisas que me envolvi durante minha graduação.

Aos meus pais José Airton e Maria José, pelo dom da vida, e por me apoiarem nesses longos anos de estudo.

As minhas queridas irmãs Eugenia Lemos e Eudenia Lemos, e seus respectivos maridos Antônio Edson e José Vandi, pelo cuidado, amparo, conselhos, amizade e por lutarem incansavelmente para manter nossa família cada vez mais unida.

Aos meus sogros Fernando Brasileiro e Maria da Conceição, por me acolherem em sua família e terem fé no meu esforço frente os desafios pelos quais passei.

Ao professor Carlos Alexandre, pela amizade e orientação nesse trabalho, sempre contribuindo com novas ideias e me incentivando a superar meus limites.

Ao Doutor Rubens Sonsol, pela paciência, confiança, conselhos, ensinamentos e orientação. Muito do profissional que almejo me tornar se inspirará em sua carreira e seu esforço.

A toda equipe de apoio técnico da Embrapa Agroindústria Tropical que me auxiliaram no progresso das pesquisas que participei e pela experiência profissional e amizade adquiridas.

Aos amigos Arthur Abreu, Victor Beviláqua e Abel Bruno do Laboratório de Solos e Água da Embrapa Agroindústria Tropical, pelo companheirismo nos trabalhos, momentos de descontração e troca de conhecimentos.

Aos meus amigos de vida Elidio Junior, Jefferson (Gugu) Jales e Victor Barbosa pelo apoio nos momentos difíceis, amizade, incentivo e principalmente por nunca terem duvidado do meu potencial.

A turma de agronomia do semestre 2012.2, em especial André Nogueira, Francisco William e Tácito Almeida, fieis amigos, presentes nos momentos mais complicados e engraçados dessa jornada de graduação.

Percebe-se pela longa lista, a importância de várias pessoas no meu processo de formação, entretanto cabe a uma os maiores méritos dessa conquista pessoal. Thaynara Pontes, namorada, parceira e amiga, obrigado por todos os momentos que estive comigo, e por sempre acreditar em mim, mesmo quando nem eu mesmo acreditava.

RESUMO

Regiões que apresentam irregularidades de chuvas e longos períodos de escassez hídrica enfrentam problemas no abastecimento de água durante o ciclo das culturas, expondo produtores a situações de fragilidade. Uma alternativa, para a falta de água nessas regiões, é a utilização de condicionadores de solo, que apresentam a capacidade de reter água, tornando-a mais disponível para o sistema radicular das plantas por um maior período de tempo. Portanto, o trabalho foi analisar o efeito de diferentes doses de biocarvão de cajueiro e de um polímero hidrogel, no crescimento vegetativo, volume de água utilizada e capacidade de retenção de água, em plantas de cajueiro precoce clone BRS 226. O experimento foi conduzido no campo experimental do Curu – Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Paraipaba – CE, no período de janeiro de 2015 a janeiro de 2016, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com dois fatores, perfazendo nove tratamentos com quatro repetições cada. As doses empregadas nas análises foram 0,5 (T1), 1,0 (T2); 2 (T3) e 4 (T4) kg cova⁻¹ de biocarvão e 0,02 (T5); 0,04 (T6); 0,06 (T7) e 0,08 9 (T8) kg cova⁻¹ de hidrogel, além do tratamento testemunha sem nenhuma dos de condicionador (T9). Foi utilizado uma bateria de tensiômetro em cada tratamento para controle da irrigação de suplementação. Os parâmetros de análise para crescimento vegetativo foram altura das plantas e número de folhas, para volume de água utilizado, foram analisados a quantidade de irrigação de suplementação aplicada e a retenção hídrica foi realizada com base na curva característica do solo, gerado pelo método do papel filtro Whatman N°42. Não houve evidência significativa para crescimento vegetativo em nenhum dos tratamentos testados. Para volume de água utilizada, os tratamentos que apresentarem menor volume foram os tratamentos T1, T2 e T5, respectivamente 60, 55 e 55 L planta⁻¹ recomendando-se dose mínima efetiva de 1,36 kg cova⁻¹ de biocarvão e 0,036 kg cova⁻¹ de hidrogel. Para a retenção hídrica, os tratamentos T2 e T6 apresentaram maior intervalo de tempo com água acima do ponto de irrigação de suplementação, respectivamente, 101 e 187 dias.

ABSTRACT

Regions that show irregularities in rainfall and long periods of water scarcity, find problems in water supply during the crop cycle, exposing producers to situations of fragility. An alternative, for the lack of water in these regions, is the use of soil conditioners, which have the capacity to retain water, making it more available to the plant root system for a longer period. The objective of this work was to analyze the effect of different doses of cashew biochar and a hydrogel polymer in the vegetative growth, volume of water used and water retention capacity, in early cashew tree seedlings BRS 226. experimental field of Curu - Embrapa Agroindústria Tropical, in the municipality of Paraipaba - CE, from January 2015 to January 2016, the experimental design was a randomized block design with two factors, making nine treatments with four replicates each. The doses used in the analyzes were 0.5 (T1), 1.0 (T2); 2 (T3) and 4 (T4) kg cova-1 biochar and 0.02 (T5); 0.04 (T6); 0.06 (T7) and 0.08 9 (T8) kg of hydrogel-1, in addition to the control treatment without any of the conditioner (T9). A tensiometer battery was used in each treatment to control supplementation irrigation. The analysis parameters for vegetative growth were the height of the seedlings and the number of leaves, for volume of water used, the amount of supplemental irrigation applied was analyzed and water retention was performed based on the soil characteristic curve, generated by the paper method Whatman N° 42 filter. There was no significant evidence for vegetative growth in any of the treatments tested. For the volume of water used, the treatments with the lowest volume were treatments T1, T2 and T5, respectively 60, 55 and 55 L plant⁻¹, recommending a minimum effective dose of 1.36 kg per pit of bio-carbon and 0.036 kg per pit of hydrogel. For water retention, treatments T2 and T6 had a longer time interval with water above the supplementation irrigation point, respectively, 101 and 187 days.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Agregados e fração porosa (macroporos e microporos) do solo.....	18
Figura 2 – Vista aérea do Campo Experimental do Curu, Paraipaba – CE.....	22
Figura 3 – Hidrogel em pó (esquerda) e hidratado (direita).	23
Figura 4 – Croqui da área experimental	24
Figura 5 – Mudas de cajueiro anão BR 226 em viveiro e transporte para local do experimento, Pacajus - CE.....	25
Figura 6 – Aplicação de Biocarvão ao redor das covas.....	25
Figura 7 – Bateria de tensiômetros instalados nas profundidades de 15 cm, 45 cm e 75 cm...	26
Figura 8 – Contagem de folhas (A) e medições de altura das plantas em campo (B), Paraipaba - CE.....	27
Figura 9 – Número de folhas e altura de plantas de cajueiro anão BRS 226, em diferentes dias após o transplântio (DAT), e com diferentes doses de biocarvão e hidrogel por tratamentos.	30
Figura 10 – Precipitação mensal registrada, Campo Experimental do Curu, Embrapa Agroindústria Tropical, Paraipaba - CE.	35
Figura 11 – Volume de água utilizada nas irrigações nos diferentes tratamentos com biocarvão e hidrogel, no período do experimento.....	35
Figura 12 – Volume de água utilizado com base nas diferentes doses de Biocarvão (A) e Hidrogel (B).....	36
Figura 13 – Curva característica do solo, gerada pelo método do papel filtro, ajustada pelo Software SWRC.	38
Figura 14 – Efeito ao longo do tempo de diferentes doses de biocarvão e hidrogel na retenção hídrica do solo.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Curvas de calibração para o papel filtro Whatman N° 42.....	21
Tabela 2 – Tratamentos e doses de biocarvão e hidrogel.	24
Tabela 3 – Resultados médios de número de folhas e altura de plantas sob influência de condicionadores de solo.....	29
Tabela 4 – Número de dias até a estabilização (DPE) da altura das mudas do cajueiro BRS 226, sob efeito de diferentes doses de biocarvão e hidrogel.....	33
Tabela 5 – Parâmetros para equação de van Genuchten para curva de retenção por método do papel filtro Whatman N°42.	37

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO GERAL	15
2.1. Objetivos Específicos	15
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	16
3.1 Necessidade hídrica do cajueiro	16
3.2 Importância da retenção hídrica em regiões semiáridas.	17
3.3 Utilização de biocarvão e do hidrogel na agricultura.....	19
3.4 Uso do método “Papel filtro Whatman N° 42” na determinação da curva característica de retenção de água no solo.....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Descrição da área	22
4.2 Preparo do Biocarvão e Hidrogel	22
4.3 Preparo da área experimental e implementação do pomar de cajueiro anão precoce	23
4.4 Determinação da curva característica do solo pelo método do papel filtro Whatman N° 42. 27	
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5.1 Crescimento Vegetativo	29
5.2 Frequência de irrigações e volume de água utilizada.....	34
5.3 Curva característica e efeito do biocarvão e do hidrogel na retenção hídrica.....	37
6. CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

A utilização da água na agricultura é inegavelmente um dos fatores essenciais para a elevação da produtividade de áreas cultivadas. Condições climáticas favoráveis aliados de sistemas de irrigação vêm garantindo a sobrevivência de áreas de produção ao longo da história da sociedade moderna, entretanto, a utilização da água apresenta grandes limitações em regiões onde a regularidade de chuvas e o seu armazenamento é deficitário, fazendo-se necessário buscar por metodologias alternativas que garantam uma maior segurança hídrica em regiões que sofrem com risco de escassez.

Regiões com irregularidade de chuvas estão presentes por todo o mundo, acredita-se que cerca de 30% do planeta seja região de clima árido ou semi árido (Parsons e Abrahams, 1994). No Brasil o chamado polígono das secas, que apresenta clima semi árido, é a área do país que tradicionalmente enfrenta problemas com relação ao déficit hídrico, o que acarreta limitações tanto no consumo humano quanto no uso da água na agricultura representando, assim, grandes problemas sociais e econômicos na região.

Sendo o nordeste brasileiro seu provável centro de origem (JOHNSON, 1973), o caju (*Anacardium occidentale* L.) apresenta grande valor econômico e social, sendo uma das culturas mais exploradas nessa região do Brasil. Sua vasta utilização tanto para alimentação *in natura* quanto para indústria, demonstra grande importância na vida da população local, porém a produção de caju, assim como a maioria das culturas utilizadas, tem como principal dificuldade o regime hídrico, o que frequentemente, deixa produtores em situação de fragilidade frente aos longos períodos de escassez pelo qual essa região do país corriqueiramente é submetida.

Estudos recentes demonstram que essa situação tende a piorar em um curto período de tempo, uma vez que mudanças ambientais recentemente analisadas, demonstram que o aumento da temperatura e a diminuição das taxas de precipitação em vários locais do mundo irão afetar diretamente os sistemas de produção vegetal, e a gestão de recursos hídricos de vários países.

Todos esses fatores contribuem para que pesquisas sejam realizadas no intuito de buscar alternativas para o problema de escassez de água em regiões semiáridas, uma delas é a utilização de métodos de aumentar a quantidade de água retida no solo, diminuindo assim a frequência de irrigações empregadas em diversos cultivos, garantindo uma maior autonomia das áreas produtivas frente períodos de estiagem e promovendo um melhor uso dos recursos hídricos locais.

Um método que vem se mostrando promissor na retenção da umidade no solo, é a utilização dos chamados condicionadores de solo, compostos de origem orgânica ou vegetal, que agem na estrutura do solo, modificando sua densidade e porosidade, permitindo que a água, tanto das chuvas quanto de irrigação, permaneça mais tempo disponível na zona radicular das plantas.

2. OBJETIVO GERAL

Utilizar o biocarvão de cajueiro e hidrogel como condicionadores de solo e avaliar seus efeitos no período de implementação de um pomar de cajueiro precoce em regime de sequeiro.

2.1. Objetivos Específicos

Analisar os efeitos do biocarvão e do hidrogel no crescimento vegetativo, frequência de irrigação e retenção hídrica do solo em pomar de sequeiro de cajueiro precoce BRS 226.

Utilizar o método do papel filtro como alternativa ao método tradicional da câmara de Richards para estabelecer uma curva característica do solo, permitindo assim, realizar análise quanto a retenção de água no solo.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Necessidade hídrica do cajueiro

O caju embora bem adaptado as condições climáticas do nordeste brasileiro, ainda encontra limitações com relação ao regime de chuvas desta região do país, visto que, o período chuvoso embora com valores elevados, concentra sua precipitação em poucos meses do ano (DE NYS *et al.*, 2016). Com essa característica climática, a maioria das áreas de cultivo é baseada no sistema de sequeiro onde as plantas tem sua necessidade hídrica atendida preferencialmente pelas precipitações (DA SILVA *et al.*, 2010), e quando possível, por irrigações suplementares. Uma alternativa para a escassez de água é a utilização de sistemas de irrigação em locais de cultivo que, quando utilizadas corretamente, permitem que a necessidade hídrica das plantas seja suprida, impedindo que a cultura sofra estresse hídrico e favorecendo um incremento na produção.

De acordo com Moreira e Costa (2013), o uso da irrigação diária promoveu um aumento de 92% na produtividade do clone de cajueiro precoce BRS 189 quando comparado a um cultivo de sequeiro. Por outro lado, o estresse hídrico promove efeitos prejudiciais nas plantas, tais como redução do crescimento da planta (DANIEL, 2008).

