

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE UM POLÍMERO  
HIDROABSORVENTE NA RETENÇÃO DE ÁGUA DE DOIS SOLOS**

LARISSA MARTINS BARROS RAMOS

Montes Claros – MG

2017

**Larissa Martins Barros Ramos**

**EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE UM POLÍMERO  
HIDROABSORVENTE NA RETENÇÃO DE ÁGUA DE DOIS SOLOS**

Trabalho realizado como parte da avaliação da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC I), no curso de graduação de Engenharia Agrícola e Ambiental, na Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para sua aprovação.

Orientador: Professor Dr. Sidney Pereira

**Montes Claros**

**2017**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DA DISCIPLINA TRABALHO DE CONCLUSÃO  
DE CURSO II

Aluno(A): Leandra Moreira Barros Gomes

Curso: Engenharia Agrícola e Ambiental

Orientador(A): Anthony Reisino

Título da Monografia: Efeito da irrigação de um pomar de aceroleiras  
na utilização de água de dois solos

Local e data da defesa: Montes Claros MG, 04 de julho de 2017

Banca de avaliadores (Orientador e no mínimo mais dois membros):

Nome: Anthony Reisino

Assinatura: [Assinatura] Nota(0 a 100 pontos): 85

Nome: Estevão Urbano Coppeador

Assinatura: \_\_\_\_\_ Nota(0 a 100 pontos): \_\_\_\_\_

Nome: Luiz Henrique da Nogueira

Assinatura: [Assinatura] Nota(0 a 100 pontos): 85

Nome: FLÁVIO GONÇALVES OLIVEIRA

Assinatura: [Assinatura] Nota(0 a 100 pontos): 85

Média: 85

Conceito Final: B Aprovado(A): SIM Reprovado(A): \_\_\_\_\_

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela vida, pela sabedoria, pelas bênçãos e por ter iluminado o meu caminho até aqui.

Ao Prof. Sidney Pereira, meu orientador e amigo, pelo conhecimento compartilhado, pela paciência e por ter sido um grande incentivador desde o início do curso.

A todos os professores do departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental, por toda dedicação, pela excelência em ensino e por terem sido os responsáveis por eu ter me apaixonado pela profissão.

Aos meus pais por todos os esforços para garantir meus estudos e pelos ensinamentos de vida, sem os quais teria sido impossível chegar até aqui.

Aos meus irmãos Letícia e Ramon, familiares e amigos, por todas as mensagens de incentivo, carinho e apoio.

A todos os colegas da 3ª turma de Engenharia Agrícola e Ambiental pelo companheirismo, amizade e incentivo, em especial a Mônica e Stephanie, que foram fundamentais nesta jornada.

Aos amigos do Laboratório de Análises de Solo da UFMG, em especial Ismael, pela amizade, pelo conhecimento compartilhado e pela grande solicitude.

Ao meu amor Alan, por estar ao meu lado nos momentos em que mais precisei e ter me dado forças para seguir sem frente. Sem você não teria chegado até aqui!

## RESUMO

Devido à escassez dos recursos hídricos, tem se buscado alternativas para aumentar a eficiência do uso da água, através de tecnologias que proporcionam a diminuição das perdas. Dentre elas, os polímeros hidroabsorventes surgiram para aumentar a disponibilidade de água para as plantas, proporcionando um maior intervalo de rega e consequentemente economia de água. Por isso, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de diferentes concentrações do hidrogél Terracottem na disponibilidade de água de um Latossolo vermelho-amarelo e um Nitossolo Háplico. Foram retiradas amostras de 30 g de cada tipo de solo, nas concentrações 3,15 g.kg<sup>-1</sup>, 6,30 g.kg<sup>-1</sup> e 9,45 g.kg<sup>-1</sup>. Para determinação da Capacidade de Campo (CC) e Ponto de Murcha Permanente (PMP), foi seguida a metodologia EMBRAPA (1997), utilizando o extrator de Richards. As amostras de solo foram colocadas em anéis de borracha envoltas por tecido poroso e submetidas à saturação e pesadas, em seguida colocadas em estufa por 24h a 105°C e pesadas novamente. Com os dados das duas pesagens foi calculada a umidade atual das amostras e comparado à testemunha. Concluiu-se que o Terracottem afetou positivamente os dois tipos de solo estudados, aumentando a disponibilidade de água em relação à testemunha na dosagem mais alta (9,45 g.kg<sup>-1</sup>) em 600% no latossolo vermelho-amarelo de textura argilosa e 416% no nitossolo háplico.

**Palavras chave: hidrogél, condicionador de solo, manejo do solo**

## ABSTRACT

Due to the scarcity of water resources, alternatives have been sought to increase the efficiency of water use, through technologies that reduce losses. Among them, hydroabsorbent polymers appeared to increase the availability of water to the plants, providing a longer watering interval and consequently saving water. Therefore, this work had as objective to evaluate the influence of the application of different concentrations of the Terracottem hydrogels on the water availability of a red-yellow Latosol and a Hitosan Nitosol. Samples of 30 g of each soil type were taken at concentrations 3.15 g.kg<sup>-1</sup>, 6.30 g.kg<sup>-1</sup> and 9.45 g.kg<sup>-1</sup>. For the determination of the Field Capacity (CC) and Permanent Wilt Point (PMP), the methodology EMBRAPA (1997) was followed, using the Richards extractor. The soil samples were placed in rubber rings enveloped by porous tissue and submitted to saturation and weighed, then placed in a greenhouse for 24 hours at 105°C and weighed again. With the data of the two weighings the current moisture of the samples was calculated and compared to the control. It was concluded that Terracottem positively affected the two types of soil studied, increasing the water availability in relation to the control at the highest dosage (9.45 g.kg<sup>-1</sup>) in 600% in the clayey red-yellow latosol 416% in the nitossolo háplico.

**Keywords:** hydrogel, soil conditioner, soil management

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1	Uso de polímeros hidroabsorventes na agricultura .....	12
2.2	TerraCottem .....	14
2.3	Capacidade de armazenamento de água no solo.....	15
2.3.1	Capacidade de Campo (CC).....	15
2.3.2	Ponto de Murcha Permanente (PMP).....	16
2.3.3	Água Disponível (AD).....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5	CONCLUSÃO.....	30
	REFERÊNCIAS .....	31

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Polímero hidroabsorvente Terracottem.....	19
Figura 2 – Terracottem em solo argiloso após saturação.....	19
Figura 3 – Terracottem em solo arenoso após saturação.....	20
Gráfico 1 – Aumento percentual da umidade à Capacidade de Campo em doses crescentes de Terracottem no solo Argiloso.....	22
Gráfico 2 – Aumento percentual da umidade à Capacidade de Campo em doses crescentes de Terracottem no solo Arenoso.....	22
Gráfico 3 – Umidade à capacidade de campo em função das doses crescentes de Terracottem para os dois tipos de solo.....	23
Gráfico 4 – Aumento percentual da umidade ao Ponto de Murcha em doses crescentes de Terracottem no solo Argiloso.....	25
Gráfico 5 – Aumento percentual da umidade ao Ponto de Murcha em doses crescentes de Terracottem no solo Arenoso.....	25
Gráfico 6 – Umidade à capacidade de campo em função das doses crescentes de Terracottem para os dois tipos de solo.....	26
Gráfico 7 – Disponibilidade de água em função de doses crescentes de Terracottem no solo Argiloso.....	27
Gráfico 8 – Disponibilidade de água em função de doses crescentes de Terracottem no solo Arenoso.....	28

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Caracterização física dos solos utilizados.....	18
Tabela 2 – Caracterização química dos solos utilizados.....	18
Tabela 3 – Valores obtidos pelas repetições de umidades à capacidade de campo com doses crescentes de Terracottem para o solo argiloso.....	21
Tabela 4 – Valores obtidos pelas repetições de umidades à capacidade de campo com doses crescentes de Terracottem para o solo arenoso.....	21
Tabela 5 – Valores obtidos pelas repetições de umidades ao ponto de murcha permanente com doses crescentes de Terracottem para o solo argiloso.....	24
Tabela 6 – Valores obtidos pelas repetições de umidades ao ponto de murcha permanente com doses crescentes de Terracottem para o solo arenoso.....	24
Tabela 7 – Média dos tratamentos referentes à Capacidade de Campo, Ponto de Murcha e disponibilidade Total de Água para os dois tipos de solo em doses crescentes do Terracottem.....	27

