

LUCIMAR SILVA REZENDE

**EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE POLÍMEROS HIDROABSORVENTES NA
RETENÇÃO DE ÁGUA DE DOIS SOLOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2000

LUCIMAR SILVA REZENDE

**EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE POLÍMEROS HIDROABSORVENTES NA
RETENÇÃO DE ÁGUA DE DOIS SOLOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Aprovada: 30 de novembro de 2000

Prof. Antônio Teixeira de Matos

Prof. Fernando Alves Pinto

Prof. Mauro Aparecido Martinez
(Conselheiro)

Prof. Glauco Vieira Miranda
(Conselheiro)

Prof. Rubens Alves de Oliveira
(Orientador)

AGRADECIMENTO

A Deus, por tudo.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao caríssimo Orientador Professor Rubens Alves de Oliveira, pela orientação e pela paciência.

Ao Professor Glauco Vieira Miranda, pela orientação estatística e valiosas sugestões.

Aos professores, membros da banca, pelas valiosas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao Departamento de Solos da UFV, na pessoa do engenheiro Pedro Geraldo Lelis Leal, por ceder o material de solo de João Pinheiro/MG para a realização dos testes.

À HS JARDINAGEM, na pessoa do Gerente Comercial David W. Lins, pelo fornecimento do Terracottem utilizado nos testes.

Aos professores da Área de Irrigação e Drenagem do DEA/UFV, especialmente aos professores Mauro Aparecido Martinez e Paulo Afonso Ferreira, por me permitirem conciliar a atividade funcional com as atividades acadêmicas.

À minha família, e, em especial à minha mãe, Hermínia, pelo exemplo de força e perseverança.

Aos amigos Glauco e Izabel Cristina pela amizade sincera, pelo incentivo e pelo apoio incondicional, especialmente à BEL - meu “porto-seguro” em Viçosa.

Ao Marcelo, por ter sido fundamental na minha decisão de realizar este curso.

Ao amigo Ronaldo Freire, pela colaboração para realização de trabalhos que, por motivos alheios à vontade da equipe, não puderam ser contemplados nesta dissertação.

Aos colegas e amigos, funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo apoio e agradável convívio.

Aos colegas de curso e demais estudantes de Engenharia Agrícola, pela paciência e compreensão diante de minhas ausências no Laboratório de Solo e Água no decorrer do curso, em função das minhas atividades acadêmicas.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Lucimar Silva Rezende, filha de Claudionor Ferreira de Rezende e de Hermínia Silva Rezende, nasceu em Miguelópolis, SP, em 09 de abril de 1964.

Em março de 1985 ingressou no curso de Agronomia da UFV, em Viçosa, MG, graduando-se em abril de 1992.

No período de março de 1988 a março de 1992 foi estagiária no Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), sendo bolsista de iniciação científica do CNPq nos períodos de março de 1989 a fevereiro de 1990, e de março de 1991 a fevereiro de 1992.

Em fevereiro de 1993 ingressou na UFV como Laboratorista onde, até o momento presente, desempenha esta atividade.

Em outubro de 1997 iniciou, na UFV, o curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em nível de mestrado, na área de concentração em Irrigação e Drenagem.

ÍNDICE

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1. Ensaios	17
3.1.1. Determinação das curvas características de retenção de água da mistura de solo com Hidratassolo para os solos de texturas franco-argilo-arenosa e argilosa	17
3.1.2. Determinação das curvas características de retenção de água da mistura de solo com Terracottem para os solos de texturas franco-argilo-arenosa e argilosa	18
3.1.3. Determinação da capacidade de retenção de água dos polímeros	18
3.2. Cálculo da disponibilidade total de água no solo	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1. Curvas características de retenção de água dos solos incorporados com Hidratassolo	21
4.1.1 – Solo de textura franco-argilo-arenosa	21
4.1.2. Solo de textura argilosa.....	36

4.2. Curvas características de retenção de água dos solos incorporados com Terracottem	49
4.2.1. Curvas de retenção de água dos solos de texturas franco-argilo-arenosa e argilosa	49
4.2.2. Comparação dos resultados obtidos para os solos de textura franco-argilo-arenosa e argilosa misturados com o Terracottem	54
4.3. Análise dos Polímeros sem mistura com solos	57
4.3.1. Retenção de água	57
5. RESUMO E CONCLUSÕES	63
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
APÊNDICES	68
Apêndice A – Valores originais dos teores de umidade das curvas de retenção de água	69
Apêndice B – Valores dos coeficientes de ajuste do modelo potencial das curvas de retenção de água nos solos	72

RESUMO

REZENDE, Lucimar Silva, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2000. **Efeito da incorporação de polímeros hidroabsorventes na retenção de água de dois solos.** Orientador: Rubens Alves de Oliveira. Conselheiros: Glauco Vieira Miranda e Mauro Aparecido Martinez.

Ao longo dos tempos, têm se buscado alternativas para aumentar a disponibilidade de água para as plantas. Devido à capacidade de absorver e reter água, os polímeros hidroabsorventes surgiram como uma possibilidade de contribuição para a solução do problema. Este trabalho objetivou avaliar o efeito de dois polímeros hidroabsorventes utilizados no solo como condicionadores: o Terracottem e o Hidratassolo. Os estudos consistiram em obter as curvas características de retenção de água em dois materiais de solo, sendo um classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-argilo-arenosa e o outro como Podzólico Vermelho-Amarelo de textura argilosa, com adição dos polímeros hidroabsorventes em diferentes concentrações. Foram conduzidos três experimentos, visando à obtenção das curvas características de retenção de água, sendo o primeiro experimento resultante da incorporação de sete granulometrias e cinco concentrações do Hidratassolo em cada um dos solos; o segundo, resultante da incorporação de cinco concentrações do Terracottem em cada solo; e o terceiro, no qual as curvas foram obtidas das sete granulometrias do Hidratassolo e da

granulometria comercial do Terracottem, sem mistura com solos. A avaliação de alteração das características de retenção de água foi feita com base nos valores de disponibilidade total de água no solo, capacidade de campo e ponto de murchamento permanente. Concluiu-se que a retenção de água nos dois solos estudados foi maior à medida que aumentou o diâmetro dos grânulos do Hidratassolo e a concentração dos dois polímeros. O Hidratassolo reteve mais água, com base no peso seco, que o Terracottem. A tensão de 1,5 MPa não foi suficiente para eliminar toda água retida nos polímeros, fazendo com que o teor de umidade dos solos tratados fosse maior que o da testemunha no ponto de murchamento. O Hidratassolo foi mais eficiente na retenção de água para o solo argiloso. A alta capacidade de absorção e retenção de água pelos polímeros a baixas tensões indica que estes podem reduzir perdas de água por percolação e, também, a altas tensões, reduzir o déficit hídrico em culturas conduzidas durante períodos secos do ano.