Daniel (2008) analisando o efeito do estresse hídrico em diferentes fases fenológicas, observou que o período que o cajueiro mais sofre com a falta de água é durante a fase de frutificação, fase essa que ocorre na segunda metade do ano, período que em regiões de clima semiárido, é caracterizado pela falta de chuvas no nordeste do Brasil.

Já em cultivos irrigados, é estimado uma aplicação de 10 a 20 L planta⁻¹ dia⁻¹ no primeiro ano de implementação, e de cerca de 109 L planta⁻¹ dia⁻¹, para plantas adultas em plena fase de produção (OLIVEIRA, 2008).

Oliveira *et al.* (2006), observando o efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de castanha de caju, com três clones diferentes de cajueiro precoce (CCP 09, CCP 76 e CCP 1001), constatou que ocorreu um efeito positivo entre frequência de irrigação e produção nos clones CCP 09 e CCP 76. Posteriormente, Carr (2014), realizando revisões em diversos trabalhos feitos no Brasil e na Austrália observou que no estudo de Oliveira *et al.* (2006), a produtividade de água para castanha de caju, em média para as cultivares CCP 09 e CCP 76 foi de 0,26 kg m⁻³.

Períodos de estiagem trazem grandes impactos para as populações locais, Khan *et al.* (2005) ao comparar um ano de chuvas regulares (2000) com o ano seguinte (2001) que

apresentou característica de seca, notou que em um curto período de tempo, os impactos já podem ser vistos na produção agrícola, na oferta de emprego no setor agrário e, conseqüentemente, na renda da população do estado do Ceará, demonstrando assim, que anos de seca, não somente representa um problema econômico, mas também um problema de caráter social.

Entretanto, o emprego de tecnologias para irrigação apresenta como principal dificuldade o custo de implementação, principalmente para pequenos produtores, Macêdo (2013) observou em trabalho realizado no município de Pentecoste - CE, um aumento de 80% dos custos totais na utilização de um cultivo irrigado de caju, em comparação a um cultivo de sequeiro. Miranda (2013), estipula que o custo inicial de um sistema de micro irrigação para o cajueiro precoce varia de R\$ 3.000,00 a R\$ 5.000,00 por hectare.

Além do quesito econômico, a utilização de métodos de irrigação encontra um obstáculo ainda maior, a falta de água devido ao comprometimento dos sistemas de abastecimento frente os longos períodos de estiagem.

Todos esses problemas de utilização de água, podem piorar com futuros aspectos ambientais. Gondim et al., (2008), analisando os possíveis impactos das mudanças climáticas, concluíram que a demanda de água para irrigação pode vir a aumentar em um futuro próximo, visto a diminuição das precipitações e aumento das taxas de evapotranspirações projetadas em culturas perenes na Bacia do Jaguaribe - CE.

Bello *et al.* (2016) ao comparar modelos futuros de mudanças climáticas nas principais regiões produtoras de castanha de caju de Benim, constatou que existe uma projeção de diminuição da quantidade de chuvas, principalmente nos meses de agosto a outubro, até o ano de 2050 e de elevação da temperatura até 2100, ressaltando a importância pela busca de metodologias de adaptação a esses futuros fatores climáticos.

Com base nesses aspectos limitantes quanto a utilização da água na produção do caju, é necessário estudar alternativas para um melhor manejo hídrico em regiões semiáridas. Uma possível alternativa é elevar a taxa retenção hídrica do solo, elevando a taxa de água disponível para as plantas e conseqüentemente causando uma diminuição na frequência de irrigações em pomares de caju.

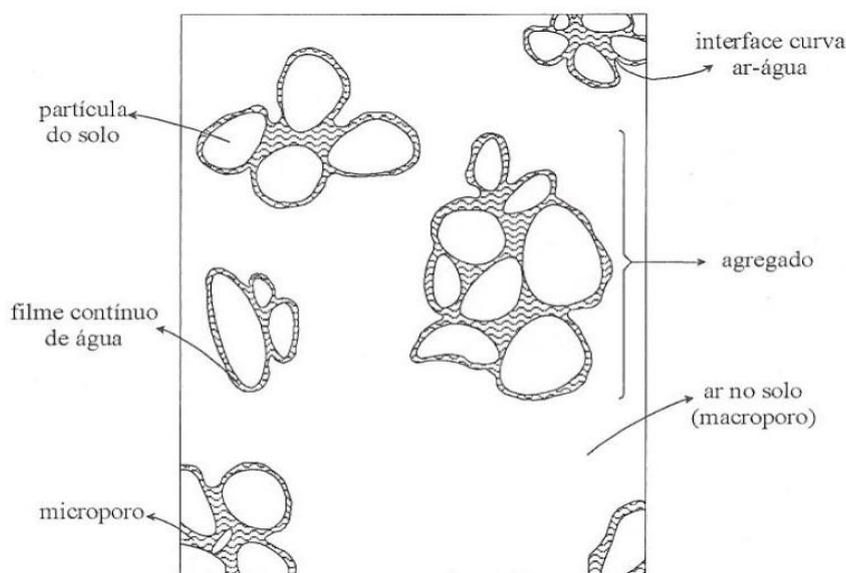
3.2 Importância da retenção hídrica em regiões semiáridas.

Tendo em vista que “retenção de água é a capacidade do solo em manter a água fornecida por precipitação ou irrigação” (KLEIN E KLEIN, 2015) permitindo assim que a água

fique mais tempo disponível na zona radicular das plantas, promovendo uma maior resiliência a períodos de estiagem, faz-se necessário utilizar técnicas que interfiram diretamente nas estruturas de armazenamento de água do solo, seus agregados e poros (figura. 1).

Agregados são partículas resultantes de várias forças de diferentes intensidades aplicadas nas partículas de areia, silte, argila e matéria orgânica do solo (Brady e Weil, 2009). Quanto aos poros, são espaçamentos entre e intra agregados dos solos que são divididas entre macroporos (maiores de que 0,08 mm), e microporos (menores que 0,08 mm), no primeiro, devido a seu tamanho, sua principal característica é a de retenção da porção de ar do solo, embora em situações de saturação esses espaços também se preencham com água.

Figura 1 – Agregados e fração porosa (macroporos e microporos) do solo.



Fonte: Libardi, 2005

Cabe aos microporos localizados na superfície e interior dos agregados a função de armazenamento da água no solo, por dois processos distintos, a capilaridade e a adsorção (LIBARDI, 2005). O processo físico da capilaridade é descrito como a tendência que os líquidos apresentam de subir em tubos capilares ou de fluir através de corpos porosos. Já a adesão é um fenômeno que ocorre quando há interação entre um líquido e um sólido, e a atração exercida pelas moléculas do sólido é maior que a atração exercida pelas moléculas do próprio líquido (AZEVEDO NETO, 1998).

Esses fenômenos afetam diretamente a disponibilidade total de água do solo, que corresponde as umidades entre a capacidade de campo e ao ponto de murcha permanente (BERNARDO *et al.*, 2006). Logo, é possível notar a relação direta da porosidade do solo e o

volume de água nele contido, e a sua importância na determinação da capacidade total de água (CTA), que juntamente da evapotranspiração e da porcentagem de área molhada, é o ponto de referência para estimar a frequência das irrigações (BERNARDO *et al.*, 2006).

3.3 Utilização de biocarvão e do hidrogel na agricultura

O biocarvão é basicamente uma fonte de biomassa que foi previamente aquecida com baixo ou nenhum nível de oxigênio, com o propósito de ser aplicado ao solo com intuito de elevar sua qualidade agrônômica e ambiental (MAIA *et al.*, 2011).

Os processos tradicionais de fabricação do carvão vegetal podem utilizar poços, montes ou fornalhas, enquanto que processos mais avançados de pirólise necessitam de complexas plantas, onde o processo é bem controlado (BROWN 2009, *apud* COWIE *et al.*, 2012).

Entretanto, a utilização do biocarvão pode ser observada em comunidades indígenas da Amazônia desde do período pré-Colombiano, onde a denominada “terra preta de índio” é um sinal claro da ação antrópica nos solos dessa região. Nesse solo são encontrados pedaços de cerâmicas, cinzas, carvão e outros elementos químicos como P, Mg, Zn, Cu, Ca, S e Ba, tornando esses solos mais férteis quando comparados aos outros solos da região (NOVOTNY *et al.*, 2009).

Estudos também apontam que a utilização do biocarvão apresenta resultado positivos na diminuição da liberação de gases de efeitos estufa e incremento da produção de cultivos (LIU *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2012), sequestro de carbono e sorção de alguns herbicidas, e redução da taxa de lixiviação e escoamento superficial, o que pode alterar, também, as taxas de aplicação desses compostos químicos (SPOKAS *et al.*, 2009).

Quanto a capacidade de retenção de água no solo De Carvalho *et al.* (2014), analisando diferentes doses de biocarvão e seu efeito na drenagem de solos arenoso contidos em vasos, constatou um efeito positivo entre a quantidade de carvão no solo e o aumento do volume de água retida nos vasos. Streubel *et al.* (2011), em experimento com cinco solos diferentes, constatou que em solos arenosos utilizando 39 t ha⁻¹ de biocarvão ocorreu um aumento de 13,7% na capacidade de retenção da água no solo a 0,1 Mpa.

Os hidrogéis são polímeros hidrofílicos de estrutura reticulada, com capacidade de absorver quantidades consideráveis de água ou fluídos, entre 10 à 100 vezes seu volume inicial, em curtos períodos de tempo (OMIDIAN *et al.*, 2005).

Com relação aos efeitos do hidrogel nas características físicas do solo, é observada semelhança aos efeitos do biocarvão, Abel *et al.* (2013), observaram que a aplicação de biocarvão e hidrogel em solos pobres em matéria orgânica, causou uma diminuição da densidade do solo, o aumento de sua porosidade e de sua capacidade de retenção hídrica.

Para a retenção hídrica, é possível observar a relação positiva da utilização do polímero e o aumento da retenção de água, principalmente em solos arenoso (JUNIOR IDROBO *et al.*, 2011).

Alves Marques *et al.* (2013) testando o efeito da utilização de diferentes doses de hidrogel na irrigação suplementar de mudas de cafeeiro, observou que utilizando 2 g de hidrogel e sem irrigação suplementar, obtiveram os mesmos resultados de crescimento das mudas sem hidrogel e com irrigação suplementar, tornando-se uma alternativa a substituição da irrigação de suplementação. Outros trabalhos reforçam os efeitos do hidrogel na diminuição da frequência de irrigação de culturas perenes, tornando-se uma alternativa na diminuição do volume de água aplicada nos momentos iniciais das culturas (MARTINS *et al.*, 2013; NAVROSKI *et al.*, 2015).

3.4 Uso do método “Papel filtro Whatman N° 42” na determinação da curva característica de retenção de água no solo.

A utilização da curva característica de retenção de água o solos - CRAS é fundamental no manejo da irrigação, por demonstrar as propriedades hídricas dos solo através da relação entre umidade (θ) e potencial matricial (Ψ), permitindo assim, a determinação da água disponível e de teor de água atual no solo (COSTA *et al.*, 2008; LUCAS *et al.*, 2011).

Embora tradicionalmente utilizado como método mais comum de determinação da curva característica de retenção de água do solo, a câmara de pressão de Richards apresenta dificuldades em seu uso, como a determinação do ponto de equilíbrio entre pressão aplicada a água retirada do solo, contato amostra-placa, longo tempo exigido para as medições e custo do equipamento (TAVARES *et al.*, 2008), fazendo-se necessário, buscar métodos alternativos que tenham um maior acesso, maior velocidade na obtenção dos dados e que seja menos oneroso.

Dentre as várias alternativas ao método tradicional de determinação da curva característica do solo, o método do papel filtro dispõe de vantagens principalmente com relação a sua praticidade de utilização, preço se comparado a outras metodologias e precisão na caracterização das curvas, tornando seu emprego viável como alternativa ao método de câmara de Richards (TAVARES *et al.*, 2008).

A fundamentação do método do papel filtro se baseia no contato entre uma amostra de solo e o papel filtro, devidamente protegidos do meio externo por recipiente fechado, permitindo que a água contida no solo interaja com o papel que por sua vez o absorverá, entrando posteriormente em equilíbrio, o que permite a dedução do potencial matricial do solo por curva de calibração específica para o tipo de papel (ASTM, 2003).

Com relação as equações de calibração o cada papel filtro, a literatura dispõe de vários modelos de calibração (Tabela 1).

Tabela 1 – Curvas de calibração para o papel filtro Whatman N° 42.

Referencia	Umidade	
	Gravimétrica do Papel Filtro (%)	Sucção (log ₁₀ kPa)
ASTM D5298	u < 45,3	5,327 - 0,0779 u
	u > 45,3	2,412 - 0,0135 u
Chandler & Gutierrez (1986)	-	2,85 -0,0622 u
Chandler et al. (1992)	u < 47	4,842-0,0622 u
	u > 47	6,050-2,48 Log u
Oliveira & Marinho (2006)	u <33	4,83 – 0,0839u
	u > 33	2,57 – 0,0154u

Fonte: Bicalho *et al.* (2007)

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área

O experimento foi realizado no campo experimental do Curu, pertencente a Embrapa Agroindústria Tropical (Figura 2), localizado no município de Paraipaba – CE, no período de janeiro de 2016 a janeiro de 2017.

O clima da região é, segundo classificação de Köppen é Aw, região pertencente ao grupo de clima tropical chuvoso, com temperatura média do mês mais frio maior ou igual a 18 °C e precipitação do mês mais seco menor que 30 mm, onde a época mais seca ocorre no inverno e o máximo de chuvas ocorre no outono, e temperatura média de 27,5 °C (AGUIAR *et al.*, 2003). A precipitação média da região é de aproximadamente 1.200 mm e o solo onde foi realizado o experimento foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo.