**LISTA DE ABREVIATURAS**

AD	– Água disponível
ANA	– Agência Nacional das Águas
Ca	– Cálcio
CAD	– Capacidade de Água disponível
CC	– Capacidade de Campo
CEN	– Comitê de Normatização Européia
Cu	– Cobre
DMS	– Diferença Mínima Estatística
K	– Potássio
Mn	– Manganês
N	– Nitrogênio
ONU	– Organização das Nações Unidas
PAM	– Polímeros de Poliacrilamida
PMP	– Ponto de Murcha Permanente
TFSA	– Terra Fina Seca ao Ar
UFMG	– Universidade Federal de Minas Gerais

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um componente essencial para a sobrevivência da vida animal e vegetal, sendo sua escassez um problema mundial o qual tem sido agravado com o crescimento demográfico e conseqüente elevação da produção agropecuária e industrial (PEREIRA, 2012). Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2005), em 2005 eram demandados 4,5 bilhões de m<sup>3</sup> de água para suprir a necessidade da agricultura (71%), indústria (16%) e domiciliar (13%), com projeção de demanda para 6,9 bilhões de m<sup>3</sup> em 2030. Se os padrões de consumo se mantiverem, duas a cada três pessoas sofrerão de escassez moderada ou grave de água até 2025 (ONU, 1995).

A diminuição do volume de água potável implicará, indubitavelmente, à perda de qualidade de vida da população, aumentando sua vulnerabilidade em virtude da contaminação e dificuldade de acesso à água de boa qualidade. Frente a esta situação, surgem desafios para maximizar a eficiência dos recursos hídricos, sendo necessários, dentre outras práticas, o uso eficiente da irrigação, incluindo reutilização, redução de perdas e técnicas de regas mais eficazes (TUNDISI, 2008). Por esta razão, várias pesquisas vêm sendo feitas nos últimos anos com o objetivo de buscar alternativas para aumentar a disponibilidade de água no solo, dentre as quais surgiram, na década de 80, os primeiros polímeros hidroabsorventes (REZENDE, 2000).

O Terracottem é um hidrogél cujo objetivo inicial era o de estabelecer a agricultura em terras áridas e semi áridas no Deserto do Saara, sendo capaz de absorver até 100 vezes o seu próprio peso em água, além de reter nutrientes orgânicos e minerais, proporcionando eficiência no uso destes recursos. No Brasil, o Terracottem está sendo utilizado na produção de frutas, hortaliças e mudas de diferentes espécies e mais notadamente na formação de gramados em jardins e em campos de futebol e de golfe (PANORAMA RURAL, 1999).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de diferentes concentrações do polímero hidroabsorvente Terracottem nas características de disponibilidade de água de um Latossolo vermelho-amarelo de textura argilosa e um Nitossolo Háptico de textura arenosa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Uso de polímeros hidroabsorventes na agricultura

Condicionadores de solo são produtos químicos aplicados ao solo com o intuito de restaurar sua fertilidade através da melhoria de sua estrutura química, física e biológica, constituídos por componentes orgânicos, inorgânicos e sintéticos (MIRANDA et al., 2011; DE AMEILDA, 2008). Dentre os condicionadores orgânicos e inorgânicos, encontram-se casca de arroz carbonizada, serragem, turfa, vermiculita, composto orgânico, esterco bovino, moinha de carvão, material de subsolo, bagaço de cana, areia lavada, e diversas misturas destes componentes (FONSECA 1988, PAIVA *et al.*, 1996).

Dentre os condicionadores de solo sintéticos, há os polímeros hidroabsorventes os quais são caracterizados como moléculas orgânicas sintéticas que se encontram quebradiças quando secas e elásticas quando hidratadas, características que lhes confere a capacidade de absorver e armazenar água quando em contato com o solo (BALENA, 1998). Os primeiros polímeros condicionadores surgiram na década de 50, sendo o Krilium um polímero orgânico sintético cujo objetivo era melhorar a estrutura do solo e controlar a erosão, que, entretanto, não obteve sucesso por sua baixa capacidade de reter água e curto período de vida útil, uma vez que era atacado por micro-organismos (WALLACE; WALLACE, 1986).

Na década de 80 surge uma nova geração de polímeros, sendo os polímeros de poliacrilamida (PAM) os mais utilizados para fins agrícolas, sendo suas propriedades físico-químicas dependentes do seu tamanho, peso molecular, tipo de suas ligações químicas, e da presença de grupos funcionais como sais, ácidos e outros (SOJKA; LENTZ, 1994). Segundo Balena (1998), existem três tipos de grupos de polímeros hidroabsorventes que se diferem um dos outros pelo tipo de ligação química entre suas moléculas: o primeiro é composto por uma forte ligação entre hidrogênios que impede que a água saia do interior da molécula; o segundo tem a capacidade de absorver grandes quantidades de água, porém suas fracas ligações químicas não a retém dentro da molécula por muito tempo; já o terceiro grupo é composto por uma fraca ligação de hidrogênio e uma forte ligação de Van der Waals, o que lhe proporciona concomitantemente a retenção de água e a sua liberação por um longo tempo, tornando somente este último grupo apropriado para o uso na agricultura, embora fisicamente semelhantes.

Uma vez que a baixa produtividade agrícola pode ser atribuída principalmente à escassez ou irregularidade hídrica e má estruturação do solo (FONTENO; BILDERBACK, 1993), os hidrogéis tem sido amplamente usados no país notadamente a partir da década de 80 com os trabalhos desenvolvidos por Balena (1998) e Azevedo (2000) em projetos paisagísticos, gramados esportivos de futebol e de golfe, fruticultura, reflorestamento, plantio de lavouras e viveiro de mudas frutíferas e hortaliças, principalmente devido à sua capacidade de retenção de água e conseqüentemente redução na quantidade e frequência de irrigação (DE OLIVEIRA *et al.*, 2004; DO VALE; DE CARVALHO; PAIVA, 2006).

Vários estudos comprovam a eficiência do uso de polímeros hidroabsorventes na agricultura, chegando comumente às seguintes conclusões: a adição dessa substância ao solo contribui para a germinação de sementes, desenvolvimento do sistema radicular, crescimento e desenvolvimento das plantas, redução das perdas de água de irrigação por percolação, melhoria na aeração e drenagem do solo e redução das perdas de nutrientes por lixiviação (HENDERSON; HESNLEY, 1986; LAMONT; O'CONNELL, 1987; VLACH, 1991).

Taylor & Halfacre (1986) citado por Azevedo (2002), estudando os efeitos dos polímeros hidrorretentores no crescimento de *Ligustrum lucidum*, observaram que as plantas cresceram mais necessitando de menos irrigação quando comparadas à testemunha, além do aumento de N e K, embora tenham observado a diminuição de todos os cátions bivalentes com exceção do Ca, Mn e Cu, além da manutenção do pH nas amostras. Os autores atribuíram a influência positiva no crescimento das mudas aos seguintes fatores: a) o nutriente passa mais tempo em solução no solo; b) redução da lixiviação; c) capacidade do polímero em trocar cátions; d) capacidade do polímero em quelatizar; e) capacidade de manter pH inalterado e, f) participação do polímero como fonte de nutrientes. Ainda assim, pesquisadores enfrentam grandes desafios ao estudar polímeros hidroabsorventes devido à ampla variedade de fatores como, por exemplo, “modo de aplicação, disponibilidade de água, concentração de sais presentes no solo e na água a ser usada, e resistência que o meio oferece à expansão do polímero”, o que torna os resultados muitas vezes contraditórios.

Buzetto, Bizon e Seixas (2002), por exemplo, avaliaram a eficiência do uso de polímeros hidroabsorventes em relação ao crescimento e sobrevivência de mudas recém-plantadas de eucalipto, cujos tratamentos consistiram em uma mistura de solo de cova com 2g e 4g de polímero seco, 0,4L e 0,8L de solução pré-hidratada do polímero e a testemunha, sem presença do produto. Os autores verificaram que o uso do polímero proporcionou um aumento na absorção e disponibilidade de água para as mudas, acarretando na diminuição da taxa de mortalidade sem, contudo, influenciar significativamente na altura destas.