ABSTRACT

REZENDE, Lucimar Silva, M.S., Universidade Federal de Viçosa, November, 2000. **Effect of hydro-absorbent polymer incorporation on water retention of two soils.** Advisor: Rubens Alves de Oliveira. Committee Members: Glauco Vieira Miranda and Mauro Aparecido Martinez.

Along the times, alternatives to increase water availability to plants have been sought. Due to the capacity of absorbing and retaining water, hydro-absorbent polymers have arisen as a possibility of contribution to the solution of this problem. The objective of this work was to evaluate the effect of two hydro-absorbent polymers used as soil conditioners: Terracottem and Hidratassolo. The studies consisted of obtaining curves representative of water retention in two soils classified as a sandy-clayey-loamy Red-yellow Latosol and the other as a clayey Red-yellow Podzol, with addition of hydro-absorbent polymers in different concentrations. Three experiments were carried out in order to obtain the curves representative of water retention: experiment one, with incorporation of seven particle-sizes and five concentrations in each soil; experiment two, with incorporation of five concentrations of Terracottem in each soil; and experiment three, in which the curves were obtained from the seven particle-sizes of Hidratassolo and from the Terracottem commercial particle-size, without mixing with soils. The evaluation of change in water retention characteristics was based in the values of total available water in the soil, field capacity and

permanent wilting point. It was concluded that, water retention in the two soils increased with the diameter of the Hidratassolo particles and the concentration of the two polymers. Hidratassolo retained more water than Terracottem on a dry-weight basis. The tension of 1,5 MPa was not enough to eliminate all the water retained in the polymers, making the moisture level of the treated soils higher than the control in the wilting point. Hidratassolo was more effective for water retention in the clayey soil. The high absorption capacity and water retention by the polymers at low tensions indicate that they can reduce water losses by percolation and, also at high tensions, the water deficit in crops cultivated in dry periods of the year.

1. INTRODUÇÃO

A degradação do recurso água é problema mundial. A água doce e de boa qualidade tem ficado cada vez mais escassa, com perspectivas de agravamento da situação atual, por causa de diversos fatores tais como o aumento da população, a maior demanda para produção agrícola e industrial, além do uso de forma inadequada.

No mundo, o uso da água na agricultura representa cerca de 70% de toda a água derivada de rios, lagos e mananciais subterrâneos, enquanto a indústria utiliza 23% e o abastecimento humano consome 7%. Estima-se que, no Brasil, metade da água consumida seja utilizada pela agricultura (Cardoso et al., 1998, citado por BORGES, 2000).

Estudos da FAO, citados na revista *Item* (1994), indicam que, considerando o crescimento da população e o seu incremento de renda, para atender a demanda mundial de alimentos nas próximas décadas, a agricultura terá de crescer 3,8% ao ano contra os 2,6% atingidos nos últimos anos. A viabilidade da exploração agrícola em regiões áridas e semi-áridas do globo, que constituem cerca de 55% de sua área continental, depende do uso adequado da água.

A agricultura brasileira é um dos setores mais importantes para o desenvolvimento do país, sendo responsável pelo abastecimento interno de alimentos, pela geração de excedentes exportáveis e pela produção de energia

renovável. E, ainda, apresenta grande potencial de crescimento, pois extensas áreas ainda não foram exploradas para a produção agrícola e uma parte significativa das áreas produtivas estão sub-utilizadas, seja por insuficiência de água, seja por distribuição irregular da água disponível. Esses fatos apontam para a necessidade de concentração de esforços no sentido de racionalizar o uso da água e aumentar a produção de alimentos, não só com a incorporação de novas áreas ao processo produtivo, mas também, com o aumento e a reabilitação das áreas irrigadas abandonadas, além de investimentos no desenvolvimento de novas tecnologias.

O dimensionamento e o manejo de sistemas de irrigação dependem do conhecimento da capacidade de armazenamento de água no solo. A curva de retenção de água no solo fornece informações para o cálculo da quantidade de água que determinado solo é capaz de armazenar (BERNARDO, 1995).

Ao longo dos tempos, têm se buscado alternativas para aumentar a disponibilidade de água para as plantas, mas, apesar dos expressivos investimentos em pesquisas, este problema não foi totalmente resolvido. A disponibilidade de água para a produção agrícola é um problema enfrentado em todo o mundo e tão antigo quanto a própria agricultura.

Na década de 80, polímeros hidroabsorventes desenvolvidos em diferentes centros de pesquisa para atender a diversas finalidades, começaram a ser utilizados na agricultura como condicionadores de solo devido à capacidade apresentada de absorver e reter água. Vários agricultores têm utilizado esses polímeros com sucesso e as poucas pesquisas desenvolvidas também têm confirmado sua viabilidade para uso na agricultura. No entanto, cientificamente, muito pouco foi pesquisado a respeito da forma de utilização dos polímeros hidroabsorventes. Existe interesse nestes produtos para superar problemas físicos do solo, como por exemplo, a baixa capacidade de retenção de água e permitir a utilização mais efetiva dos recursos solo e água (NIMAH et al., 1983). A utilização de condicionadores sintéticos de solo é uma tentativa de contribuir para a melhoria da eficiência do uso da água e, conseqüentemente, aumentar ou viabilizar a produção agrícola em algumas regiões.

No Brasil, polímeros sintéticos hidroabsorventes, como o Hidratassolo e o Terracottem, estão sendo utilizados na produção de frutas, hortaliças e

mudas de diversas espécies, bem como na formação de gramados em jardins e em campos de futebol e de golfe (*Manchete Rural*, 1998; *Guia Técnico* 1.0, 199-; *Panorama Rural*, 1999). Conhecer e quantificar a contribuição do uso desses polímeros na disponibilidade de água no solo é de suma importância para sua utilização adequada.

Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram:

1. avaliar a influência da granulometria do polímero hidroabsorvente Hidratassolo nas características de retenção de água de dois solos de texturas argilosa e franco-argilo-arenosa;
2. avaliar a influência da aplicação de diferentes concentrações dos polímeros hidroabsorventes Hidratassolo e Terracottem nas características de retenção de água de dois solos de texturas argilosa e franco-argilo-arenosa;
3. estudar a interação entre granulometrias e concentrações do Hidratassolo para cada um dos solos analisados;
4. avaliar o potencial de retenção de água do produto comercial Terracottem e de diferentes granulometrias do Hidratassolo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A curva de retenção de água no solo fornece informações para o cálculo da quantidade de água que determinado solo é capaz de armazenar e deixar disponível para as plantas. A água disponível para as plantas é aquela compreendida entre a capacidade de campo (Cc) e o ponto de murchamento permanente (Pm). A capacidade de campo de um solo corresponde à umidade na qual o movimento vertical descendente de água praticamente cessa. Seu valor pode ser determinado em laboratório, aplicando-se pressões de 0,01 MPa para solos de textura grossa e 0,03 MPa para solos de textura fina. Considera-se que a água retida com potencial matricial superior ao valor de capacidade de campo percola para as camadas abaixo do sistema radicular e não é utilizada pelas plantas e que, em geral, a água retida no solo com potencial matricial inferior a -1,5 MPa, correspondente ao ponto de murchamento permanente, é considerada indisponível para as plantas por ser de difícil extração.

A melhoria das características físicas do solo, visando o aumento da capacidade de retenção de água, é um problema da Física de Solos que não foi resolvido com sucesso total (REICHARDT, 1996). Tentativas de solucionar este problema incluem o uso de condicionadores de solos.

Os condicionadores de solo são substâncias naturais ou sintéticas utilizadas para melhorar as propriedades físicas do solo e tornar mais efetivo o uso dos recursos água e solo (NIMAH, 1983).

A adição de matéria orgânica, na forma de adubo verde, de estrume ou de composto é uma forma de aumentar a retenção de água no solo. No entanto, o problema relacionado ao uso da matéria orgânica é a elevada quantidade a ser aplicada, o que inviabiliza, em muitos casos, a aquisição e as operações de transporte e de incorporação. Essa solução só seria viável para culturas intensivas, de alto valor econômico (REICHARDT, 1996). MORAES (1996) estudou o efeito da adição de composto orgânico contendo vermiculita na retenção de água pelo solo e no desenvolvimento de plantas. O autor conduziu experimentos com feijão e canola em dois diferentes tipos de solo, adicionando 14%, em peso, de composto orgânico, utilizando diferentes freqüências de irrigação. Os resultados mostraram acréscimo significativo na produção de matéria seca das duas culturas nos tratamentos em que foi utilizado o composto orgânico e irrigação em dias alternados, quando comparados com as respectivas testemunhas, sem composto e com irrigação diária, comprovando portanto, que o composto com vermiculita foi capaz de reter água.

A vermiculita é um mineral que, quando incorporado ao solo, aumenta a sua capacidade de retenção de água; porém, o problema é a disponibilidade de material e a quantidade a ser aplicada (REICHARDT, 1996).

A utilização de cobertura morta também tem sido estudada com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água para as plantas. Medcalf (1956), citado por BARUQUI e FERNANDES (1985), verificou que a cobertura morta aumentou em 30% o nível de umidade na zona radicular de cafeeiros em São Paulo. Entretanto, para que essa técnica de conservação de água fosse implementada, seria necessário 1 hectare de capineira para produzir cobertura morta para 2 hectares de café, o que inviabiliza o uso desse sistema para grandes áreas.

SHARMA et al. (1993), visando a recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão, estudou a retenção de água em solos contendo diferentes quantidades de carvão e constatou que a quantidade de água das misturas, em geral, era linearmente proporcional à quantidade de carvão.

Em 1950, surgiu o Krillium, um polímero orgânico sintético que foi desenvolvido com o propósito de melhorar as propriedades físicas do solo e controlar a erosão. Com o surgimento deste produto começaram as pesquisas

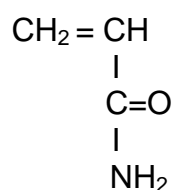
visando à utilização de polímeros sintéticos na agricultura - os chamados condicionadores sintéticos de solo. Allison (1952), citado por WALLACE et al. (1986), apresentou os resultados de um trabalho pioneiro, constatando que o tratamento com este polímero sintético aumentou a taxa de infiltração de água no solo e reduziu o sódio trocável em solos salino-alcálinos.

O Krillium atua na estrutura do solo, melhorando a estabilidade dos agregados, reduzindo o encrostamento e aumentando a infiltração da água no solo. Por isso, indiretamente, aumenta a disponibilidade de água para as plantas. O Krillium foi o único produto do gênero no mercado durante cerca de 30 anos, sendo entretanto, de utilização difícil e de baixa disponibilidade (WALLACE e WALLACE, 1986; SOJKA e LENTZ, 1996).

Na década de 80, em diferentes centros de pesquisa, foram desenvolvidos novos tipos de polímeros com finalidades distintas. Essa nova geração de polímeros foi recomendada para utilização agrícola devido à sua capacidade de melhorar as propriedades físicas do solo, permitir diferentes formas de aplicação e atender a necessidades diversas (WALLACE e WALLACE, 1986; SOJKA e LENTZ, 1996). O uso desses produtos no solo tem resultado em aumento do crescimento das plantas (Taylor e Halfacre (1986), citados por MORVEDT et al., 1992), aumentado a eficiência do uso da água (WANG e BOOGHER, 1987) e reduzido a frequência de irrigação das plantas (Flannery e Busscher (1982), citados por MORVEDT et al., 1992).

Os condicionadores sintéticos de solo podem ser classificados em: orgânico solúvel, espumas, emulsões, silicatos e polímeros (NIMAH, 1983); sendo os polímeros sintéticos os mais promissores.