Figura 2 – Vista aérea do Campo Experimental do Curu, Paraipaba – CE.



Fonte: EMBRAPA – CNPAT

4.2 Preparo do Biocarvão e Hidrogel

O biocarvão utilizado foi originado de podas de cajueiro submetido ao processo de pirolise em fornos de carvoaria localizado na região de Pacajus – CE. O carvão, então preparado, seguiu para unidade central da EMBRAPA agroindústria tropical localizado no

município de Fortaleza – CE, em sacos de 15 kg, onde teve sua granulometria reduzida por método de maceração manual até que a maioria dos grânulos de carvão estivessem com aproximadamente 2 mm de diâmetro.

Em seguida o carvão macerado foi colocado em sacos plásticos, devidamente identificados com as quantidades de carvão referente as doses de 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 kg, respectivamente tratamentos 1, 2, 3 e 4 utilizados no experimento.

Quanto ao hidrogel, foi utilizado uma mistura comercial de registro Hydroplan – EB[®], polímero desenvolvido para utilização na agricultura, que quando seco possui aspecto de pó branco e uma vez hidratado assume a aparência de um gel transparente (Figura 3). O hidrogel foi então levado a uma balança de precisão onde foi pesado e posteriormente separado em sacos plásticos devidamente identificados, com as doses de 0,02, 0,04, 0,06 e 0,08 kg, referente respectivamente aos tratamentos 5, 6, 7 e 8.

Figura 3 – Hidrogel em pó (esquerda) e hidratado (direita).



Fonte: Hydroplan – EB[®]

4.3 Preparo da área experimental e implementação do pomar de cajueiro anão precoce

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com dois fatores, biocarvão e hidrogel, perfazendo nove tratamentos com quatro repetições cada. O espaçamento utilizado foi de 4 metros entre plantas e 8 metros entre linhas, com 6 plantas por repetição e com bordadura nas laterais do experimento (Figura 4).

Figura 4 – Croqui da área experimental.

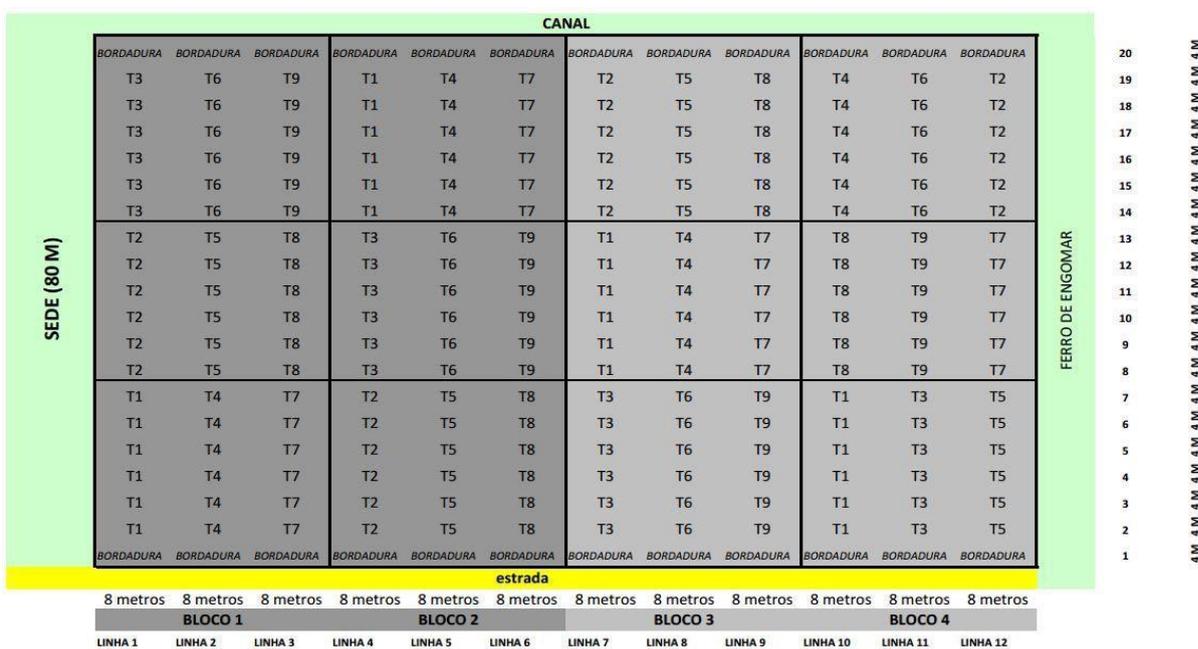


Tabela 2 – Tratamentos e doses de biocarvão e hidrogel.

Biocarvão		Hidrogel		Testemunha	
Tratamento	Dose (kg)	Tratamento	Dose (kg)	Tratamento	Dose (kg)
T1	0,5	T5	0,02	T9	0,0
T2	1,0	T6	0,04		
T3	2,0	T7	0,06		
T4	4,0	T8	0,08		

Fonte: Elaborado pelo autor

As mudas de cajueiro precoce foram cedidas pela EMBRAPA Agroindústria Tropical (Figura 5), localizada no município de Pacajus – CE. O clone utilizado foi o BRS 226, que possui uma boa aptidão para produção de castanha, porte pequeno e resistência ao clima de regiões semiáridas, sendo um dos clones mais recomendados para produção na maioria dos estados do nordeste (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

Figura 5 – Mudas de cajueiro anão BR 226 em viveiro e transporte para local do experimento, Pacajus - CE.



Fonte: Autor.

As covas foram abertas, com auxílio de implemento, com dimensões de 40 centímetros de diâmetro por 40 centímetros de profundidade. Foi realizado uma adubação de fundação com NPK, e em seguida as quantidades tanto de biocarvão quanto de hidrogel foram misturadas ao solo que retornaria para a cova no momento do transplântio das mudas (Figura 6).

Figura 6 – Aplicação de Biocarvão ao redor das covas.



Fonte: Autor.

Com as mudas já transplantadas, foram colocados em cada tratamento uma bateria de tensiômetros nas profundidades de 15, 45 e 75 centímetros (Figura 7), com o intuito de estabelecer o momento de início da irrigação suplementar.

Para determinação do momento da irrigação suplementar foi estabelecido que, quando o manômetro presente no tensiômetro de 15 cm, profundidade referente ao sistema radicular da muda no período da análise, demonstrasse pressão de 60 kPa em determinado tratamento, a irrigação suplementar era iniciada em todas as repetições desse mesmo tratamento com a aplicação de um volume de 5 litros de água por planta. Todas as baterias de tensiômetros eram verificadas diariamente, com exceção dos finais de semana, e em seguida anotadas para posterior análise.

Figura 7 – Bateria de tensiômetros instalados nas profundidades de 15 cm, 45 cm e 75 cm.



Fonte: Autor.

Os parâmetros de crescimento vegetativo analisados foram número de folhas e altura das plantas. Foram escolhidas cinco plantas de cada repetição onde era realizado a contagem manual das folhas e a mensuração de sua altura com auxílio de trena (Figura 8). Os dados foram analisados utilizando o software estatístico R.

As medidas foram tomadas com 60 dias após o transplante (DAT) e foram repetidas no período de 88, 123, 158, 210, 252, 315 e 388 DAT.

Figura 8 – Contagem de folhas (A) e medições de altura das plantas em campo (B), Paraipaba - CE.



Fonte: Autor.

4.4 Determinação da curva característica do solo pelo método do papel filtro Whatman

Nº 42.

O procedimento foi iniciado com a coleta de 30 amostras de solos no local de realização do experimento na profundidade do sistema radicular das plantas, utilizando capsulas de PVP de 3,0 centímetros de altura por 5,0 centímetros de diâmetro, e em seguida sendo acondicionadas em caixas de isopor devidamente identificadas. O procedimento foi realizado de modo a retirar amostras indeformadas de solo.

No laboratório de solos e água da Embrapa Agroindústria Tropical, foi realizado as análises para obtenção de densidade de partículas e porosidade do solo. Todas as amostras foram colocadas por 24 horas em contato com a água para saturação, e submetidas a perda de água por gravimetria, de modo que a quantidade de água se alterasse ao longo do tempo. A medida que as amostras perdiam água o seu peso era mensurado em balança digital, e procedia-se com o contato do papel filtro com o solo, seguido pela envoltura das amostras em plástico filme e papel alumínio. As amostras ebaladas foram acondicionadas em recipiente de isopor, procedimento necessário para evitar perda ou ganho de umidade e oscilação de temperatura, por prazo de sete dias como recomendado pela ASTM-D 5298-93.

Após o período mínimo de contato, as amostras foram retiradas do isopor e o peso úmido do papel filtro foi medido utilizando balança digital com quatro casas decimais em período menor que cinco segundos. Após todas as medições, tanto papel filtro quanto as amostras úmidas, foram secas em estufa à 105°C por 24 horas. Passado o período de secagem, amostras de solo e de papel filtro foram pesadas e seus dados analisados utilizando equação de calibração proposta por Chandler *et al.* (1992), que relaciona potencial matricial (Ψ) em kPa e umidade do papel filtro (u), (Equações 1 e 2).

$$\text{Para } u > 47\%: \Psi = 10^{(6,05-2,48 \text{ Log}(u))} \quad (1)$$

$$\text{Para } u < 47\%: \Psi = 10^{(4,84-0,0622u)} \quad (2)$$

Por fim, uma vez encontrado os valores experimentais de potencial matricial das amostras e sua respectiva umidade, os dados foram ajustados ao modelo proposto por Van Genuchten (1980), através do Software SWRC (Soil Water Retention Curve) desenvolvido por Seki (2007), (Equação 3).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + |\alpha \Psi_m|^n)^m} \quad (3)$$

Onde, θ_r e θ_s são relacionados, respectivamente, ao volume de água residual e de saturação ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), Ψ_m o potencial mátrico de água no solo (kPa), α o escalonador do Ψ_m , enquanto m e n são parâmetros relacionados ao formato da curva.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Crescimento Vegetativo

Ao final das análises foi possível notar que não houve diferença estatística para o número de folhas e para altura de plantas, nos tratamentos com biocarvão e hidrogel (TABELA. 3). Também foi possível notar um padrão semelhante na taxa de quantidade de folhas e altura média das plantas ao longo do período de um ano de experimento (Figura 9).

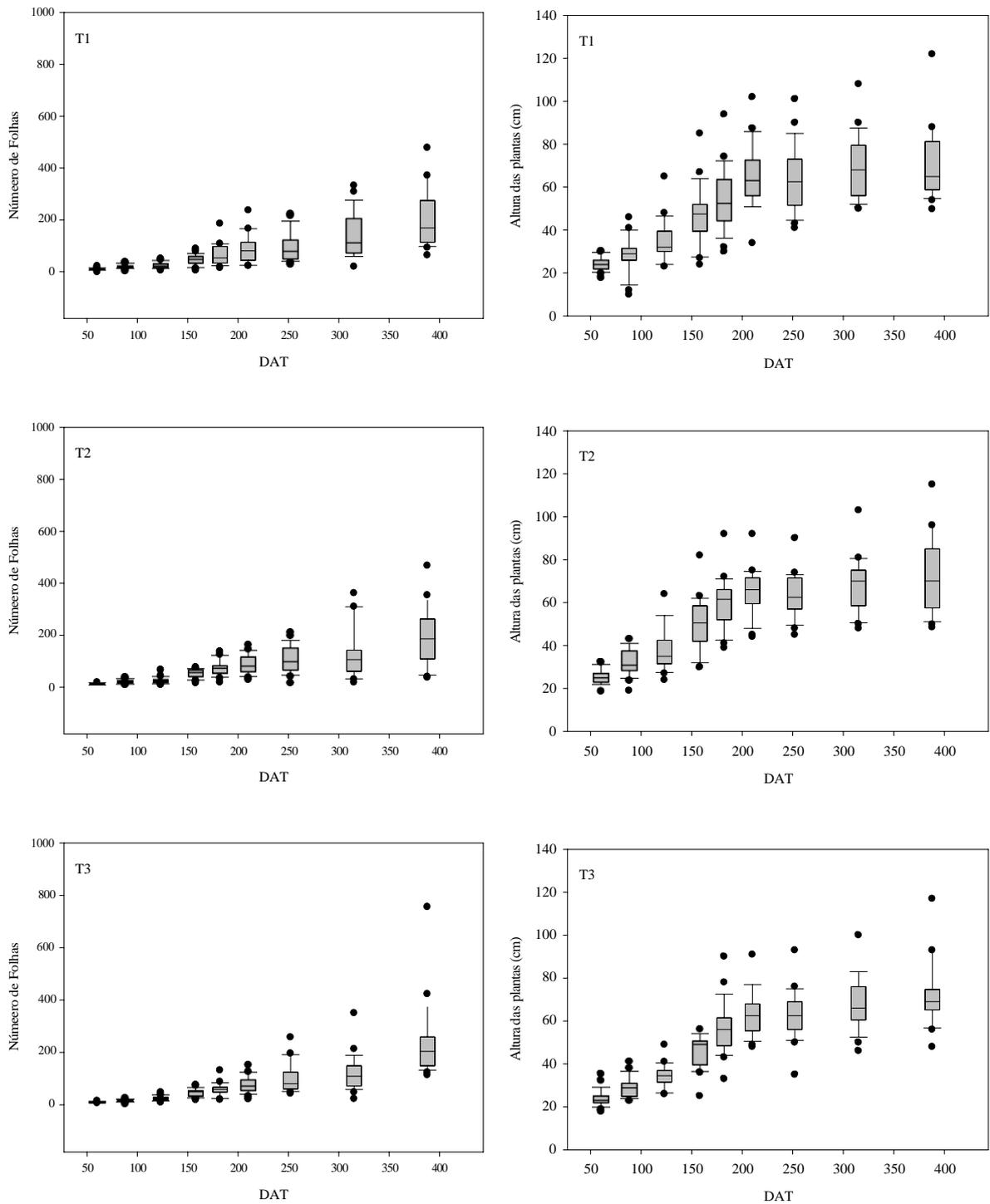
Tabela 3 – Resultados médios de número de folhas e altura de plantas sob influência de condicionadores de solo.