Já para a utilização em mudas de cafeeiros, a dose do polímero na quantidade de  $10\text{kg.m}^{-3}$  de substrato juntamente com casca de arroz carbonizada não foi indicada para substituição do substrato comercial devido ao menor desenvolvimento das mudas, quando comparada ao uso de casca de arroz isolada (VALLONE *et al.*, 2004).

Quanto ao efeito nas propriedades físicas do solo, (DE OLIVEIRA *et al.*, 2004) estudaram a retenção de água em dois tipos de solo de texturas distintas, um franco-argilo-arenoso e outro arenoso. O autor obteve a curva de retenção de água para as diferentes concentrações de 0,01, 0,05, 0,10, 0,15 e 0,20  $\text{dag.kg}^{-1}$  do polímero Terracottem referentes ao solo seco e concluiu que o uso do polímero contribuiu para o aumento da umidade no potencial matricial do solo para ambos os solos, sendo mais eficiente na retenção de água para o solo argiloso, considerando-se as outras concentrações estudadas.

## **2.2 TerraCottem**

Terracottem é um condicionador de solo formado por diversos tipos de substâncias, dentre elas polímeros hidroabsorventes, estimuladores bioquímicos que funcionam como indutores de crescimento das raízes, fertilizantes de lenta liberação e rochas vulcânicas, cujo objetivo baseia-se em aumentar a eficiência do uso da água e de fertilizantes através da retenção e conseguinte liberação destes, bem como melhorar a estrutura física do solo. Por consequência, os benefícios observados são, além da economia de água e de fertilizantes, o aumento da taxa de germinação e sobrevivência das plantas; revegetação de ambientes áridos, através da diminuição da erosão, compactação e lixiviação de nutrientes; maior resistência ao estresse e às doenças causadas pela seca; desenvolvimento radicular mais forte e mais profundo; aumento da capacidade de troca catiônica e consequente redução da perda de nutrientes (COTTHEM, 1998).

Ainda segundo o autor, o Terracottem tem larga aplicação em transplântio de árvores e arbustos, produção de mudas, plantio e manutenção de jardins e gramados, o Terracottem é comercializado em três formas: “Terracottem Turf”, recomendado para o uso em gramados, apresenta adicionalmente em sua composição o material zeólito, um mineral vulcânico que proporciona aumento da fertilidade do solo e retenção de água, além da turfa e ácidos húmicos que tem um efeito positivo capacidade de retenção de água, estrutura do solo e atividade microbiológica; “Terracottem Arbor”, recomendado para o transplântio de árvores e arbustos, possui em sua composição outra formulação de polímeros que proporcionam a aclimatação precoce das plantas, aumentando a taxa de sobrevivência e diminuindo ao mesmo

tempo o custo com insumos e reposição; “Terracottem Complement”, o qual deve ser usado em solos previamente tratados com “Terracottem Universal”, servindo como um reabastecimento dos componentes que foram perdidos em culturas anuais, sendo utilizado no cultivo de flores e na horticultura.

O polímero encontra-se ativo durante uma longa duração no solo – cerca de oito anos – e difere-se dos demais por sua habilidade em reter maior quantidade de água e liberá-la por um tempo mais longo, não sendo tóxico às plantas ou ao meio ambiente (Guia técnico 1.0, 199-).

Seguindo a norma EN13041 do Comitê Europeu de Normatização, que descreve os métodos de análise do solo, dentre elas densidade aparente seca, volume de ar, volume de água e porosidade total (CEN, 1999), o TerraCottem tem uma capacidade de absorção mínima de 4500g H<sub>2</sub>O/100g em água destilada, com no mínimo 90% da água retida disponível para as plantas.

## **2.3 Capacidade de armazenamento de água no solo**

### **2.3.1 Capacidade de Campo (CC)**

Em estudo pioneiro sobre a capacidade de campo, VEIHMEYER e HENDRICKSON (1949) definem capacidade de campo como a “quantidade de água retida pelo solo, depois que o excesso tenha drenado e taxa de movimento descendente tenha decrescido acentuadamente, o que geralmente ocorre dois a três dias depois de uma chuva ou irrigação em solos permeáveis de estrutura e textura uniformes”. Esse conceito foi retificado mais tarde pelos próprios autores, reconhecendo que a CC não se trata de um valor constante, mas sim uma variável a qual é afetada pela drenagem, evaporação e transpiração, bem como chuva, irrigação e orvalho e, ainda, o fenômeno histerese, conforme explicado por OR e WRAITH (1997) e JURY *et al.*, (1991).

Devido a essa variabilidade, poderia ser suposto que a CC somente deveria ser feita em campo, porém, estudos mostram que a análise em laboratório apresentam valores próximos aos medidos em campo em Neossolos e Latossolos (RUIZ; FERREIRA; PEREIRA, 2003). Segundo LEPSCH (2002), o potencial matricial da água no solo para capacidade de campo encontra-se na faixa de -10 a -33 kPa, dependendo da textura e estruturação do solo.

### 2.3.2 Ponto de Murcha Permanente (PMP)

Ponto de murcha permanente é a umidade mínima a qual as plantas necessitam para o seu desenvolvimento (BRIGGS; SHANTZ, 1992). Isso significa que, abaixo dessa umidade, a planta passa a transpirar em uma taxa maior que a de absorver água, decrescendo esse déficit continuamente, o que poderá levar a morte da planta caso esta não seja irrigada. (BERNARDO; SOARES; MONTAVANI, 1982). Cabe salientar, todavia, que este conceito considera o ponto de murcha como uma constante, tomando-o como um valor preciso.

Com a evolução dos estudos, pesquisadores concluíram que o ponto de murcha é dinâmico, dependendo de uma série de fatores como as características do solo (textura, compactação, estrutura); quantidade de água nas diferentes camadas do solo, que afeta sua distribuição das raízes; taxa de respiração e temperatura das plantas, e apresentando potencial matricial em torno de  $-1500$  kPa (ARRUDA *et al.*, 1987). Os autores acrescentam, ainda, que o teor de argila exerce influência mais significativa que a estrutura no solo em baixos potenciais matriciais, como aquele do ponto de murcha permanente, uma vez que a argila define o tamanho dos poros, aumentando a área de contato entre a água e as partículas sólidas, e conseqüentemente a retenção da água.

KLEIN (2010) ao analisar mais de 100 tipos diferentes de solos, concluíram que 91% do teor de água no PMP está relacionado ao fator argila. Além disso, ao determinar o PMP, outro fator que deve ser considerado é a salinidade (KARKANIS, 1983). Segundo o autor, as plantas respondem inversamente proporcional à pressão osmótica, que por sua vez depende da quantidade de sais dissolvidos na água. Assim, se a água disponível é muito salina, plantas tendem a murchar em pontos de umidade muito superior ao que previamente era chamado seu ponto de murchamento, contradizendo o conceito pioneiro que o ponto de murcha é o limite mínimo de água disponível às plantas.

### 2.3.3 Água disponível (AD)

A água disponível no solo pode estar retida tanto poros (retida por processo de capilaridade em função do volume e tamanho dos poros) ou em torno da superfície das partículas coloidais (retidas por adsorção), sendo o solo dividido em três fases distintas, de acordo com o conteúdo e natureza de água: solo saturado, úmido e seco (LEPSCH, 2002). Segundo o autor, quando todos os poros estão preenchidos por água e o ar é praticamente ausente, diz-se que o solo está saturado e preenchido por água gravitacional. À medida que

esta é drenada para os perfis mais profundos do solo devido à força da gravidade, o que resta é um solo úmido, em uma umidade conhecida como capacidade de campo onde ele está em sua máxima capacidade de reter água. Nessas condições, o ar encontra-se nos macroporos e a água nos microporos, sendo estes últimos finos tubos conhecidos como capilares ao qual a água – denominada água capilar - fica retida a eles de tal forma que a gravidade não é o suficiente para drená-la. Ao mesmo tempo, essa força de retenção da água não é grande o suficiente para que as raízes das plantas não consigam extraí-la, funcionando como um reservatório que está a disposição das plantas, e sendo, portanto, denominado água disponível.