Os polímeros de poliácridamida (PAM) são os mais utilizados para fins agrícolas, mais especificamente, os copolímeros de acrilamida e um sal ácido acrílico (SOJKA e LENTZ, 1996; SAIDRAHMAN e ISKANDARK, 1997). Poliácridamida e PAM são termos genéricos, utilizados para denominar polímeros sintetizados a partir de subunidades (monômeros) de acrilamida, cuja estrutura química é (BARVENIK, 1994):



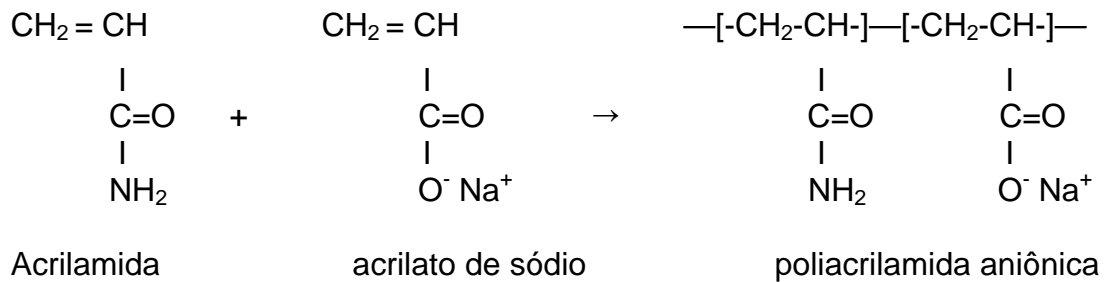
Como todos os polímeros, as propriedades físico-químicas das PAMs são dependentes do tamanho do polímero, isto é, do número de monômeros de acrilamida que são combinados para formar a cadeia de poliacrilamida, do peso molecular, do tipo de suas ligações químicas e da presença ou não, de outros grupos funcionais, como os sais, ácidos e outros (BARVENIK, 1994; SOJKA e LENTZ, 1996). A matéria prima mais comum para a síntese de poliacrilamida é o gás natural (SOJKA e LENTZ, 1996).

Os polímeros de poliacrilamida podem ser solúveis ou insolúveis em água, dependendo de sua estrutura química. Os solúveis podem ser classificados como não-aniônicos, catiônicos, ou aniônicos (BARVENIK, 1994; SOJKA e LENTZ, 1996).

Os polímeros não-aniônicos são, atualmente, utilizados como floculantes no tratamento de água residuária de indústrias de papel e celulose e clareamento de água potável. É um homopolímero, ou seja, é obtido pela repetição de unidades idênticas de acrilamida.

PAMs catiônicas são particularmente utilizadas como floculantes no tratamento de água residuária de diferentes indústrias e de sedimentos de esgotos. Uma das principais formas de obtenção de PAMs catiônicas é através da copolimerização da acrilamida e do cloridrato de amônio-trimetil-acriloiloxietil (BARVENIK, 1994).

PAMs aniônicas, dentre as solúveis, são as que apresentam maior importância para a agricultura, sendo comumente produzidas pela copolimerização da acrilamida e de um ácido acrílico ou de um sal de ácido acrílico (Mortiner (1991), citado por BARVENIK, 1994). Em PAMs aniônicas ocorre a substituição de um grupo amida (NH_2) pelo grupo funcional formato de sódio (ONa^+), na proporção de um para cada cinco monômeros; quando o cátion de sódio se dissocia na água sobra uma carga negativa no polímero. Apresentam, em média, 18% de cargas negativas (SOJKA e LENTZ, 1996). A estrutura química do polímero aniônico é:



Poliacrilamidas ani\u00f4nicas atuam de forma semelhante \u00e0 mat\u00e9ria org\u00e2nica, devido \u00e0 elevada densidade de cargas negativas na sua estrutura quando se dissocia em \u00e1gua (WALLACE et al., 1986; WALLACE e WALLACE, 1986; SALEH e LETEY, 1989).

Os condicionadores sol\u00faveis em \u00e1gua passam por rea\u00e7\u00f5es f\u00edsico-qu\u00edmicas com os constituintes do solo, especialmente com a fra\u00e7\u00e3o argila. Ap\u00f3s a secagem, s\u00e3o formadas estruturas insol\u00faveis que geralmente resultam em melhoria da agrega\u00e7\u00e3o, porosidade e condutividade hidr\u00e1ulica (SHAMP et al., 1975).

PAM \u00e9 um potente floculante que efetivamente ret\u00e9m quase todo material do tamanho argila. A flocula\u00e7\u00e3o reduz a quantidade de part\u00edculas finas que obstruem os poros do solo e fazem decrescer a taxa de infiltra\u00e7\u00e3o de \u00e1gua. Devido \u00e0 flocula\u00e7\u00e3o das argilas, o PAM ani\u00f4nico sol\u00favel pode controlar a eros\u00e3o do solo, causada pela irriga\u00e7\u00e3o por sulcos, reduzindo, significativamente, a quantidade de sedimentos carregados por enxurradas para os cursos d'\u00e1gua (SOJKA & LENTZ, 1996). Este pol\u00edmero reduz, tamb\u00e9m, o encrostamento e o selamento superficial (NIMAH, 1983; SHAINBERG et al., 1990), melhora a agrega\u00e7\u00e3o do solo, a estabilidade dos agregados em \u00e1gua, reduz a dispers\u00e3o de argilas em \u00e1gua, e a densidade do solo (ZAHOW e AMRHEIN, 1992). De acordo com SALEH e LETEY (1989), os PAMs aumentam a for\u00e7a de coes\u00e3o e estruturam os agregados. Tamb\u00e9m s\u00e3o utilizados na recupera\u00e7\u00e3o de solos salinos s\u00f3dicos pelo fato de atuarem desenvolvendo e estabilizando a estrutura do solo, aumentando a porosidade e, conseq\u00fcentemente, aumentando a taxa de infiltra\u00e7\u00e3o de \u00e1gua no solo e a condutividade hidr\u00e1ulica (ZAHOW e AMRHEIN, 1992).