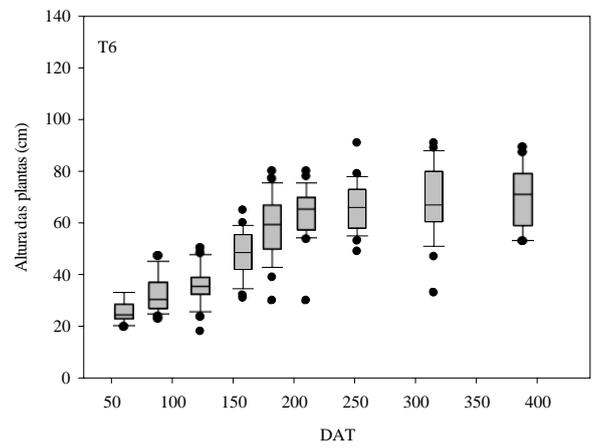
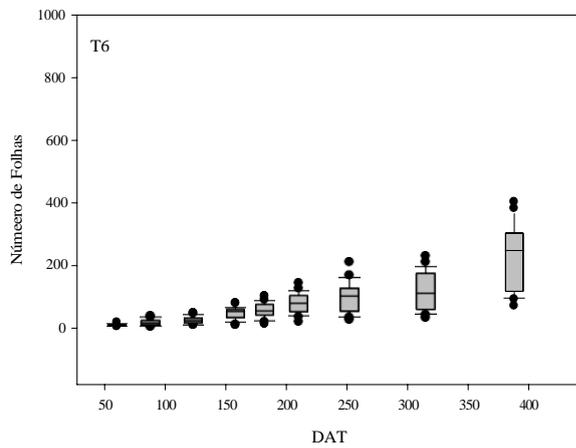
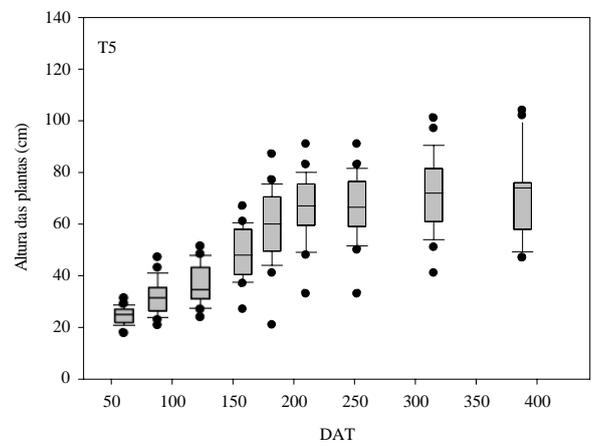
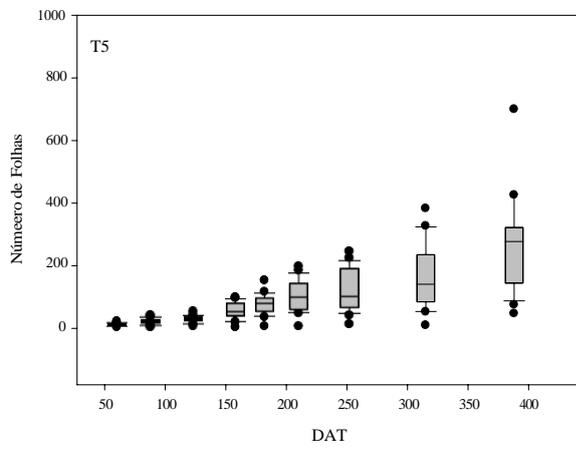
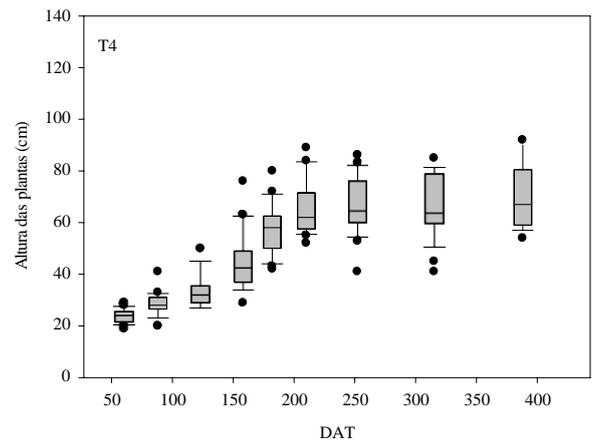
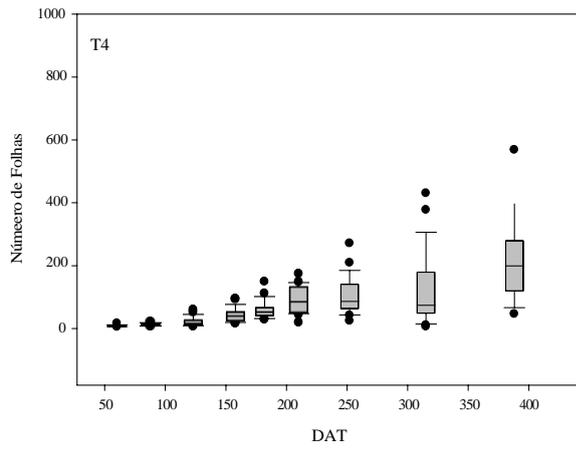
Tratamento	Número de folhas	Altura das mudas (cm)
	Média	Média
T1	215,875 (A) *	70,975 (a)
T2	187,425 (A)	71,700 (a)
T3	237,300 (A)	73,225 (a)
T4	229,775 (A)	71,175 (a)
T5	265,350 (A)	71,400 (a)
T6	230,275 (A)	70,562 (a)
T7	304,400 (A)	74,875 (a)
T8	301,237 (A)	76,625 (a)
T9	258,875 (A)	70,900 (a)
CV%	27,76	11,53

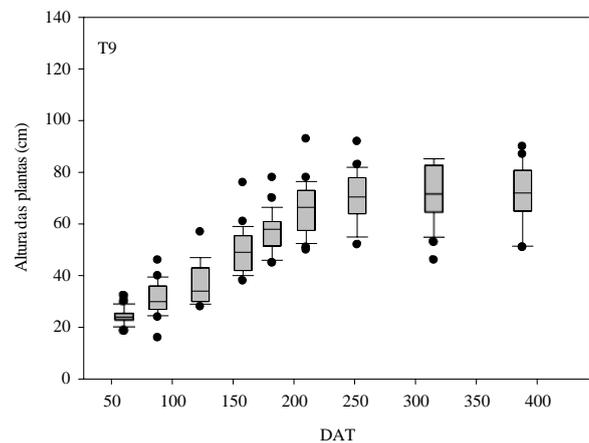
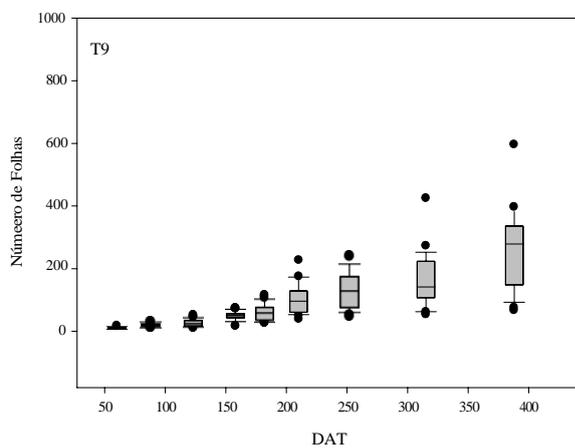
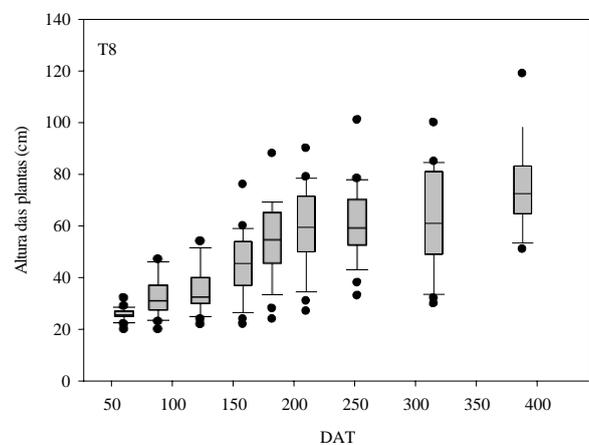
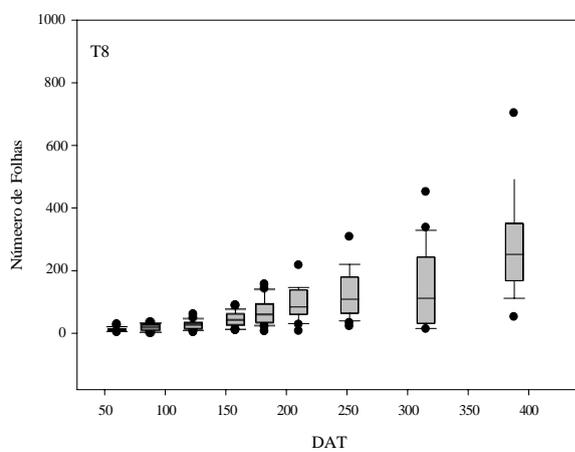
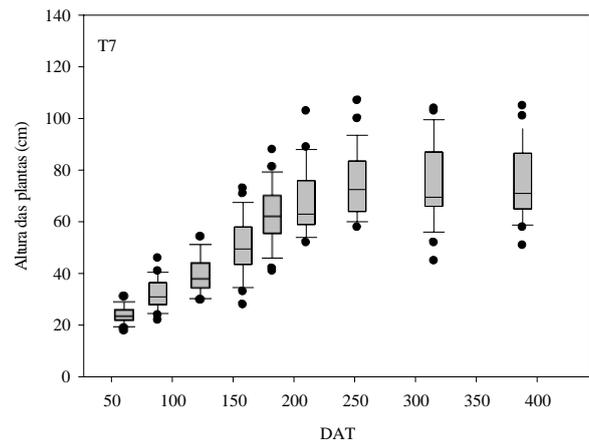
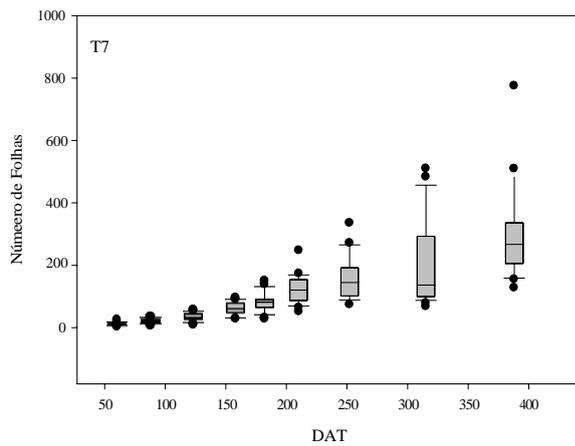
* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 – Número de folhas e altura de plantas de cajueiro anão BRS 226, em diferentes dias após o transplante (DAT), e com diferentes doses de biocarvão e hidrogel por tratamentos.







Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi possível observar uma tendência de estabilização da altura das plantas por volta dos 60 centímetros, com melhor ajuste de modelo sendo o exponencial (Tabela 4). Não se pode aplicar o mesmo modelo ao número de folhas, pois até o término do experimento o número de folhas permaneceu crescente ao longo dos dias.

Tabela 4 – Número de dias até a estabilização (DPE) da altura das mudas do cajueiro BRS 226, sob efeito de diferentes doses de biocarvão e hidrogel.

Tratamento	Altura das plantas	R²	DPE
T1	$y = 4,7004x^{0,4804}$	0,9119	201
T2	$y = 6,9923x^{0,4095}$	0,9054	190
T3	$y = 4,9812x^{0,4686}$	0,9067	203
T4	$y = 4,7186x^{0,4796}$	0,8879	201
T5	$y = 6,2279x^{0,4333}$	0,8965	186
T6	$y = 6,957x^{0,4086}$	0,8854	195
T7	$y = 5,7743x^{0,4587}$	0,9031	165
T8	$y = 7,1404x^{0,3963}$	0,8844	217
T9	$y = 5,9598x^{0,443}$	0,898	184

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em diversos trabalhos que testaram o efeito de condicionadores de solo na taxa de crescimento das cultura, é possível notar diferenças positivas na taxa de crescimento vegetativo, altura e número de folhas (ALBUQUERQUE FILHO *et al.*, 2009; VACCARI *et al.*, 2015), resultados divergente do encontrado neste trabalho.

Nicoletti *et al.* (2014) observaram em estudo realizado com mudas de *Eucalyptus urograndis* a interferência do hidrogel na taxa de crescimento do sistema radicular e da parte aérea, concluíram que sua utilização representou um aumento tanto na porcentagem de enraizamento quanto na taxa de crescimento vegetativo das mudas, atribuindo esse benefício a capacidade de retenção da umidade promovida pelo hidrogel, o que gera um melhor desenvolvimento radicular e uma maior taxa de nutrientes disponíveis na solução do substrato.