SAAD (2002) acrescenta que a proporção entre macroporos e microporos é determinante para a capacidade de retenção de água no solo, uma vez que a faixa responsável pelo armazenamento e disponibilidade de água situa-se entre 0,05 e 0,0002mm, e, portanto, quanto maior o número de microporos e menor de macroporos, maior a retenção de água no solo. Para Farias e Neurnaier (200-), a textura e estrutura do solo, o teor de matéria orgânica e tipo de argila são os fatores que afetam retenção de água em um solo. O principal fator é a textura, uma vez que é responsável pela área da superfície das partículas, as quais são diretamente responsáveis pelo volume de água retida por adsorção. Assim, solos com teor elevado de microporos – como é o caso de solos argilosos - apresentam maior área superficial específica, e conseqüentemente, mais água retida à esta superfície por adsorção. Já a estrutura é responsável pelo arranjo das partículas, isto é, distribuição, o tamanho, a tortuosidade e a continuidade dos poros. Ainda segundo os autores, quanto maior o tamanho dos poros, menor é a força de retenção da água, uma vez que a água é retida fracamente por capilaridade quando os poros estão cheios de água, sendo determinante sua estrutura. Porém, à medida que os poros esvaziam-se, filmes de água recobrem as partículas do solo e então a textura passa a dominar a retenção de água pelo solo, sendo esta fortemente retida por absorção.

Os tipos de argila também exercem grande influência na retenção de água no solo (VANZELA; ANDRADE; 2014). As argilas 2:1 do tipo montmorilonitas e vermiculitas, por exemplo, tem maior superfície externa que as caulinita e ilitas, favorecendo o contato com a água e, via de regra, facilitando a retenção de água. A composição textural de um solo não pode ser alterada, porém sua estrutura pode ser modificada por práticas de manejo como rotação de culturas, adubação verde, semeadura direta, etc. (REICHARDT, 1987).

Portanto, a água disponível pode ser definida como a quantidade de água que o solo pode ser retida entre a Capacidade de Campo e o Ponto de Murcha, uma vez que a água abaixo do PM e acima do CC não estão disponíveis às plantas, sendo percolada através do

perfil do solo em virtude da ação da gravidade (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 1982).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Solos do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Montes Claros-MG. Foram utilizados dois tipos de solo, sendo um proveniente de um Latossolo Vermelho-Amarelo e outro Nitossolo Háptico, ambos oriundos da cidade de Montes Claros-MG. As análises físicas e químicas foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Solo do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG cuja descrição está na Tabela 1 e 2. O teste estatístico utilizado foi o Teste de Tukey, com base na diferença mínima significativa (DMS).

Tabela 1 – Caracterização física dos solos utilizados

Material de Solo	Classificação Textural	Areia (dag.kg <sup>-1</sup> )	Silte (dag.kg <sup>-1</sup> )	Argila (dag.kg <sup>-1</sup> )	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Latossolo Vermelho-Amarelo	Argiloso	22,00	22,00	56,00	1,30
Nitossolo Háptico	Arenoso	88,00	6	6,00	1,65

Tabela 2 – Caracterização química dos solos utilizados

Material de Solo	P-mehlich (mg.dm <sup>-3</sup> )	K (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	Ca (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	Mg (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	Al (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	H + Al (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	pH em água
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,72	122	1,10	0,51	3,06	5,83	4,3
Nitossolo Háptico	0,23	5	0,64	0,30	0,00	0,71	6,1

O polímero hidroabsorvente usado foi o Terracottem<sup>1</sup>, composto por polímeros hidroabsorventes sintéticos e naturais (39,50%), fertilizantes à base de Nitrogênio (5%),

<sup>1</sup> Polímero hidroabsorvente TerraCottem®, Ghent - Belgica

Fósforo (1%) e Potássio (4%) e microelementos como Boro, Cobre, Ferro, Manganês, Molibdênio e Zinco (0,5%), material orgânico (0,5%) e rochas vulcânicas (49,75%). Como pode ser visto na Figura 1, a distribuição dos grânulos é bastante heterogênea, sendo 6,5% menores que 0,25 mm; 30% entre 0,25 a 0,50 mm; 27,4% entre 0,5 e 1,0 mm; 22,8% entre 1,0 e 2,0 mm, 7,6% entre 2,0 e 2,83 mm, e 5,7% maiores que 2,83 mm. Por esta razão, procurou-se obter as dosagens de forma mais representativa possível, selecionando-se todos os possíveis tipos de grânulos.

Figura 1 – Polímero hidroabsorvente Terracottem



Fonte: Da autora, 2017

Foram retiradas amostras de 30 g de cada tipo de solo, utilizadas na forma de terra fina seca ao ar (TFSA), sendo as seguintes concentrações utilizadas:  $3,15 \text{ g.kg}^{-1}$  – dose recomendada pelo fabricante – e  $6,30 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $9,45 \text{ g.kg}^{-1}$ , correspondendo a duas e três vezes a dose recomendada pelo fabricante. Para cada dosagem realizou-se três repetições, constituindo um total de 12 amostras (incluindo a testemunha, sem o uso do polímero) para cada tipo de solo. Para determinação da Capacidade de Campo (CC) e Ponto de Murcha Permanente (PMP), foi seguida a metodologia EMBRAPA (1997), utilizando o extrator de Richards.

As amostras de solo com estrutura deformada foram colocadas em anéis de borracha de 5 cm de largura e 1 cm de altura, envoltas por tecido poroso aos quais foram submetidas por 24 horas em uma bacia até atingir a drenagem máxima da água contida nos seus poros. As figuras 2 e 3 mostram o hidrogél em evidência após o período de saturação.

Figura 2 – Terracottem em solo argiloso após saturação



Fonte: Da autora, 2017

Figura 3 - Terracottem em solo arenoso após saturação



Fonte: Da autora, 2017

Em seguida, as amostras foram colocadas no Extrator de Richards à pressão 0,01 MPa para a determinação da CC e 1,5 MPa para a determinação do PMP. Passadas outras 24 horas, as amostras foram retiradas do equipamento e logo em seguida pesadas em balança analítica. Posteriormente, foram colocadas em estufa a 105°C por 24 horas e pesadas novamente. Com os dados das duas pesagens, utilizou-se a equação 1 para determinar a umidade atual.

$$\text{Umidade (MPa)} = 100 \frac{(a-b)}{b} \quad (\text{eq. 1})$$

Em que:

a = peso da amostra após ser submetida à pressão utilizada;

b = peso da amostra seca a 105°C

A água disponível é a água no solo que está retida entre a umidade da CC e PM, sendo dada pela equação 2:

$$\text{CAD} = \frac{(\text{CC}-\text{PMP}) \times d}{10} \quad (\text{eq. 2})$$

Em que:

CAD = capacidade de água total disponível no solo (mm de água/cm de solo)

CC = conteúdo de água no solo na capacidade de campo (% peso)

PMP = conteúdo de água no solo no ponto de murcha permanente (% peso)

d = densidade do solo (g de solo.cm<sup>-3</sup> de solo)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Umidade à capacidade de campo

Apresentam-se, na Tabela 3 e 4, as médias dos tratamentos referentes à capacidade de campo dos solos, para doses crescentes de Terracottem. A análise estatística mostrou haver diferenciação estatística entre a testemunha e todas as doses de Terracottem nos dois tipos, sendo apenas a primeira e a terceira dose estatisticamente iguais no solo argiloso.