PAMs sol\u00faveis em \u00e1gua, tamb\u00e9m chamados de linear ou de liga\u00e7\u00e3o n\u00e3o-cruzada, podem ser adicionados \u00e0 \u00e1gua de irriga\u00e7\u00e3o \u00e0 taxa de 3 a 7 kg ha⁻¹. A

erosão causada pela irrigação por sulco é praticamente eliminada com a adição de pequenas quantidades de PAM solúvel na água de irrigação. Em sulcos recém-cultivados, a aplicação de 1 kg ha^{-1} de PAM em água de irrigação a 10 mg L^{-1} , durante a fase de avanço, reduziu os sedimentos no escoamento em 94% e aumentou a infiltração em 15% em três anos de testes realizados no *Agriculture Research Service*, em Idaho, em solo franco-siltoso de Poteneuf (SOJKA e LENTZ, 1994; SOJKA e LENTZ, 1996).

PAMs insolúveis em água, os expansíveis, são produzidos com a introdução de ligações cruzadas dentro das moléculas (SOJKA e LENTZ, 1996). A expansão dos polímeros hidrofílicos é derivada da repulsão eletrostática entre as cargas na cadeia do polímero (VARENNE et al., 1997). Estes PAMs têm sido usados como superabsorventes em fraldas e outros produtos de consumo por causa de sua capacidade de absorver água até 500 vezes o seu próprio peso. Esta característica de retenção de água tem estimulado o uso desse produto nos solos, visando aplicações em horticultura, na formação gramados, na germinação de sementes e na produção de mudas (BARVENIK, 1994).

Dentre os polímeros expansíveis, os mais promissores são os constituídos por copolímeros de acrilamida e sal ácido acrílico, no qual os monômeros estão em ligação cruzada para minimizar a fração solúvel e aumentar a absorção e a liberação de água (JOHNSON, 1984; SOJKA e LENTZ, 1996; SAIDRAHMAN e ISKANDAR, 1998). Os polímeros hidroabsorventes não reagem com os constituintes do solo mas exercem efeito direto, aumentando a retenção de água pelo solo (NIMAH, 1983). A relativa capacidade dos polímeros em armazenar e liberar água está relacionada com sua estrutura química (JOHNSON e VELTKAMP, 1985).

Enquanto alguns polímeros são predominantemente hidroabsorventes, outros são mais aglomerantes. Porém, todos têm grande utilidade na conservação do solo e da água, e podem ser insumo importante para o desenvolvimento da agricultura sustentável (SOJKA e LENTZ, 1996; SAIDRAHMAN e ISKANDAR, 1997).

Nos EUA e na Europa, os polímeros sintéticos têm sido amplamente estudados, visando à melhoria das propriedades físicas do solo. Entretanto, a grande maioria dos estudos publicados são realizados com os polímeros

aniônicos, que atuam estruturando o solo, controlando erosão, melhorando a infiltração de água e ajudando na recuperação de solos salinos (WALLACE et al., 1986; WALLACE e WALLACE, 1986; SHAINBERG e LEVY, 1994). Poucas são as publicações de estudos realizados com os polímeros hidroabsorventes, que têm atuação direta na retenção de água.

Callebaut (1979), citado por TERRY e NELSON (1986), estudando os efeitos de PAM e outros polímeros solúveis em solo franco-siltoso, encontrou que, com a aplicação de 1 dag kg^{-1} de poliacrilamida, a estabilidade dos agregados aumentou de 0 para 48% e a condutividade hidráulica aumentou de 0,1 para $1,3 \text{ cm min}^{-1}$.

SAIDRAHNAN e ISKANDARK (1998), em estudos desenvolvidos com algodão no Usbekistão, conseguiram produzir 4.200 kg ha^{-1} , com o uso de 50 kg ha^{-1} de polímeros de poliacrilamida, utilizando uma lâmina de 255 mm de água parcelada em duas irrigações por sulco. Já para a testemunha, utilizando cobertura morta e sem o polímero, foram necessários 535 mm de água aplicados em quatro irrigações, obtendo uma produção 15% menor que a parcela tratada com polímeros. Durante a condução dos experimentos, choveu 300 mm e os polímeros armazenaram 50% dessa água na zona radicular. Segundo os autores, o produto utilizado é economicamente atraente quando comparado com outras tecnologias disponíveis atualmente, pois, considerando que os polímeros têm uma vida útil de 5 a 6 anos, o custo anual, para aquele país, é de US\$1,00 a US\$1,50 por kilograma.

HEMYARI e NOFZIGER (1981) estudaram o efeito do Super Slurper, um copolímero de amido hidrolizado e poliacrilonitrila, na retenção de água no solo e constataram que, o aumento da disponibilidade de água nos solos silto-arenoso de Teller e areno-siltoso de Cobb foi significativo para taxas de aplicação do produto a partir de $0,2 \text{ dag kg}^{-1}$ e que, a incorporação de $0,4 \text{ dag kg}^{-1}$ do produto elevou para cerca de 53 e 203%, respectivamente, a disponibilidade total de água para estes solos. Para ambos os solos, o conteúdo de água foi significativamente maior, em relação à testemunha, para altos valores de potencial matricial, indicando que o produto pode ser utilizado para armazenar água no solo. O Super Slurper não teve efeito na retenção de água no solo silto-argiloso.

MORTVEDT et al. (1992) estudaram a utilização de polímeros contendo FeSO_4 para corrigir a deficiência de ferro no solo. Os polímeros atuaram como matriz para minimizar o contato do ferro aplicado com o solo e, dessa forma, diminuir a redução do Fe^{+3} para Fe^{+2} . Os resultados mostraram que alguns polímeros na forma de gel, principalmente os de poliacrilamida, podem ser eficientes na associação com FeSO_4 para aumentar a disponibilidade de ferro para as plantas, em solos com esta deficiência.

NIMAH et al. (1983) estudaram, em laboratório, o efeito de três condicionadores sintéticos de solo nas propriedades físicas de solos de diferentes texturas. Foram estudados o Hygromull, uma uréia formaldeído, utilizado na proporção de 200 kg ha^{-1} , o Agrosil S e o Agrosil LR, hidrossilicatos, ambos na proporção de 2 t ha^{-1} . Em solos arenosos, o Hygromull aumentou a disponibilidade de água em torno de 125%, ao passo que, para solos argilosos, este acréscimo ficou entre 25 e 30%. O Agrosil LR teve efeito semelhante ao do Hygromull para solo argiloso e não foi tão eficiente para solo arenoso. O Agrosil S não teve efeito na retenção de água nos solos estudados.