Entretanto, em trabalhos que colaboram com o resultado encontrado, como o realizado por Barbosa (2011), as doses de condicionadores não surtiram efeito na altura de mudas, pois fatores climáticos e de solo contribuíram para que não houvesse uma restrição hídrica por longo período de tempo, permitindo que as plantas não entrassem de fato em fase de estresse hídrico e conseqüentemente não alterando sua capacidade de crescimento vegetativo. Características semelhante ocorreu no presente trabalho, visto que, irrigações suplementares ocorriam sempre que os tratamentos apresentavam necessidade de irrigação de acordo com as baterias de tensiômetros instaladas na área.

O resultado encontrado também pode ser atribuído a resistência do cajueiro a períodos de escassez hídrica, atribuído a sua adaptação climática ao clima semi árido, desse modo, não apresentando diferenças significativas quanto ao seu crescimento vegetativo.

Para a quantidade de dias até a estabilização da altura das plantas de cajueiro BRS 226, houve pouca variação entre os tratamentos, embora o tratamento T7 apresentou menor quantidade de dias quanto comparado ao testemunha, 165 dias.

5.2 Frequência de irrigações e volume de água utilizada

Ao final do primeiro ano do experimento foi possível notar uma diferenciação na exigência de irrigações suplementares fornecidas as plantas de cajueiro precoce BRS 226.

Na figura 10, é possível observar os valores de precipitação mensal ao longo do período do experimento, registrando chuvas nos primeiros sete meses do ano, em especial no mês de abril com valor de aproximadamente 500 mm, seguindo de cinco meses de escasses hídrica, o qual é interrompida somente em janeiro de 2017.

Para o tratamento com biocarvão a dose que evidenciou menor exigência na frequência de irrigação foi o que representava 1,0 kg de biocarvão cova⁻¹ (T1), apresentando um volume total de 60 L planta⁻¹ ano⁻¹. Para o hidrogel, tanto o tratamento com 0,02 quanto 0,04 kg cova⁻¹, respectivamente tratamento T5 e T6, apresentaram volume de água utilizada igual a 55 L planta ano⁻¹, sendo assim, as doses com menor uso de água de irrigação (Figura 11).

Ambos os resultados foram inferiores quanto ao uso de água, quando comparados ao tratamento testemunha que teve um consumo total de 110 L planta ano⁻¹.

Entretanto faz-se necessário citar que a maior dose de biocarvão (T4) e as duas maiores doses de hidrogel (T7) e (T8) apresentaram volume de água utilizada superior ao tratamento testemunha, 150 L planta⁻¹ ano⁻¹ para o tratamento com 4,0 kg de biocarvão e 125 L planta⁻¹ ano⁻¹ e 140 L planta⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, tratamentos com 0,06 e 0,08 kg de hidrogel.

Ao analisar separadamente a influência de cada dose dos condicionadores no volume de água, pode-se estabelecer por derivação a dose mínima tanto para o carvão 1,36 kg cova⁻¹ quanto para hidrogel 0,031 kg cova⁻¹, para que se tenha uma eficiência na redução da água utilizada na irrigação suplementar (Figura 12).

Figura 10 – Precipitação mensal registrada, Campo Experimental do Curu, Embrapa Agroindústria Tropical, Paraipaba - CE.

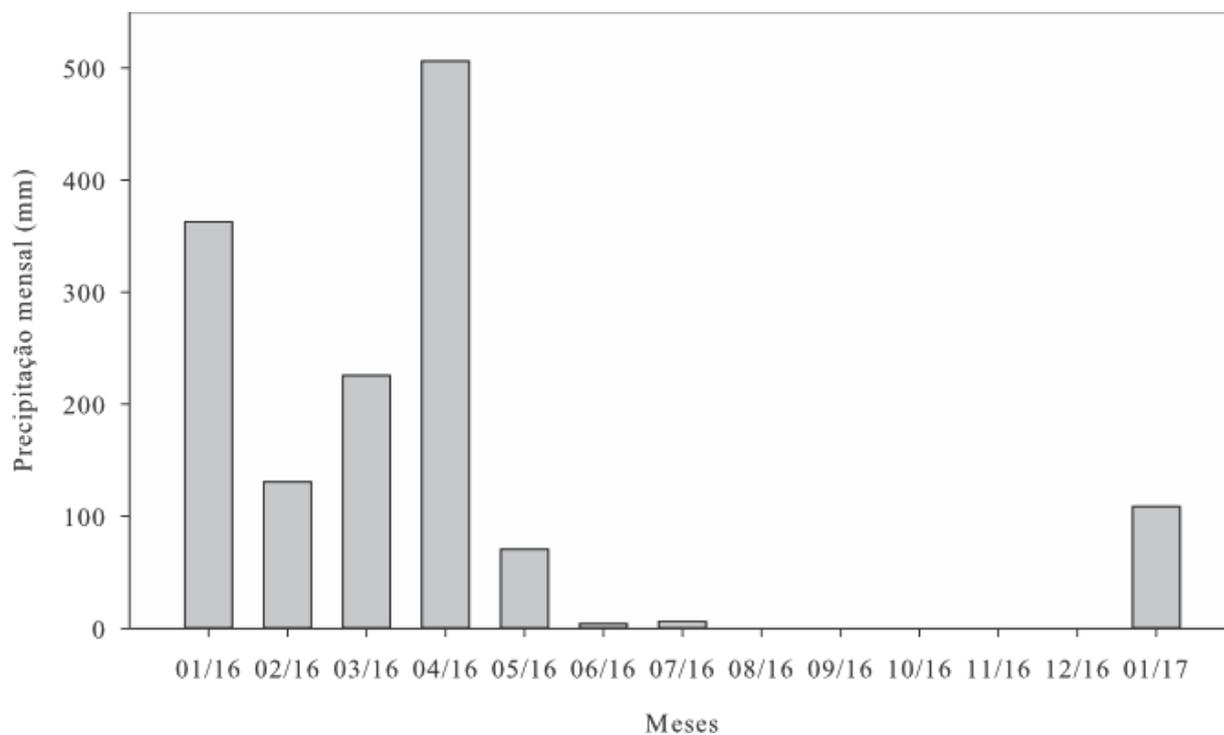


Figura 11 – Volume de água utilizada nas irrigações nos diferentes tratamentos com biocarvão e hidrogel, no período do experimento.

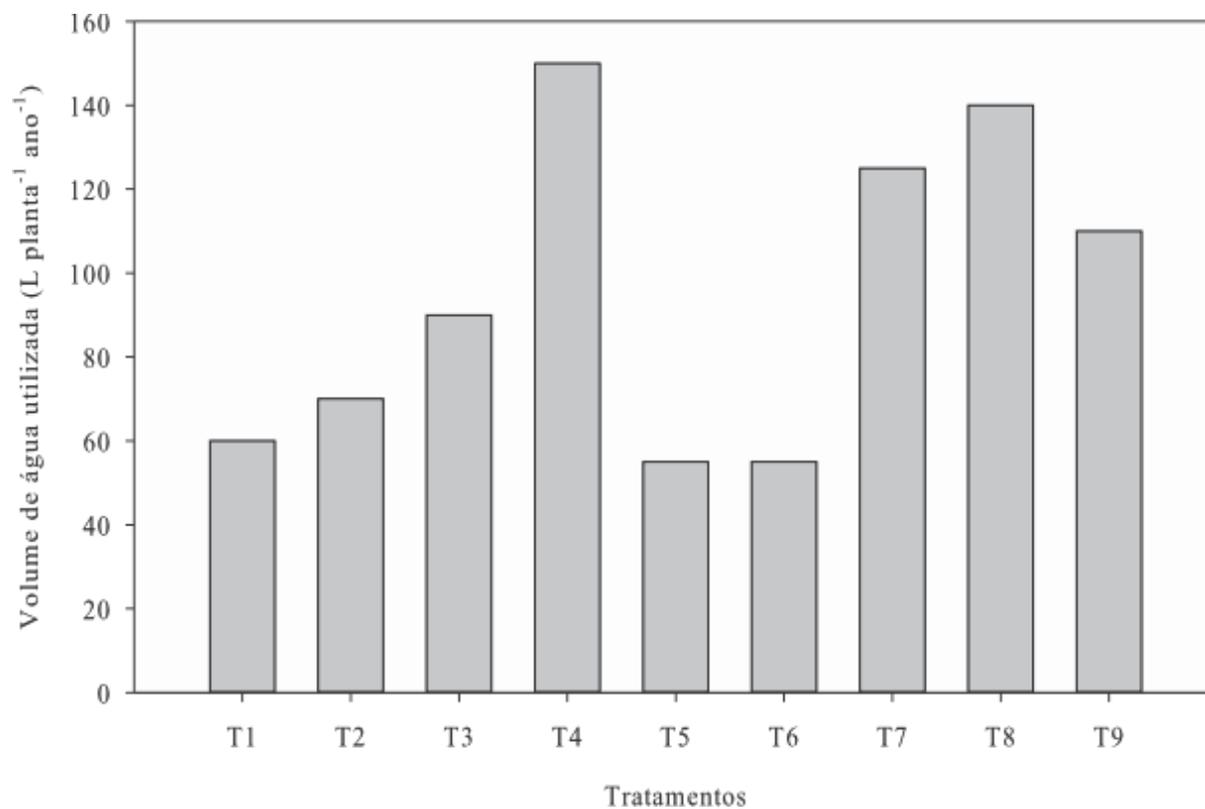
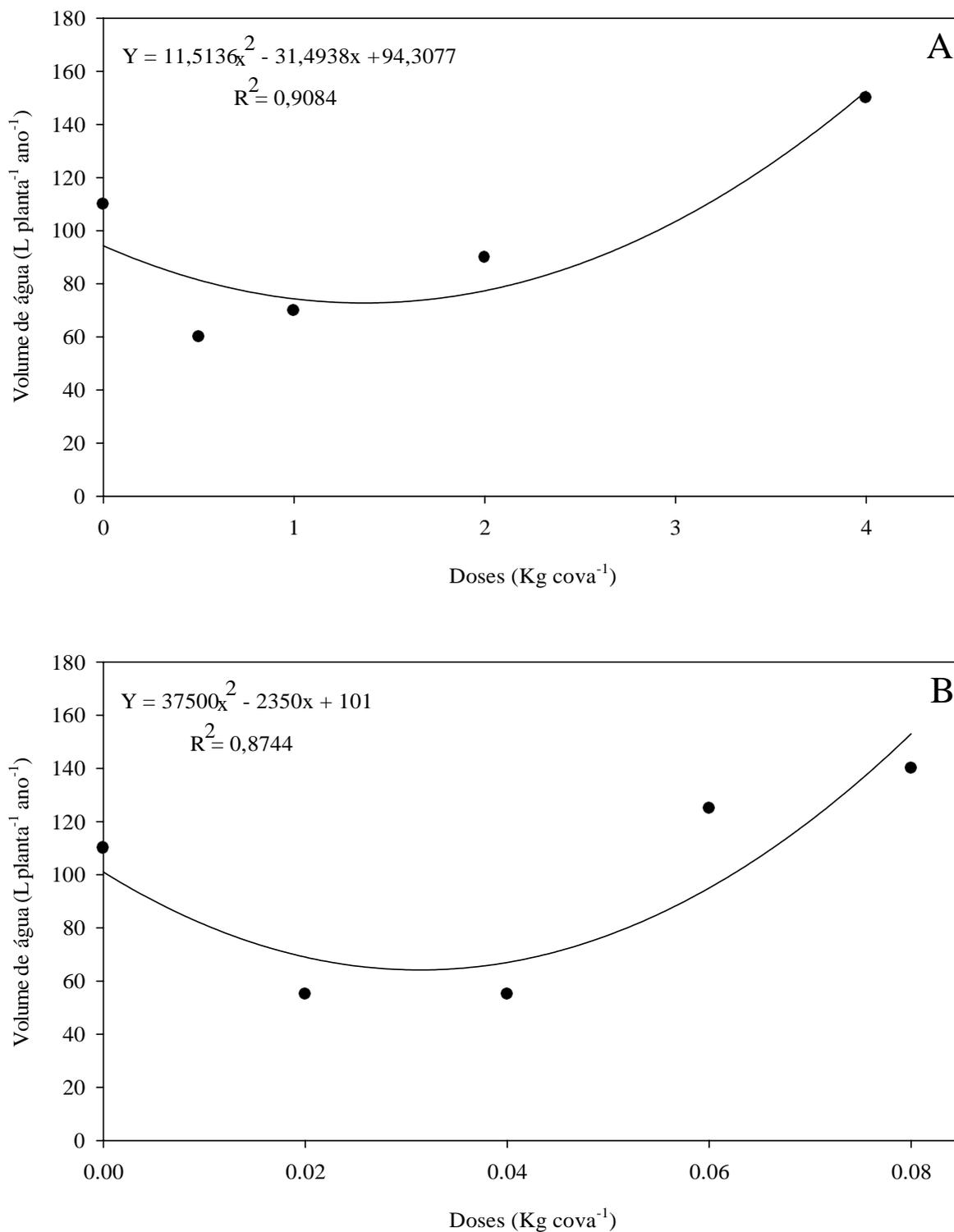


Figura 12 – Volume de água utilizado com base nas diferentes doses de Biocarvão (A) e Hidrogel (B).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os Resultados encontrados concordam com diversos trabalhos que analisaram as alterações proporcionadas tanto por biocarvão quanto por hidrogel, na lâmina de irrigação utilizada. Alves Marques *et al.* (2013), estudando a eficiência do hidrogel como substituto da

irrigação complementar em plantas de café (*Coffea* sp.), observou que a utilização de 2 gramas do polímero, foi o suficiente para que não houvesse necessidade de irrigação suplementar, mantendo a mesma qualidade daquelas que foram submetidas à irrigação, atribuindo o resultado aos grânulos formados pelo hidrogel, que permitiram uma maior área de contato com o sistema radicular, desse modo, fornecendo uma maior quantidade de água e de nutrientes para as plantas.