Tabela 3 – Valores obtidos pelas repetições de umidades à capacidade de campo com doses crescentes de Terracottem para o solo argiloso

Dose (g/kg)	Repetição	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Umidade (dag/kg)	Média (dag/kg)
0	1	31,96	25,71	24,33	23,74a
	2	33,26	26,93	23,51	
	3	32,74	26,54	23,36	
3,15	1	35,19	26,79	31,40	29,11ac
	2	34,01	26,49	28,41	
	3	30,90	24,23	27,53	
6,30	1	35,18	26,99	30,35	33,91b
	2	37,16	27,43	35,46	
	3	31,68	23,31	35,91	
9,45	1	38,35	27,84	37,75	41,12c
	2	38,75	27,08	43,12	
	3	38,19	26,80	42,50	

\*Tratamentos com letras iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade (Teste de Tukey)

Tabela 4 – Valores obtidos pelas repetições de umidades à capacidade de campo com doses crescentes de Terracottem para o solo arenoso

Dose (g/kg)	Repetição	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Umidade (dag/kg)	Média (dag/kg)
0	1	33,93	32,62	4,01	3,90a
	2	35,84	34,52	3,82	
	3	34,70	33,41	3,87	
3,15	1	35,67	34,01	4,87	6,00b
	2	37,02	34,77	6,48	
	3	35,70	33,48	6,64	
6,30	1	36,91	33,24	11,04	10,57c
	2	32,86	29,90	9,91	
	3	36,11	32,59	10,78	
9,45	1	39,62	33,46	18,43	19,37d
	2	38,52	32,22	19,58	
	3	39,95	33,26	20,09	

\*Tratamentos com letras iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade (Teste de Tukey)

Gráfico 1 – Aumento percentual da umidade à Capacidade de Campo em doses crescentes de Terracottem no solo Argiloso

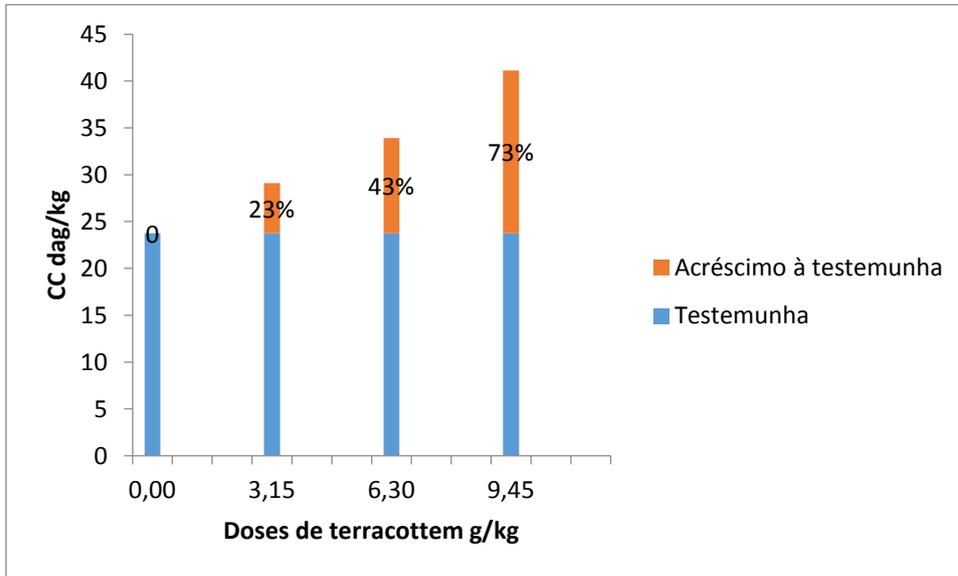
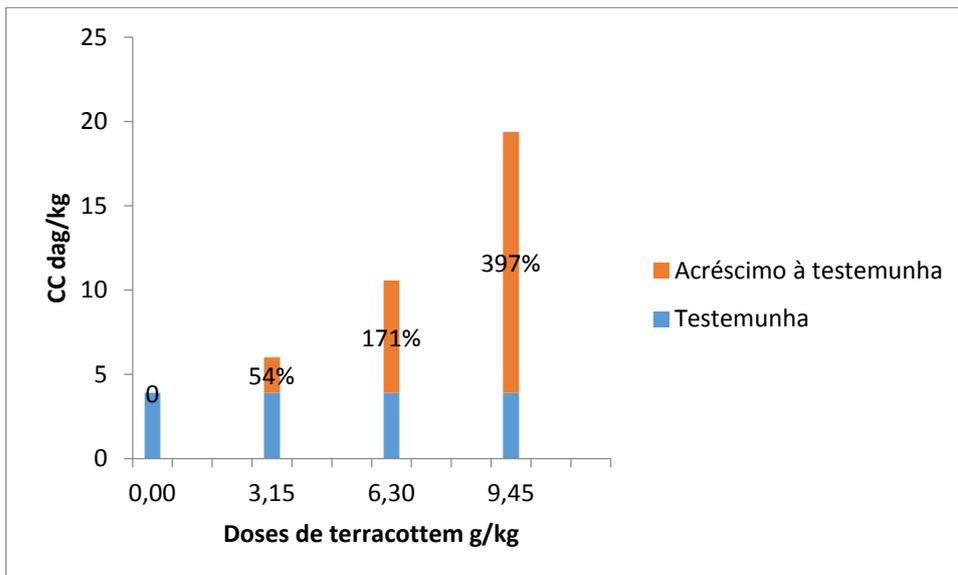


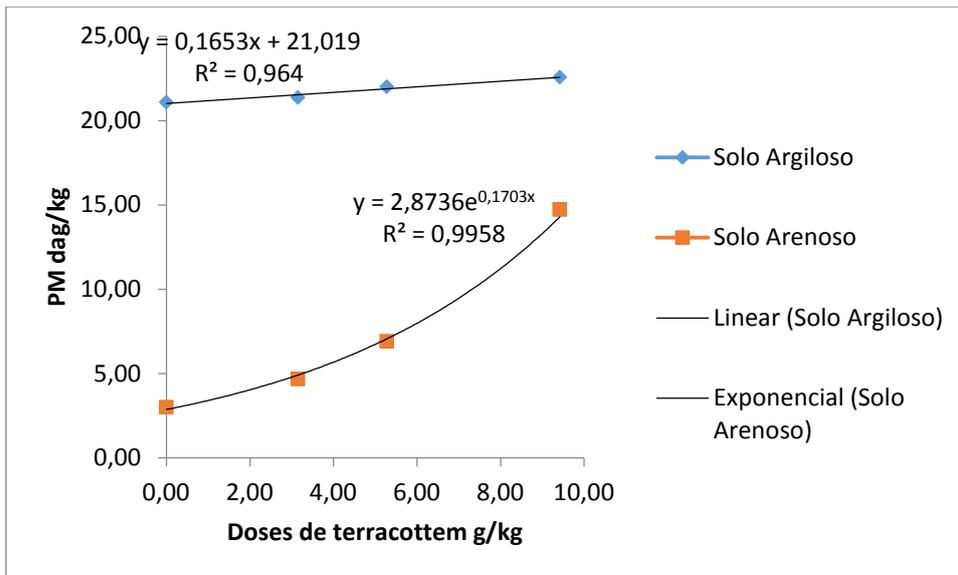
Gráfico 2 – Aumento percentual da umidade à Capacidade de Campo em doses crescentes de Terracottem no solo Arenoso



Observa-se pelo Gráfico 1 e 2 o aumento da CC em relação à testemunha no solo argiloso de 23%, 43% e 73% para as dosagens de 3.15, 5.28 e 9.42, respectivamente, enquanto no solo arenoso o aumento da CC para as mesmas dosagens foi de 54%, 171% e 397%. Isso significa que, mesmo a capacidade de campo na testemunha do solo arenoso sendo consideravelmente mais baixa que a do solo argiloso, os valores de acréscimo são próximos para os dois tipos de solo – 17,38 dag.kg<sup>-1</sup> e 15,47 17.38 dag.kg<sup>-1</sup>, sendo que na dose mais elevada de terracottem no solo arenoso a capacidade de campo praticamente iguala-se à testemunha do solo argiloso, comprovando o domínio do polímero na retenção hídrica em

solos arenosos. Tais resultados corroboram com COELHO et. al. (2008), que atribuiu o fato do expressivo aumento da umidade no solo arenoso à baixa umidade da testemunha, sendo, portanto, mais facilmente afetado pela dose do polímero.

Gráfico 3 – Umidade à capacidade de campo em função das doses crescentes de Terracottem para os dois tipos de solo



O Gráfico 3 apresenta o gráfico da umidade a capacidade de campo em função de doses crescentes de Terracottem, para os dois solos estudados. Pode-se observar que a retenção hídrica aumentou de forma linear com o aumento da concentração do Terracottem no solo argiloso e de forma exponencial no solo arenoso, ao contrário de Varennes *et al.*, (1997) e Coelho *et al.*, (2008) que encontraram correlações lineares entre doses de polímeros de poliácridato de sódio e do polímero Hidratassolo para solos arenosos. Isso significa que o aumento da mesma dosagem de Terracottem tem influência maior em solos arenosos que argilosos, aumentando, teoricamente, a disponibilidade de água, uma vez que o solo passa a reter água em menores potenciais matriciais.