VARENES et al. (1997) estudaram o efeito de dois polímeros de poliácrlato de sódio, o Sanwet 3900 e o Sanwet 5000, nas características físico-químicas de dois solos arenosos. A retenção de água no solo aumentou linearmente com os níveis de polímeros incorporados, sendo que, para a taxa de $0,2 \text{ dag kg}^{-1}$, o acréscimo na água disponível para as plantas foi de 3 vezes, para ambos os polímeros. Estes autores estudaram, também, a capacidade de absorção de água pelos polímeros e observaram que eles apresentam elevada absorção quando em água deionizada, mas esta capacidade foi reduzida em cerca de 80% quando em solução de NaCl ou KCl a 0,10 M. Os mesmos autores constataram que estes polímeros foram efetivos na retenção de água no solo por nove ciclos de umedecimento e secagem, mas que perderam o efeito quando o solo ficou completamente seco por dois meses e meio.

No Brasil, polímeros sintéticos hidroabsorventes, como o Hidratassolo e o Terracottem, estão sendo utilizados na produção de frutas, hortaliças e mudas de diversas espécies, bem como na formação de gramados em jardins e em campos de futebol e de golfe (*Guia Técnico 1.0*, 199-; *Manchete Rural*, 1998; *Panorama Rural*, 1999).

O Hidratassolo é um sal hidroabsorvente, à base de acrilato de sódio, que foi desenvolvido na França com o objetivo inicial de eliminar a umidade do ambiente e resolver problemas na construção civil. Só mais tarde, foi observada a possibilidade de sua utilização na agricultura, devido à sua capacidade de absorver e reter água, e só liberar de acordo com o potencial osmótico da raiz. Ao absorver água, os grânulos têm o tamanho aumentado entre 150 e 500 vezes (*Manchete Rural*, 1998).

O Terracottem é uma mistura de diferentes polímeros de propenamida-propenoato de ligação cruzada, fertilizantes e estimuladores de crescimento, desenvolvido na década de 80 por pesquisadores da Universidade de Ghent, na Bélgica. Este produto foi desenvolvido com o objetivo de criar condições para o estabelecimento da agricultura em regiões áridas e semi-áridas do deserto do Saara e, dessa forma, conter o avanço da desertificação naquela região. É um condicionador de solo capaz de absorver e armazenar até 100 vezes o seu próprio peso em água, tem a capacidade de armazenar também nutrientes orgânicos e minerais, aumentando a eficácia dos fertilizantes aplicados. A durabilidade do polímero é de cerca de 10 anos no solo e não apresenta toxicidade às plantas ou ao meio ambiente (*Guia Técnico 1.0*, 199-).

PREVEDELO e BALENA (2000) estudaram a influência do Terracottem na disponibilidade de água em dois tipos de solos e concluíram que, para a concentração de 32 kg m⁻³, a capacidade de retenção de água em um Latossolo Vermelho de textura argilosa foi aumentada em cerca de duas vezes, enquanto que, para a Areia Quartzosa Marinha, esse valor foi de 7,5 vezes para a tensão de 30 kPa.

Há relatos de produtores de cana-de-açúcar dos Estados de Pernambuco e da Paraíba que utilizaram Hidratassolo e obtiveram aumento de 10,5 t ha⁻¹ na produtividade, em relação às áreas onde o produto não foi aplicado (*Manchete Rural*, 1998).

Produtores de mudas de eucalipto têm conseguido obter plantas com tamanho comercial em 50 dias, utilizando 250 gramas de Terracottem para cada 50 litros de substrato. Sem o produto, as mudas demoram 150 dias para alcançar o mesmo tamanho (*Manchete Rural*, 1998).

Em trabalhos recentes, pesquisadores da Universidade Federal de Uberlândia confirmaram, tecnicamente, a eficiência do Terracottem na

produção de mudas de café mais vigorosas. Os tratamentos que apresentaram os melhores resultados foram os que utilizaram 3 gramas do produto por litro de substrato, para a produção de mudas em tubetes, e 9 gramas por litro, para a produção em sacos plásticos (*Panorama Rural*, 1999).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Solo e Água do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG.

Foram utilizados dois materiais de solo e dois polímeros hidroabsorventes, também denominados condicionadores de solo. Um dos materiais de solo foi proveniente de um Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura franco-argilo-arenosa, oriundo do município de João Pinheiro – MG, e o outro de um solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo, de textura argilosa, oriundo da Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem do DEA. As análises físicas dos materiais de solo foram feitas no Laboratório de Física do Solo da UFV e apresentou a composição mostrada no Quadro 1. As massas específicas dos materiais de solo foram determinadas pelo método da proveta (EMBRAPA, 1997).

Quadro 1– Análise textural e massa específica dos materiais de solos utilizados

Material de solo	Classificação textural	Areia (dag kg ⁻¹)	Silte (dag kg ⁻¹)	Argila (dag kg ⁻¹)	ps (g cm ⁻³)
Latossolo Verm.- Amarelo	Franco-argilo-arenoso	64	6	30	1,27
Podzólico Verm.- Amarelo	Argiloso	35	6	59	1,33

Os dois polímeros hidroabsorventes utilizados foram o Hidratassolo e o Terracottem, mostrados nas Figuras 1a e 1b.

Os polímeros comerciais apresentaram as distribuições por tamanho de grânulos de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Distribuição proporcional do tamanho dos grânulos dos polímeros Hidratassolo e Terracottem, tal como comercializado, nas diferentes classes granulométricas

Classes granulométricas	Hidratassolo (dag kg ⁻¹)	Terracottem (dag kg ⁻¹)
< 0,25 mm	0,2	6,5
0,25 - 0,50 mm	1,0	30,0
0,50 - 1,00 mm	4,3	27,4
1,00 - 2,00 mm	26,2	22,8
2,00 - 2,83 mm	29,1	7,6
> 2,83 mm	39,2	5,7

No estudo com Hidratassolo foram utilizadas as seguintes classes granulométricas: <0,25 mm, 0,25 - 0,50 mm, 0,50 - 1,00 mm, 1,00 - 2,00 mm, 2,00 - 2,83 mm, >2,83 mm e a granulometria comercial. Para a obtenção das diversas classes granulométricas do Hidratassolo, as amostras do produto comercial foram passadas em um conjunto de peneiras com aberturas de malha de 0,25, 0,50, 1,00, 2,00 e 2,83 mm. O Terracottem foi utilizado apenas na forma comercial por causa de sua composição heterogênea. Este produto é formado por grânulos de polímeros e de adubos, o que faz com que estes componentes sejam separados quando submetidos ao peneiramento, não sendo, portanto, possível obter classes granulométricas diferentes e com distribuição proporcional dos dois tipos de grânulos.