Akhtar *et al.* (2014) utilizando diferentes concentrações de biocarvão no solo e diferentes regimes de irrigação, observaram que, maiores concentrações de biocarvão resultam em uma maior quantidade de água retida e conseqüentemente uma menor frequência de irrigações, graças a alta capacidade de absorção dos poros presente no condicionador.

Para os tratamentos com maior dose de gel e biocarvão, o maior requerimento de água pode ser explicado pela alta capacidade de retenção de água nos poros dos dois condicionadores, o que dificultava a liberação da umidade para o sistema radicular das plantas. Segundo Dos Santos *et al.* (2015), é necessário além do volume de água aplicado necessário para suprir o requerimento hídrico da cultura, considerar no momento da irrigação, a água necessária para realizar a hidratação do polímero, desse modo, maiores quantidades de condicionadores de solo, resultam em um maior volume de água empregado em sua hidratação (EKEBAFe *et al.*, 2011).

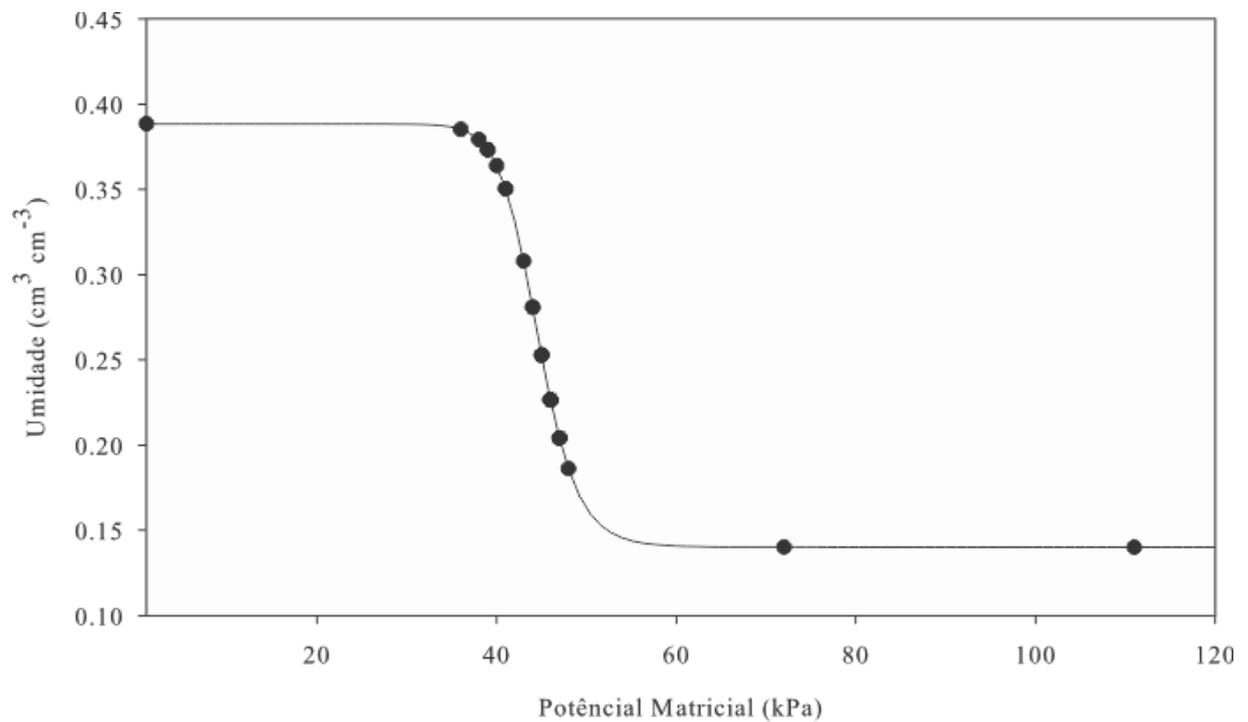
5.3 Curva característica e efeito do biocarvão e do hidrogel na retenção hídrica.

Os parâmetros da equação de van Genuchten (Tabela 3) e a curva característica gerada (Figura 13), pela utilização do método do Papel Filtro Whatman N°42, corrigido pelo software SWRC podem ser vistos a seguir.

Tabela 5 – Parâmetros para equação de van Genuchten para curva de retenção por método do papel filtro Whatman N°42.

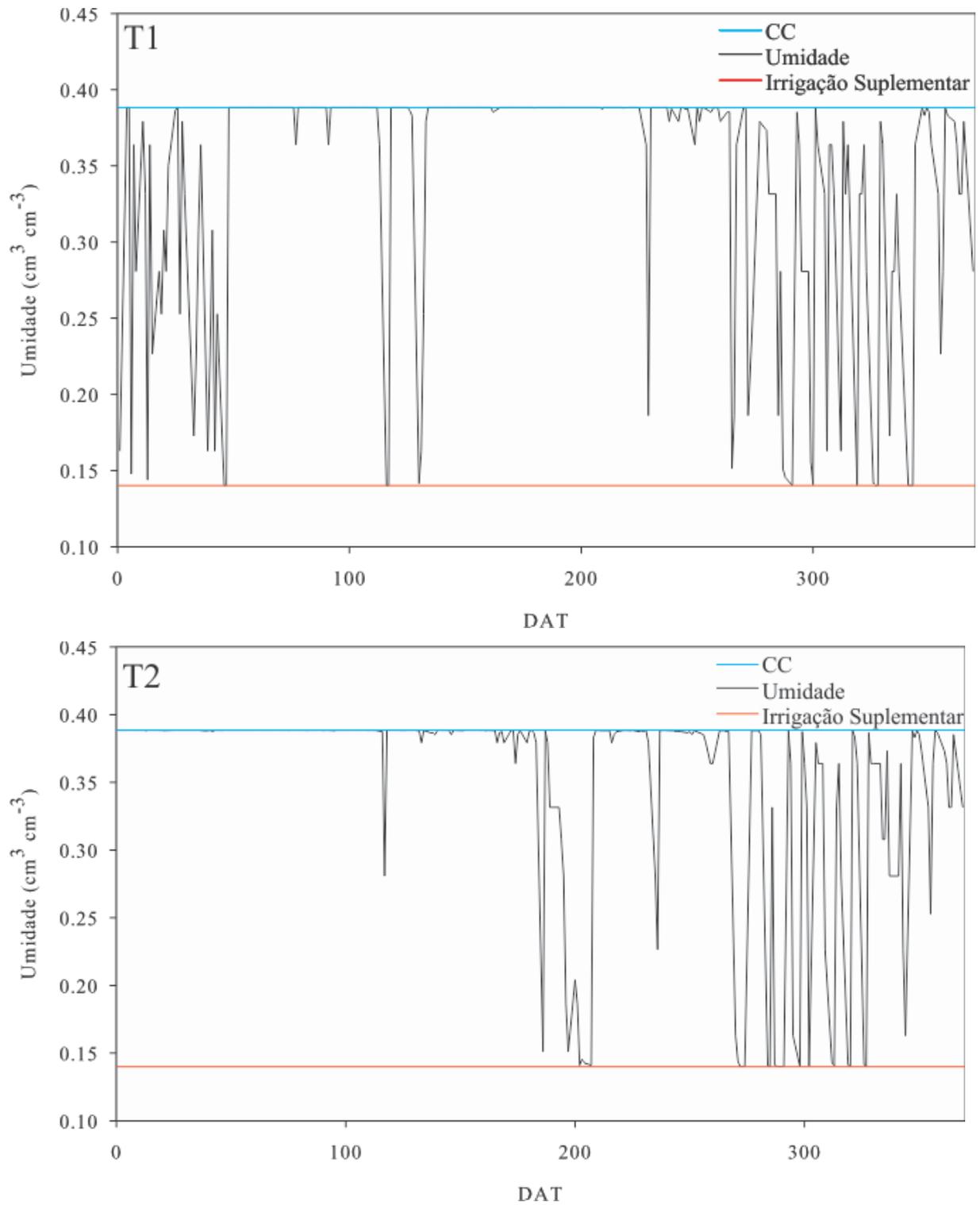
Parâmetros				
θ_s	θ_r	α	n	R ²
0.38839	0.14010	0.022504	20.524	0.96503

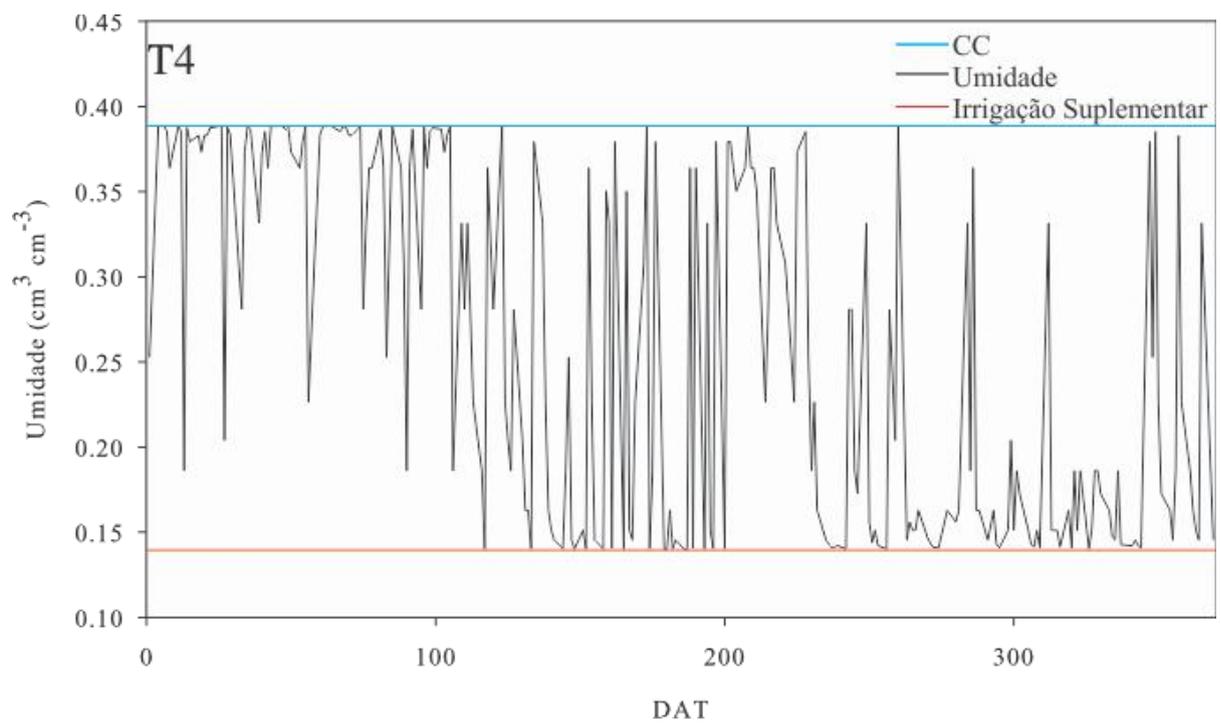
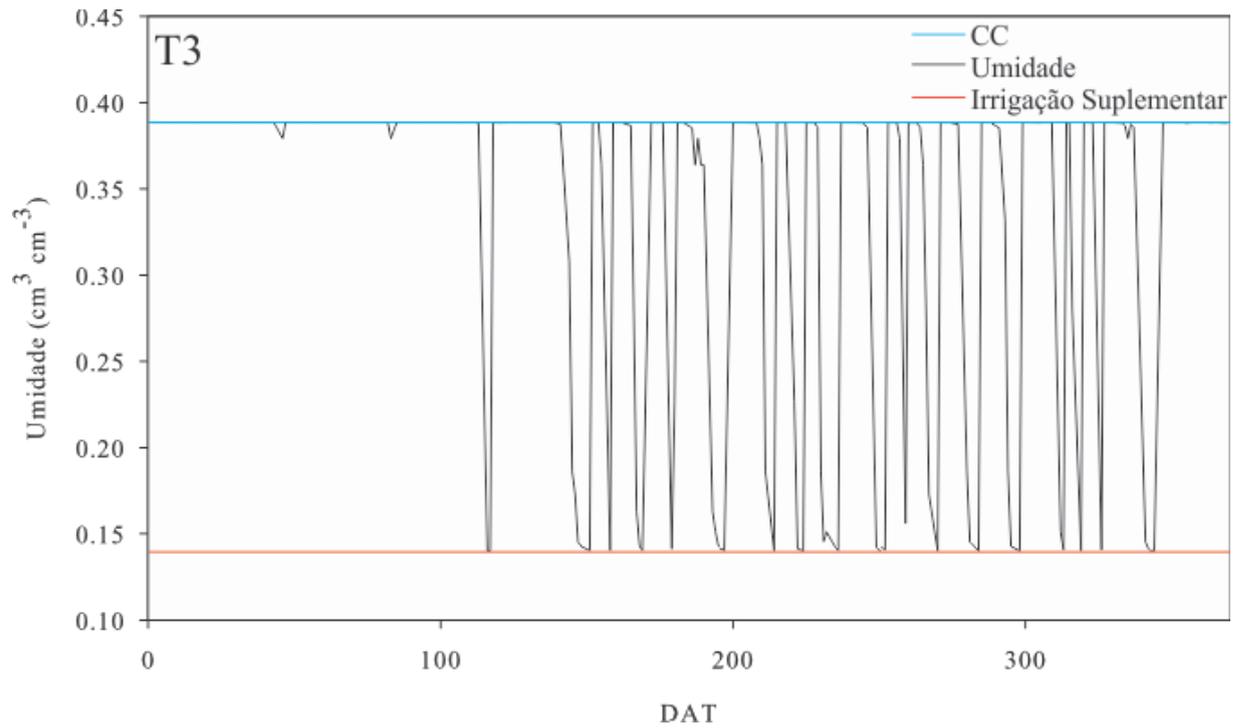
Figura 13 – Curva característica do solo, gerada pelo método do papel filtro, ajustada pelo Software SWRC.