### Umidade de murcha permanente

Tabela 5 – Valores obtidos pelas repetições de umidades ao ponto de murcha permanente com doses crescentes de Terracottem para o solo argiloso

Dose (g.kg <sup>-1</sup> )	Repetição	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Umidade (dag.kg <sup>-1</sup> )	Média (dag.kg <sup>-1</sup> )
0	1	30,92	30,14	21,63	21,09a
	2	32,60	31,68	20,87	
	3	32,11	31,30	20,75	
3,15	1	32,60	31,53	21,55	21,37a
	2	32,01	31,16	21,01	
	3	29,41	28,91	21,54	
6,30	1	32,64	31,61	21,32	22,01a
	2	33,36	32,03	22,08	
	3	28,66	28,08	22,61	
9,45	1	33,32	31,82	22,92	22,57b
	2	33,36	32,00	22,21	
	3	32,86	31,53	22,58	

\*Tratamentos com letras iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade (Teste de Tukey)

Tabela 6 – Valores obtidos pelas repetições de umidades ao ponto de murcha permanente com doses crescentes de Terracottem para o solo arenoso

Dose (g/kg)	Repetição	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Umidade (dag/kg)	Média (dag/kg)
0	1	33,66	32,65	3,12	3,00a
	2	35,58	34,59	2,87	
	3	34,41	33,41	3,01	
3,15	1	35,14	33,59	4,60	4,67ab
	2	35,78	34,42	3,97	
	3	31,65	30,02	5,44	
5,30	1	36,07	33,20	8,64	6,91b
	2	27,78	26,02	6,73	
	3	34,39	32,64	5,36	
9,45	1	37,12	32,12	15,58	14,72c
	2	38,03	32,98	15,30	
	3	35,31	31,17	13,29	

\*Tratamentos com letras iguais não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade (Teste de Tukey)

Têm-se, na Tabela 5 e 6, as médias dos tratamentos referentes à umidade de murcha permanente para doses crescentes de Terracottem para os dois tipos de solo. A análise estatística indica que houve diferenciação entre valores de PM relação à testemunha apenas

nas dosagens mais altas dos dois tipos de solo, sendo a de  $9,45 \text{ g.kg}^{-1}$  no solo argiloso e as de  $6,30 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $9,45 \text{ g.kg}^{-1}$  no solo arenoso.

Gráfico 4 – Aumento percentual da umidade ao Ponto de Murcha em doses crescentes de Terracottem no solo Argiloso

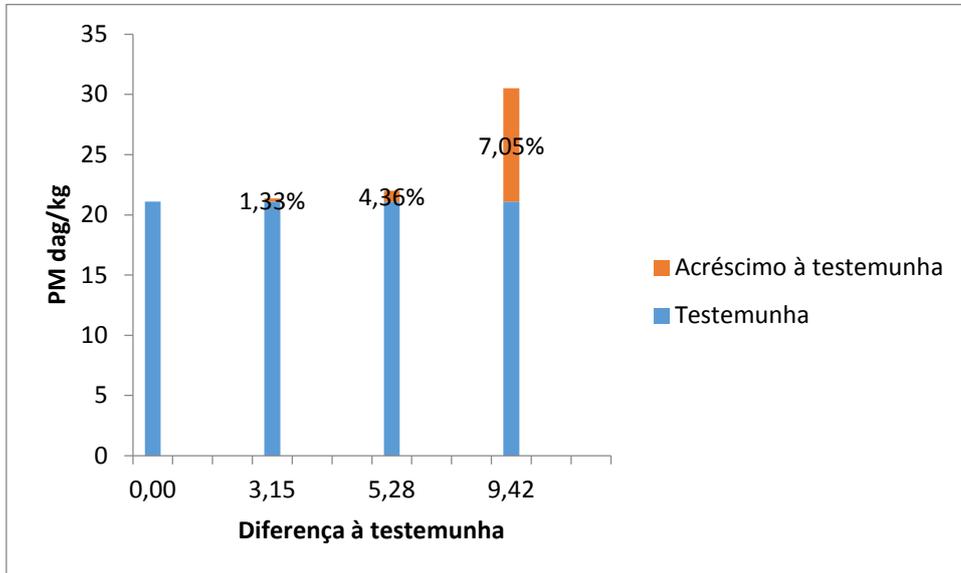
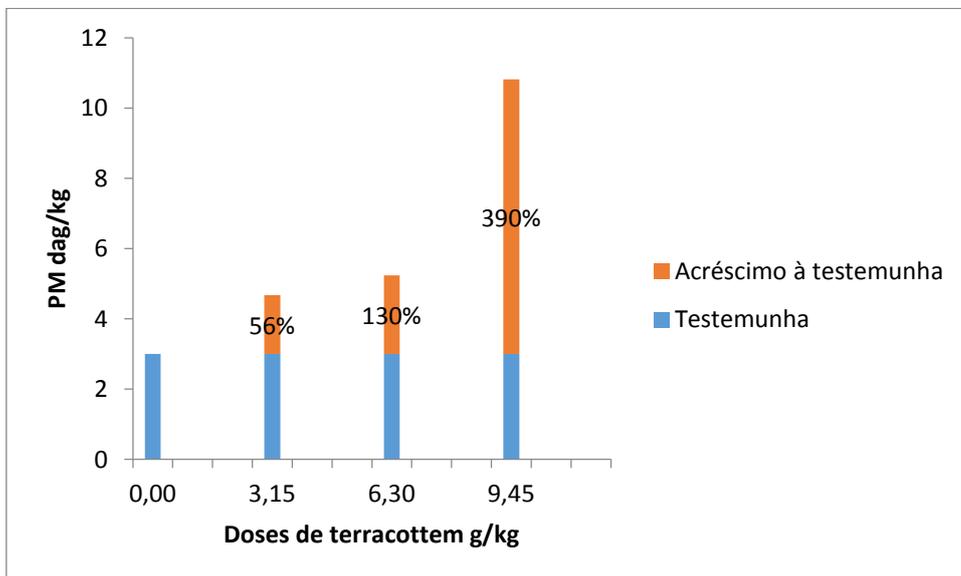


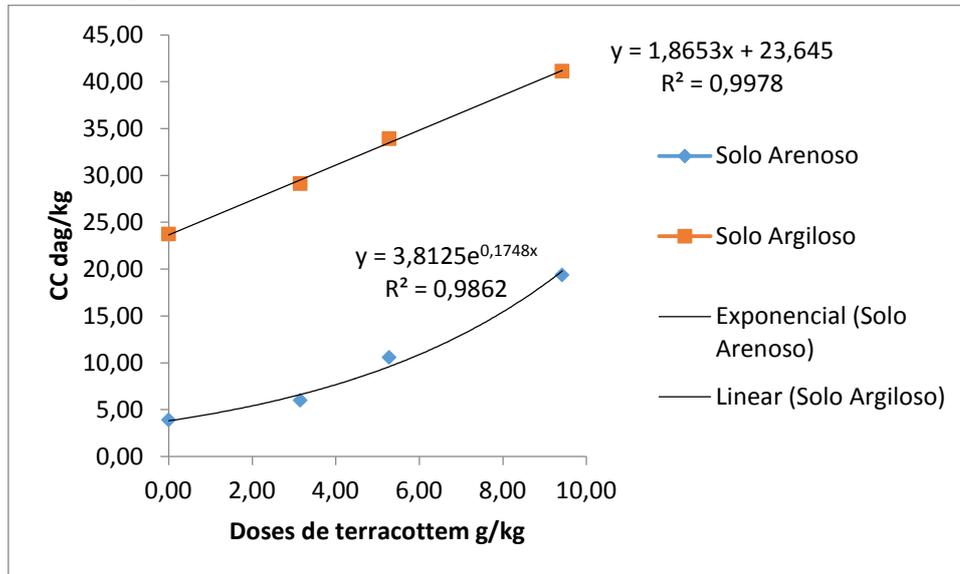
Gráfico 5 – Aumento percentual da umidade ao Ponto de Murcha em doses crescentes de Terracottem no solo Arenoso



Enquanto a umidade do ponto de murcha foi estatisticamente igual em relação à testemunha e manteve-se constante com as doses crescentes de Terracottem – com exceção da dosagem  $9,45 \text{ g.kg}^{-1}$  –, o ponto de murcha foi expressivamente afetado no solo arenoso. Ao se comparar os valores de PM referentes à maior dosagem do polímero ( $9,45 \text{ dag kg}^{-1}$ ) com a testemunha, observaram-se acréscimos de 56%, 130% e 390% para o Neossolo Quartzarênico e 1,33%, 4,36% e 7,05%. O notável valor dos pontos de murcha mais uma vez confirmam o

domínio da ação do polímero sobre a retenção hídrica, o que, segundo Coelho et al (2008) é uma condição muito desfavorável, pois significa que mesmo a 1,5 MPa o Terracottem mantém retida em sua estrutura, uma grande quantidade de água que, provavelmente, estará indisponível para as plantas.