As concentrações utilizadas para os dois condicionadores de solo foram de 0,01, 0,05, 0,10, 0,15 e 0,20 dag kg⁻¹, estes valores incluem a faixa de recomendação dos fabricantes. Estas concentrações são referentes aos materiais de solo seco em estufa a 105-110⁰C. Os materiais de solo foram utilizados na forma de TFSA, e destes, foram retiradas amostras para determinação da umidade atual e, posteriormente, ser feita a correção do teor



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1 – Hidratassolo seco (a); Terracottem seco (b); placa com Hidratassolo e Terracottem hidratados (c); placa com mistura de solo e polímeros hidratados (d).

de umidade. Cada polímero foi utilizado com o teor de umidade com o qual é comercializado. Evitou-se a secagem desses produtos em estufa antes da realização dos testes uma vez que isso pode, possivelmente, alterar suas propriedades físico-químicas e conseqüentemente, suas características de retenção de água. Ademais, o objetivo do trabalho foi avaliar os produtos com base nas recomendações do fabricante, e estas são feitas em peso, considerando-se o teor de umidade do produto na forma como é comercializado (acondicionado em sacos plásticos). Antes e durante todo o experimento, os produtos continuaram armazenados em sacos plásticos mantidos fechados.

As curvas características de retenção de água, para cada tratamento, foram determinadas utilizando o Extrator de Richards, aplicando-se as pressões de 0,01, 0,03, 0,1, 0,3, 1,0 e 1,5 MPa. Os materiais de solo, no caso das testemunhas, ou as misturas foram colocados em anéis de PVC, em três repetições, sobre as placas de cerâmicas já saturadas permanecendo na condição de saturação por 24 horas (Figura 1d). Após este período, as placas eram levadas ao Extrator de Richards e submetidas à pressão estabelecida. Todo o processo de determinação das curvas de retenção seguiu as recomendações da EMBRAPA (1997).

3.1. Ensaio

3.1.1. Determinação das curvas características de retenção de água da mistura de solo com Hidratassolo para os solos de texturas franco-argilo-arenosa e argilosa

As curvas características de retenção de água no solo foram obtidas para as sete granulometrias do Hidratassolo, combinada para cada uma das cinco concentrações do produto estudadas. A combinação entre granulometrias e concentrações e mais a testemunha, sendo esta, constituída apenas por solo, totalizou 36 tratamentos, para cada um dos solos estudados. Para compor cada tratamento, o produto foi separado na granulometria desejada e adicionado ao material de solo na concentração estabelecida. Feita a incorporação e homogeneização, a mistura foi guardada em sacos plásticos

fechados até o momento de sua utilização. Cada solo foi estudado separadamente.

3.1.2. Determinação das curvas características de retenção de água da mistura de solo com Terracottem para os solos de texturas franco-argilo-arenosa e argilosa

Neste ensaio, as curvas características de retenção de água no solo foram determinadas para as cinco concentrações do Terracottem mais a testemunha, constituída apenas por solo, totalizando 6 tratamentos para cada um dos solos estudados. Para compor cada tratamento, o produto foi adicionado ao solo na concentração estabelecida e homogeneizado, quando então era guardado em sacos plásticos fechados até o momento de sua utilização.

3.1.3. Determinação da capacidade de retenção de água dos polímeros

Para este ensaio, as curvas de retenção de água foram obtidas utilizando-se apenas os polímeros. O Hidratassolo foi estudado nas sete classes granulométricas citadas anteriormente e o Terracottem, na sua forma comercial, totalizando portanto, oito tratamentos. Neste caso, apenas os polímeros, em cada uma das granulometrias estudadas, foram colocados nos anéis de PVC para saturar (Figura 1c). Após a saturação dos polímeros, todo o procedimento para obtenção das curvas de retenção seguiu de acordo com a recomendação da EMBRAPA (1997).

3.2. Cálculo da disponibilidade total de água no solo

Para os ensaios descritos nos itens 3.1.1 e 3.1.2, foram calculados os valores de disponibilidade total de água (DTA) nos solos estudados, utilizando-se a seguinte expressão:

$$DTA = \frac{C_c - P_m}{10} \rho_s \quad \text{eq. 1}$$

em que

DTA - disponibilidade total de água, mm cm⁻¹;

C_c – capacidade de campo, dag kg⁻¹ ;

P_m – ponto de murchamento permanente, dag kg⁻¹ ;

ρ_s – massa específica do solo, g cm⁻³ .

Os valores de umidade, em dag kg⁻¹, na capacidade de campo e no ponto de murchamento permanente, foram obtidos a partir da curva de retenção de água no solo, referentes aos potenciais matriciais de -0,03 e -1,5 MPa, respectivamente.

As massas específicas das misturas também foram determinadas aplicando-se o método da proveta de acordo com EMBRAPA (1997). Devido às baixas concentrações dos polímeros, não houve diferença entre os valores das massas específicas de cada material de solo e das respectivas misturas, quando pesados em balança de uma casa decimal.

Nos ensaios referentes aos itens 3.1.1 e 3.1.2, os parâmetros avaliados foram os valores de disponibilidade total de água no solo (DTA) e retenção de água nos potenciais matriciais de -0,03 e -1,5 MPa. No ensaio referente ao item 3.1.3 foi avaliada apenas a retenção de água nos potenciais matriciais citados.

No ensaio do item 3.1.1 foi feita análise fatorial para verificar a ocorrência de interação entre as classes granulométricas e as diferentes concentrações do Hidratassolo adicionado aos materiais de solo utilizados. Também foram feitas análises de regressão para avaliar o efeito das diferentes concentrações do produto para as diferentes classes granulométricas e, testes de médias para avaliar a influência da granulometria nos parâmetros citados. A análise estatística foi realizada após a transformação dos dados com a obtenção da raiz quadrada, devido ao fato de não atenderem às pressuposições básicas para análise de variância (VIEIRA e HOFFMANN, 1989).