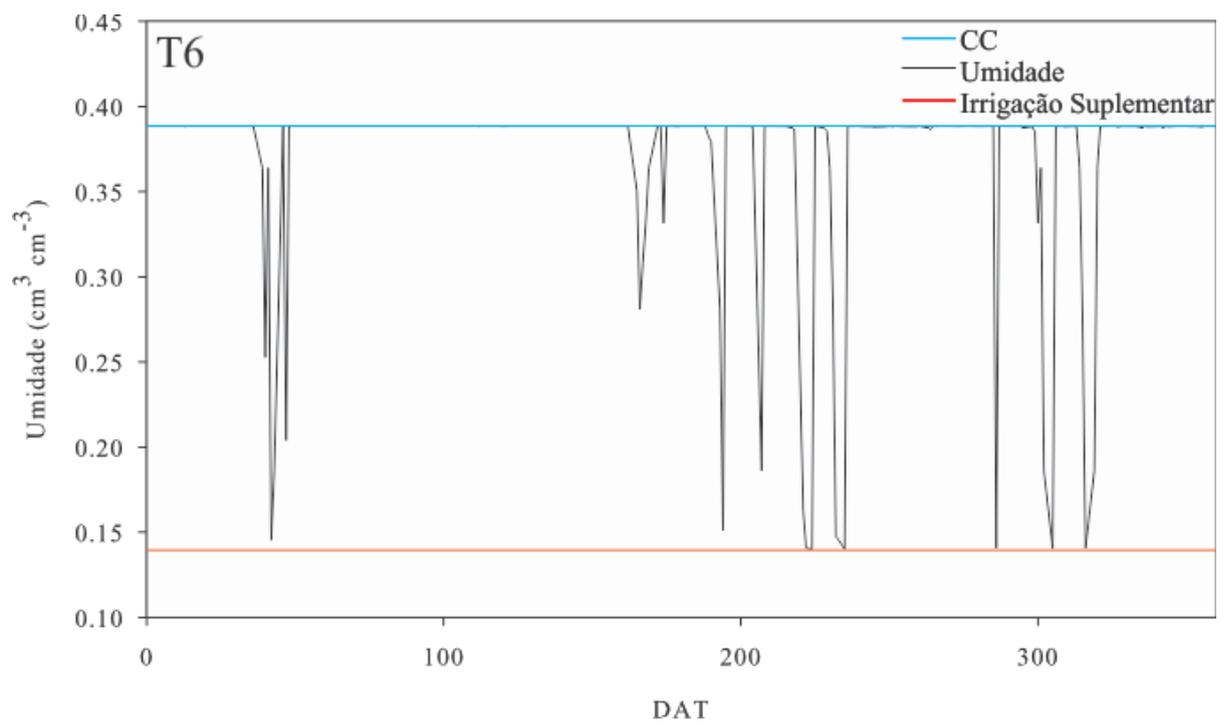
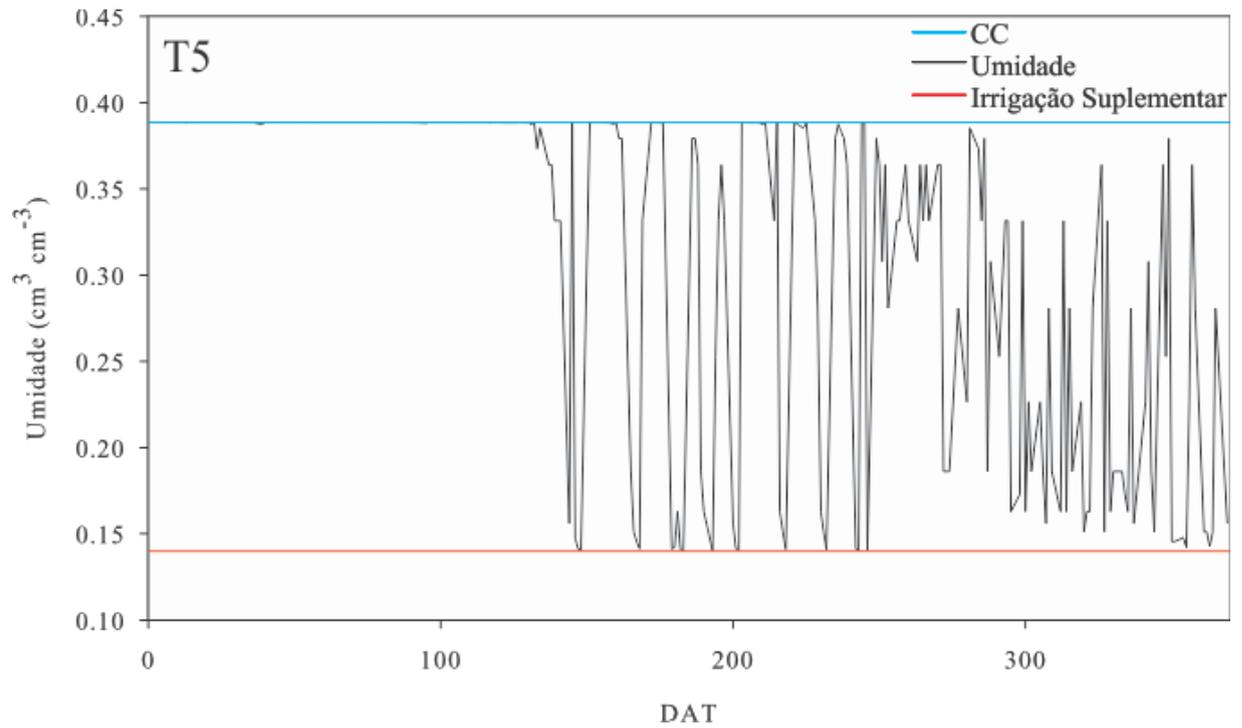


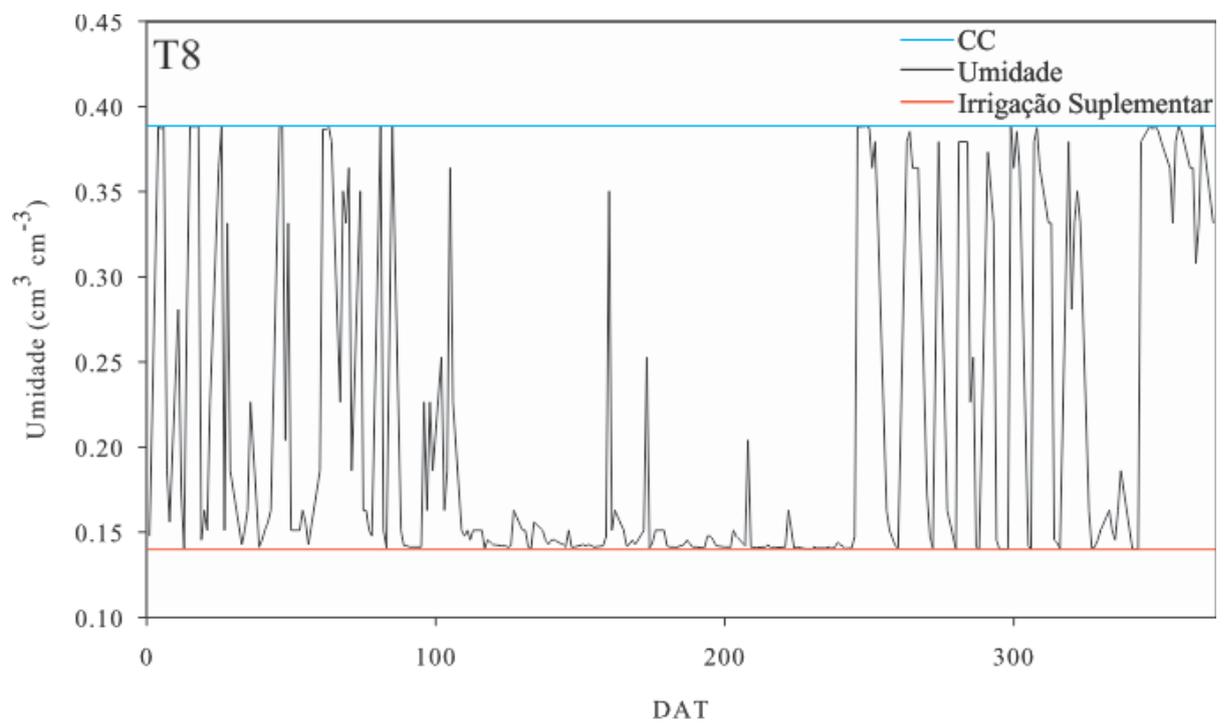
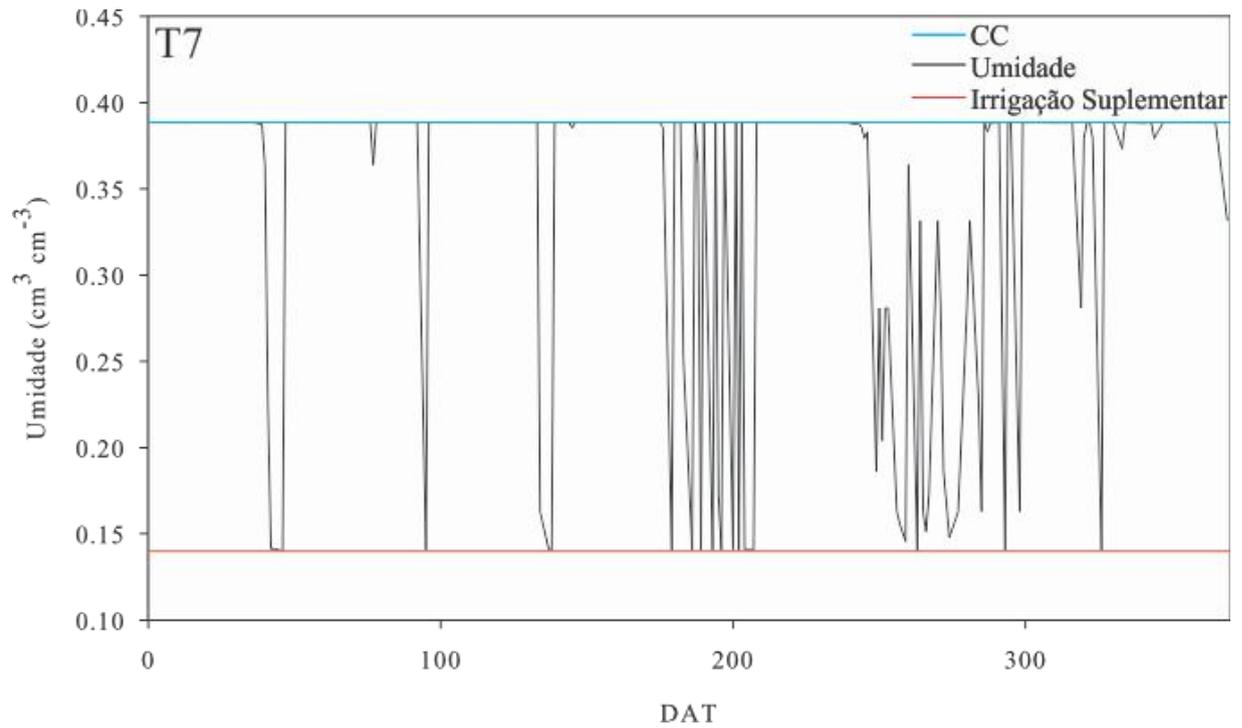
Mesmo apresentando uma boa distribuição na parte media da curva, o método do papel filtro apresentou baixas quantidade de pontos na parte inicial do gráfico, o que segundo Marinho (1994) pode ocorrer devido ao tempo de contato entre o papel filtro e o solo, que para tensões entre 0 e 100 kPa, recomenda-se para uma maior precisão, períodos de até 30 dias.