Gráfico 6 – Umidade à capacidade de campo em função das doses crescentes de Terracottem para os dois tipos de solo



No Gráfico 6 pode-se observar o comportamento da função do ponto de murcha em relação às doses crescentes de Terracottem. As funções indicam que, enquanto a adição do polímero não provoca o aumento da retenção hídrica à umidade do ponto de murcha em solos argilosos, este é extremamente sensível com o aumento da dosagem em solos arenosos, tornando grande parte do volume de água indisponível às plantas. A pouca influência do polímero em solos argilosos já era esperada, pois, em baixos potenciais matriciais, o teor de argila é determinante, uma vez que define a área de contato entre as partículas sólidas e a água, sendo responsável por uma forte retenção, conforme estudos feito por KLEIN (2010). Já para solos arenosos, em virtude do seu baixo teor de argila, a estrutura do solo passa a ser mais determinante na retenção de água que sua textura. Assim, como o Terracottem atua diretamente na estrutura do solo e aumenta sua retenção de água nos microporos, o polímero passa a ter grande influência em solos arenosos.

Tabela 7 – Média dos tratamentos referentes à Capacidade de Campo, Ponto de Murcha e Disponibilidade Total de Água para os dois tipos de solo em doses crescentes do Terracottem

Dosagem g/kg	Solo Argiloso			Solo Arenoso		
	CC	PM	DTA	CC	PM	DTA
0	23,74	21,09	2,65a	3,9	3	0,9a
3,15	29,11	21,37	7,75ab	6	4,67	1,32a
6,30	33,91	22,01	11,90c	10,57	6,91	3,66a
9,45	41,12	22,57	18,55d	19,37	14,72	4,64b

Na Tabela 7 se encontram as médias dos tratamentos referentes a água disponível para as plantas para doses crescentes de Terracottem. De acordo com a análise estatística, o teor de água disponível diferenciou-se da testemunha nas dosagens de 5,30 g.kg<sup>-1</sup> e 9,45 g.kg<sup>-1</sup> para o solo argiloso e apenas na dosagem 9,45 g.kg<sup>-1</sup> no solo arenoso. SIVAPALAN (2001) estudando a retenção hídrica de um polímero hidroabsorvente, embora ter constatado um aumento na retenção hídrica referente às doses 0,03% e 0,07%, o polímero também não aumentou significativamente a quantidade de água disponível entre 0,01 e 1,5 MPa.

Gráfico 7 – Disponibilidade de água em função de doses crescentes de Terracottem no solo Argiloso

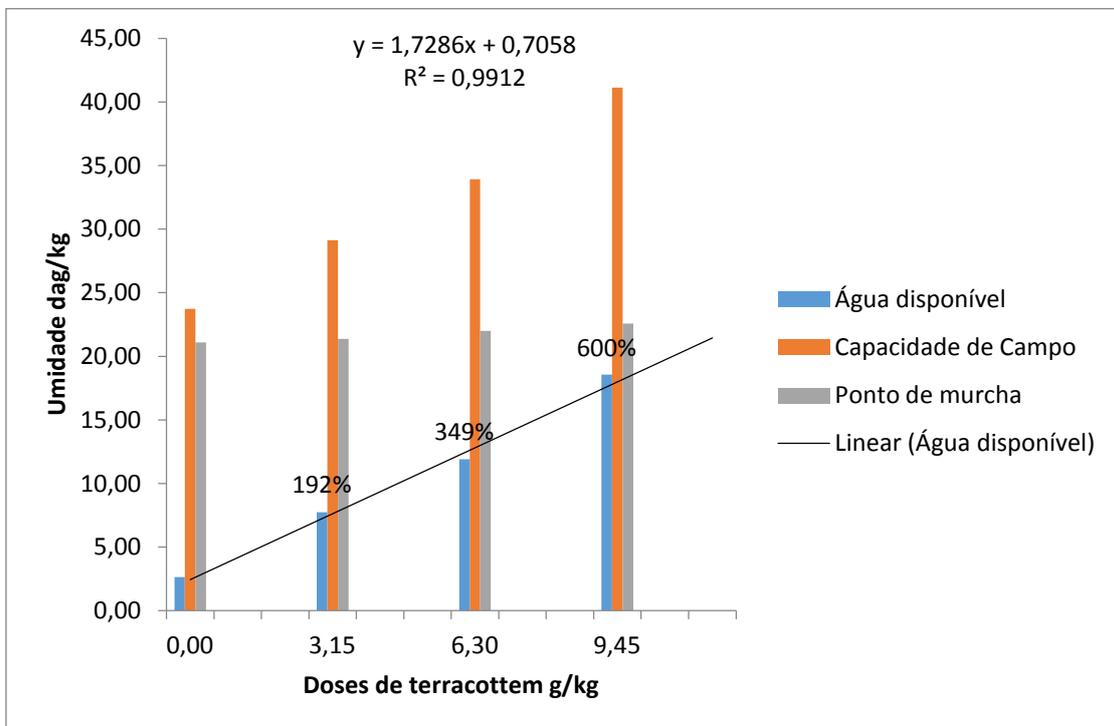
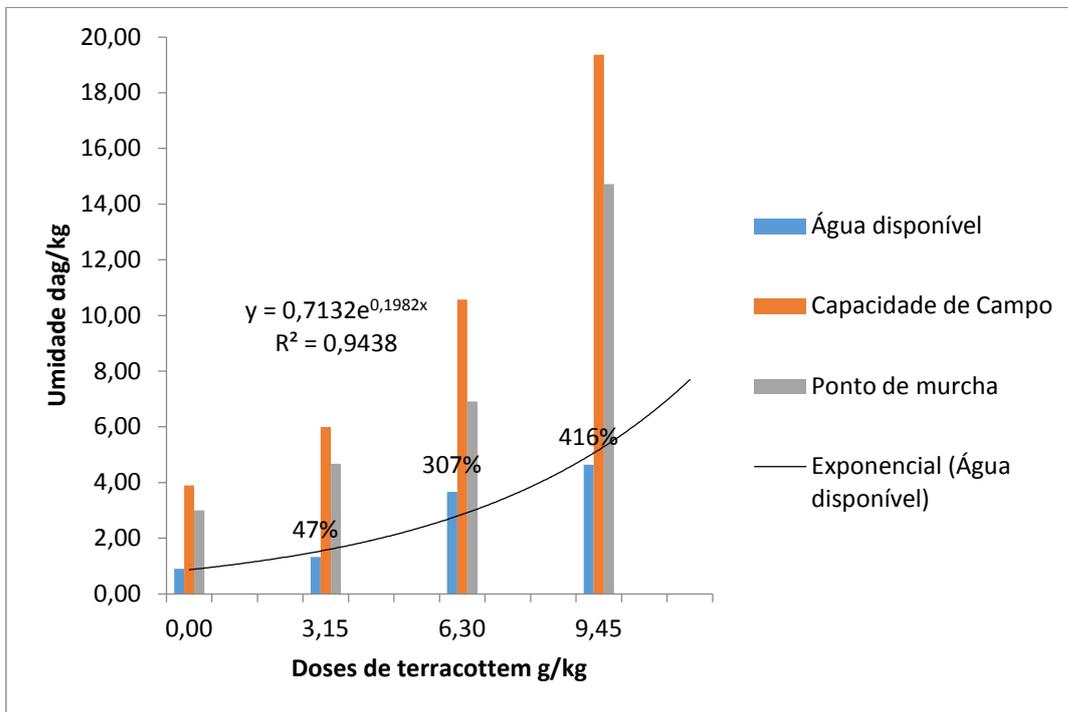


Gráfico 8 – Disponibilidade de água em função de doses crescentes de Terracottem no solo Arenoso



Os Gráficos 7 e 8 descrevem a função da água disponível em função das doses crescentes de Terracottem, a qual é dada pela diferença entre a CC e o PM. Observou-se um crescimento linear na água disponível do solo argiloso em 192%, 349% e 600% em relação à testemunha para as doses de 3,15 g.kg<sup>-1</sup>, 6,30 g.kg<sup>-1</sup> e 9,45 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Esse valor expressivo pode ser atribuído ao fato de ter ocorrido o aumento da CC enquanto o PM permaneceu constante, aumentando a diferença entre os dois parâmetros. Já no solo arenoso, apesar do expressivo aumento da CC, o PM também aumentou proporcionalmente, o que fez com que a água disponível tivesse um crescimento menor em termos percentuais quando comparado ao argiloso, sendo 47%, 307% e 416% para as doses de 3,15 g.kg<sup>-1</sup>, 6,30 g.kg<sup>-1</sup> e 9,45 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Em contrapartida, cabe ressaltar que o aumento da água disponível em solos arenosos segue uma função exponencial, possivelmente obtendo excelentes resultados a doses ainda mais altas que as estudadas nesse trabalho.