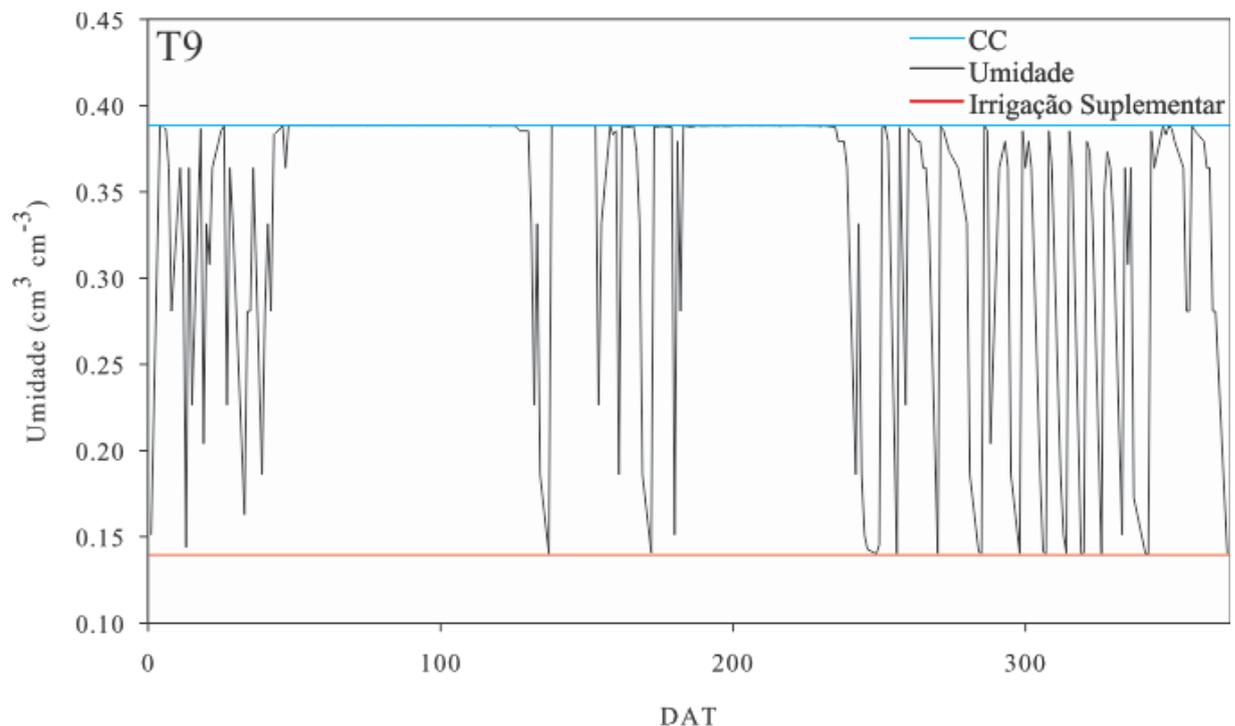
Com os dados encontrados foi possível criar novos gráficos que relacionam a variação da umidade retida na zona radicular e o tempo do experimento (Figura 14).

Figura 14 – Efeito ao longo do tempo de diferentes doses de biocarvão e hidrogel na retenção hídrica do solo.









Os gráficos acima demonstram uma maior tendência no efeito retentor da umidade no intervalo de dias em que o sistema radicular das plantas permaneceu acima da umidade necessária para início da irrigação suplementar, nos tratamentos T1 (117 dias), T2 (187 dias), T5 (101 dias) e T6 (153 dias) quando comparado ao tratamento testemunha T9 (92 dias). Os demais tratamentos apresentaram período menor que o testemunha, T3 (78 dias), T4 (79 dias), T7 (37 dias) e T8 (47 dias).

Os dados encontrados relacionam-se com a quantidade de água utilizada nas irrigações (Figura 10), onde as duas menores doses de cada condicionar expressaram melhor resultado, enquanto que o uso das duas maiores doses, resultaram em um consumo maior de água que o tratamento testemunha.

O resultado concorda com outros trabalhos que utilizaram biocarvão e hidrogel, evidenciando um efeito linear positivo na retenção de água no solo, o que permite um maior período do solo próximo à capacidade de campo e conseqüentemente na frequência e volume de água de irrigação, principalmente em solos de textura arenosa (STREUBEL *et al.*, 2011; MENDONÇA *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2014; FARIAS *et al.*, 2016).

6. CONCLUSÕES

A utilização do biocarvão e do hidrogel não apresentou efeito significativo quanto aos parâmetros de crescimento vegetativo, número de folhas e altura da muda. Embora seja necessário salientar que pelo regime de irrigação adotado, pode ter influenciado nos resultados obtidos.

Quanto ao volume de água utilizado na irrigação, houve diferença significativa, sendo os tratamentos T1 (0,5 kg de biocarvão cova⁻¹), T5 (0,02 kg de hidrogel cova⁻¹) e T6 (0,04 kg de hidrogel cova⁻¹) foram os que apresentaram os melhores resultados quanto ao consumo de água, sendo a dose mínima recomenda de 1,36 kg por cova para o biocarvão e 0,31 gramas por cova para o hidrogel.

O método do papel filtro Whatman N°42 para elaboração de curva de característica do solo, se apresentou como um método barato, viável e de curto período de tempo.

Para a retenção hídrica do solo, os tratamentos que apresentaram maior intervalo de dias com umidade acima do ponto de irrigação suplementar foi o tratamento T2 (1,0 kg de biocarvão cova⁻¹), e T6 (0,04 kg de hidrogel cova⁻¹), respectivamente 101 e 187 dias.

REFERÊNCIAS

ABEL, S. *et al.* Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. **Geoderma**, v. 202, p. 183-191, 2013. ISSN 0016-7061.

AGUIAR, M. D. J. *et al.* Dados climatológicos: estação de Paraipaba, 2001. **Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.

AKHTAR, S. S. *et al.* Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 138, p. 37-44, 2014. ISSN 0378-3774.

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. *et al.* Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2009. ISSN 1415-4366.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. ISSN 0941-2948.

ALVES MARQUES, P. A.; DE MELO CRIPA, M. A.; HENRIQUE MARTINEZ, E. Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, 2013. ISSN 0103-8478.

ARAÚJO, J. D. Agronegócio caju: práticas e inovações. **Brasília: Embrapa**, p. 532, 2013.

ASTM, D. 5298-10 Standard test method for measurement of soil potential (suction) using filter paper. **Annual book of ASTM Standards**.

AZEVEDO NETO, J. Manual de Hidráulica. 8ª edição, E. **Edgard Blücher: São Paulo**, 1998.

BARBOSA, T. C. Tamanhos de recipientes e o uso de hidrogel no estabelecimento de mudas de espécies florestais nativas. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo, 2011.

BELLO, O. *et al.* Trend Analysis Of Climate Change And Its Impacts On Cashew Nut Production (*Anacardium occidentale* L.) In Benin. **Octa Journal of Environmental Research**, v. 4, n. 3, 2016. ISSN 2321-3655.

BERNARDO, S.; SOARES, A.; MANTOVANI, E. **Manual de irrigação**. 8°. Ed. Editora UFV, Viçosa-MG, 2006.

BICALHO, K. V. *et al.* The use of filter paper method for matric suction measurement of an unsaturated compacted silty sand. VI Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados, 2007. p.1-6.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman Editora, 2009. ISBN 8565837793.

CARR, M. The water relations and irrigation requirements of cashew (*anacardium occidentale* l.): a review. **Experimental Agriculture**, v. 50, n. 1, p. 24-39, 2014. ISSN 0014-4797.

CARVALHO, M. *et al.* Biochar increases plant-available water in a sandy loam soil under an aerobic rice crop system. **Solid Earth**, v. 5, n. 2, p. 939, 2014. ISSN 1869-9510.

CAVALCANTI, J. J. V.; VIDAL NETO, F. D. C.; BARROS, L. D. M. Avanços, desafios e novas estratégias do melhoramento genético do cajueiro no Brasil. **Embrapa Agroindústria Tropical-Capítulo em livro técnico-científico (ALICE)**, 2009.

CHANDLER, R.; CRILLY, M.; SMITH, M. A low-cost method of assessing clay desiccation for low-rise buildings. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering, 1992, **Thomas Telford-ICE Virtual Library**. p.82-89.

COSTA, W. A.; DA SILVA OLIVEIRA, C. A.; KATO, E. modelos de ajuste e métodos para a determinação da curva de retenção de água de um latossolovermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 515-523, 2008. ISSN 0100-0683.

COWIE, A. L. *et al.* Is sustainability certification for biochar the answer to environmental risks? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 5, p. 637-648, 2012. ISSN 0100-204X.

DA SILVA, P. C. G. *et al.* Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2010. ISSN 8574050121.

DANIEL, R. **Estresse hídrico em diferentes fases fenológicas do cajueiro anão precoce no segundo ano de produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. 2008.

DE CARVALHO, M. A.; MIRANDA, N. D. O.; DA SILVA, G. G. Retenção de água no solo após aplicação de carvão vegetal. *In*: VIII Simpósio Brasileiro de pós-graduação em ciências Florestais, Recife/PE, 2014, p. 132-136.

DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. **Secas no Brasil - Política e gestão proativas**. 2016. ISBN 978-85-5569-116-4.

DOS SANTOS, H. *et al.* cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, v. 35, p. 852-862, 2015.

DOS SANTOS, H. *et al.* Sistema brasileiro de classificação de solos. **Embrapa Solos-Livros técnicos (INFOTECA-E)**, 2006.

EKEBAFE, L.; OGBEIFUN, D.; OKIEIMEN, F. Polymer applications in agriculture. **Biokemistri**, v. 23, n. 2, 2011. ISSN 0795-8080.

FARIAS, S. *et al.* Avaliação da umidade do solo em função da presença de biocarvão no solo no cultivo do quiabo (*Abelmoschus esculentus*). **III Reunião Nordestina de Ciência do Solo, Aracaju/SE 2016.**

GONDIM, R. S. *et al.* Mudanças climáticas e impactos na necessidade hídrica das culturas perenes na Bacia do Jaguaribe, no Estado do Ceará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1657-1664, 2009. ISSN 1678-3921.

JOHNSON, D. The botany, origin, and spread of the cashew *Anacardium occidentale* L. **Journal of plantation crops**, v. 1, n. 1-2, p. 1-7, 1973. ISSN 0304-5242.

JUNIOR IDROBO, H.; RODRÍGUEZ, A. M.; DÍAZ ORTÍZ, J. E. comportamento del hidrogel en suelos arenosos. **Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente**, v. 9, n. 9, p. 33-37, 2011. ISSN 1692-9918.

KHAN, A. S.; DA CRUZ, J. A. N.; SILVA, L. M. R. **Efeito da seca sobre a produção, a renda e o emprego agrícola na microrregião geográfica de brejo santo e no estado do ceará.** 2005.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015. ISSN 2236-1170.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da Água no Solo Vol. 61.** Edusp, 2005. ISBN 8531407567.

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, 2011. ISSN 1439-0108.

LUCAS, J. F. R. *et al.* Curva de retenção de água no solo pelo método do papel-filtro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, 2011. ISSN 0100-0683.

MACÊDO, M. L. **Viabilidade econômica do cultivo irrigado do cajueiro anão precoce na agricultura familiar**. 2013.

MAIA, C. M. B.; MADARI, B. E.; NOVOTNY, E. H. Advances in biochar research in Brazil. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.

MARINHO, F. A. M. **Shrinkage behavior of some plastic soils**. 1994. (Ph.D. Thesis). Soil Mechanics, University of London. Imperial College. Inglaterra

MARINHO F. A. M. **Medição de Sucção em Solos**. Simpósio Brasileiro de Solos não Saturados (NSAT'97). Rio de Janeiro: Freitas Bastos Editora. 2: 373-398 p. 1997.

MARTINS, L. M.; CRUZ, M. D. C. M.; CARVALHO, R. P. D. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 2013. ISSN 0100-2945.

MENDONÇA, T. G. *et al.* Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

MIRANDA, F. Irrigação do Cajueiro. In: ARAÚJO, J. D. (Ed.). **Agronegócio Caju: Práticas e Inovações**, 2013. cap. 4, p.532 p. ISBN 978-85-7035-169-2.

MOREIRA, O. D. C.; COSTA, R. N. T. RESPOSTA DO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 223, 2013. ISSN 1808-8546.

NAVROSKI, M. C. *et al.* Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. 2015. ISSN 2318-1222.

NICOLETTI, M. F. *et al.* **Efeito do hidrogel no enraizamento e crescimento inicial de miniestaca do híbrido *Eucalyptus urograndis***. *Cultivando o Saber*. 7: p. 353 - 361 p. 2014.

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**, v. 20, n. 6, p. 1003-1010, 2009. ISSN 0103-5053.

OLIVEIRA, V. D. **Sistemas de Produção Cultivo do Cajueiro Anão Precoce**: 44 p. 2008.

OLIVEIRA, V. D. *et al.* Effect of irrigation frequency on cashew nut yield in Northeast Brazil. **Scientia horticultrae**, v. 108, n. 4, p. 403-407, 2006. ISSN 0304-4238.

OMIDIAN, H.; ROCCA, J. G.; PARK, K. Advances in superporous hydrogels. **Journal of Controlled Release**, v. 102, n. 1, p. 3-12, 2005. ISSN 0168-3659.

PARSONS, A. J.; ABRAHAMS, A. D. Geomorphology of desert environments. In: (Ed.). **Geomorphology of Desert Environments**: Springer, 1994. p.3-12.

SEKI, K. SWRC fit? a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v. 4, n. 1, p. 407-437, 2007.

SPOKAS, K. *et al.* Impacts of woodchip biochar additions on greenhouse gas production and sorption/degradation of two herbicides in a Minnesota soil. **Chemosphere**, v. 77, n. 4, p. 574-581, 2009. ISSN 0045-6535.

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.

TAVARES, M. H. F.; FELICIANO, J.; VAZ, C. Análise comparativa de métodos para determinação da curva de retenção de água em solos. Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE), 2008, *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 31., 2007, Gramado, RS. Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira. Anais... Porto Alegre: SBCS, 2007. não paginado. 1 CD-ROM.

VACCARI, F. *et al.* Biochar stimulates plant growth but not fruit yield of processing tomato in a fertile soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 207, p. 163-170, 2015. ISSN 0167-8809.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil science society of America journal**, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980. ISSN 0361-5995.

ZHANG, A. *et al.* Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic carbon poor calcareous loamy soil from Central China Plain. **Plant and soil**, v. 351, n. 1-2, p. 263-275, 2012. ISSN 0032-079X.