## 5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos concluiu-se que o polímero hidroabsorvente Terracottem afeta positivamente os dois tipos de solo estudados, aumentando a disponibilidade de água em relação à testemunha na dosagem mais alta ( $9,45 \text{ g.kg}^{-1}$ ) em 600% no latossolo vermelho amarelo de textura argilosa e 416% no nitossolo háplico de textura arenosa. É necessário estudos da relação custo-benefício, uma vez que é um produto oneroso e os resultados encontrados são para dosagens mais elevadas que a recomendada pelo fabricante.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2005.
- ARRUDA, F.B.; JÚLIO Jr., J. & OLIVEIRA, J.B. **Parâmetros de solo para cálculo de água disponível com base na textura do solo**. Revista Brasileira Ciência do Solo, 11:11-15, 1987.
- AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliacrilamida no fornecimento de água para o cafeeiro (Coffea arabica L) cv. Tupi**. 38p (Dissertação Mestrado). Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2000.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A. ; GONÇALVES, A. C. A. **Uso de hidrogel na agricultura**. Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais, v.1, p.23-31, 2002
- BALENA, S. P. **Efeito de polímeros hidrorretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Paraná, 1998
- BERNARDO, S.; SOARES, A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. UFV, 1982.
- BRIGGS, L. J.; SHANTZ, H. L. **The wilting coefficient and its indirect determination**. Botanical Gazette, v. 53, n. 1, p. 20-37, 1912.
- BUZETTO, F. A.; BIZON, J. M. C.; SEIXAS, F. **Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de Eucalyptus urophylla em pós-plantio**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Circular Técnico, n. 195, p. 5, 2002.
- CEN - COMITÉ EUROPEÉN DE NORMALISATION - Norma EN 13041. **Mejoradores de suelo y sustratos de cultivo – Determinación de las propiedades físicas. Densidad aparente seca, volumen de aire, volumen de agua, valor de contracción y porosidad total**. Bruxelles: Comité Europeén de Normalisation, 1999
- COELHO, J. B. M et al. **Efeito do polímero hidratassolo sobre propriedades físico-hídricas de três solos**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 3, n. 3, p. 253-259, 2008.
- Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1995. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf> Acesso em: Junho/2017
- COTTHEM, W. V. **O papel de Terracottem como um absorvente universal**. Ghent, 1998.
- DE ALMEIDA, B. **Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, 2008.
- DE OLIVEIRA, Rubens A. et al. **Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo**. Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental, v. 8, n. 1, p. 160-163, 2004.

DO VALE, G. F. R.; DE CARVALHO, S. P.; PAIVA, L. C. **Avaliação da eficiência de polímeros hidroretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio.** *Coffee Science*, 1(1), 7-13, 2006

EMBRAPA **Manual de métodos de análise de solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FARIAS, J. R. B.; NEURNAIER, N. **Água em solos arenosos: Estabelecimento de déficit hídrico em culturas.** Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Doc+265+-+Farias0001\\_000ge7384r302wx5ok0ylax2lqmbd7ek.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Doc+265+-+Farias0001_000ge7384r302wx5ok0ylax2lqmbd7ek.pdf) Acesso em Junho/2017

FONSECA, E. de P. **Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden em Win-strip.** Viçosa, UFV, 1988.

FONTENO, W. C.; BILDERBACK, T. E. **Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates.** *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 118, n. 2, p. 217-222, 1993.

Henderson, J. C.; Hensley, D. L. **Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid.** *Horticulture Science*, v.21, n.4. p.991-992, 1986.

JURY, W.A. *et al.* **Soil physics.** New York: John Wiley. 1991. 328p ..

KARKANIS, P. G. **Determining field capacity and wilting point using soil saturation by capillary rise.** *Can. Agric. Eng.*, v. 25, p. 19-21, 1983.

KLEIN, V. A. *et al.* **Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro.** *Ciência Rural*, v. 40, n. 7, p. 1550-1556, 2010.

LAMONT, G.P.; O'CONNELL, M.A. **Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels.** *Scientia Horticulturae*, v.31, p.141-149, 1987.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação Dos Solos.** Oficina de Textos. São Paulo. 2002.

LIMA, R. M. F; SOUZA, V. V. **Polímeros Biodegradáveis: Aplicação na Agricultura e sua Utilização como Alternativa para a Proteção Ambiental,** *Revista Agrogeoambiental* , v. 3,n. 1, p. 75-82, 2011.

MIRANDA, M. A. *et al.* **Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 15, n. 5, 2011.

OR, D.; WRAITH, I.M. **Agricultural and environmental soil physics.** 218p, 1997

PAIVA, H. P., *et al.* **Propagação vegetativa de eucalipto por estaquia.** *Informe Agropecuário*, 18 (185), 23-27, 1996

PEREIRA, E.M. **Análise de conflitos pelo uso da água relacionados à oferta e à demanda: bacia do rio piracicaba–MG.** 2012.

- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. V Ed. São Paulo; Ed. Manole Ltda, 1987. 188p
- REZENDE, L. S. **Efeito da incorporação de polímeros hidroabsorventes na retenção de água de dois solos**. Tese de Doutorado. Viçosa: UFV, 2001. 74p.
- RUIZ, H. A.; FERREIRA, G. B.; PEREIRA, J. B. M. **Estimativa da capacidade de campo de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos pela determinação do equivalente de umidade**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, n. 2, 2003.
- SAAD, A. M. **Uso do tensiômetro de faixas em pivô central**. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.html> Acesso em Junho/2017
- SILVA, M. A. S. da et al. **Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo**. Ciência Rural. Santa Maria. vol. 35, n. 3 p. 544-552, 2005.
- SIVAPALAN, S. **Effect of polymer on soil water holding capacity and plant water use efficiency**. In: Australian Agronomy Conference, 10., 2001, Hobart, 2001.
- SOJKA, R. E.; LENTZ, R. D. **Time for yet another look at soil conditioners**. Soil Science, v. 158, p. 233-234, 1994
- TAYLOR, K.C.; HALFACRE, R.G. **The effect of hydrophylic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum***. Horticulture Science, v.21, n.5, p.1159-1161, 1986.
- TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.
- VALLONE, H. S. *et al.* **Substituição do substrato comercial por casca de arroz carbonizada para produção de mudas de cafeeiro em tubetes na presença de polímero hidrorretentor**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 28, n. 3, p. 593-599, 2004.
- VANZELA, L.S; ANDRADE, M.C.N. **Manejo da Irrigação via solo**. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/manejoirrigacao.html>. Acesso em: Junho de 2017
- VARENNE, A; BALSINHAS, A; CARQUEUEJA, M. J. **Effects of two Na polymers on the hydrophysical and chemical properties of a sandy soil, and on plant growth and water economy**. Revista de Ciências Agrárias, Lisboa, v.20, n.4, 1997.
- VEIHMEYER F.J., HENDRICKSON A.H. **Methods of determining field capacity and wilting percentages of soils**. Soil Science 68, 75-94, 1949
- VLACH, T.R. **Creeping bentgrass responses to water absorbing polymers in simulated golf greens**. Wisconsin, 1991.
- WALLACE, G. A.; WALLACE, A. **Control of soil erosion by polymeric soil conditioners**. Soil Science, v. 141, n. 5, p. 363-367, 1986.