Para o ensaio do item 3.1.2, os tratamentos com Terracottem foram submetidos à análise de regressão para avaliar o efeito das diferentes concentrações do produto sobre os parâmetros avaliados.

No ensaio referente ao item 3.1.3 foi aplicado o teste de Tukey para comparar o efeito do Terracottem e das diferentes classes granulométricas do Hidratassolo, no que refere-se à de retenção de água nos potenciais matriciais de -0,03 e -1,5 MPa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Curvas características de retenção de água dos solos incorporados com Hidratassolo

Os valores originais dos teores de umidade das curvas de retenção de água dos tratamentos com Hidratassolo estão apresentados no Apêndice A, no Quadro 1A, para o solo de textura franco-argilo-arenosa, e 2A, para o solo de textura argilosa.

O modelo potencial foi utilizado para descrever as curvas de retenção, sendo que os valores dos coeficientes do modelo potencial e os respectivos coeficientes de determinação (R^2) encontram-se no Apêndice B, nos Quadros 1B, para o solo de textura franco-argilo-arenosa, e 2B, para o solo de textura argilosa.

4.1.1 – Solo de textura franco-argilo-arenosa

Nas Figuras 2 a 8 estão apresentadas as curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa para cada uma das classes granulométricas estudadas com as cinco concentrações Hidratassolo incorporado.

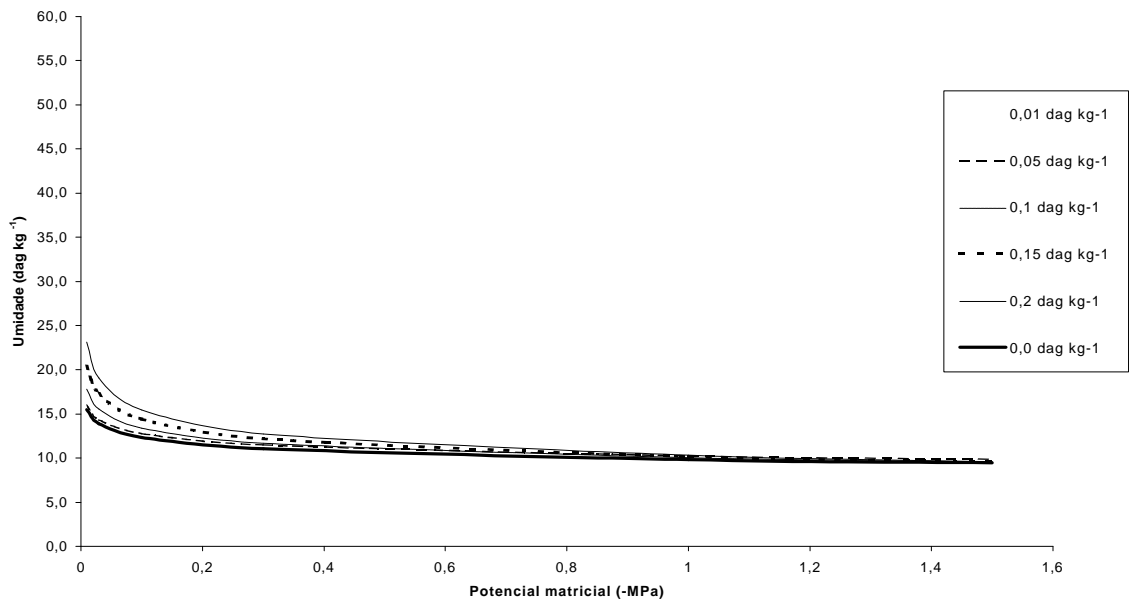


Figura 2 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica <0,25 mm.

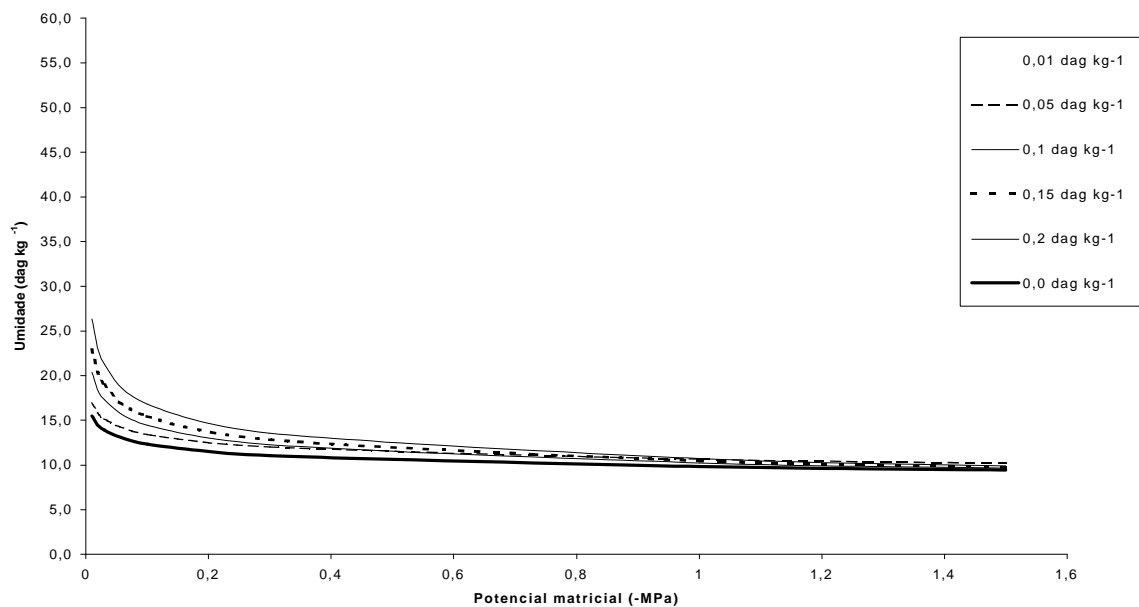


Figura 3 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica 0,25-0,50 mm.

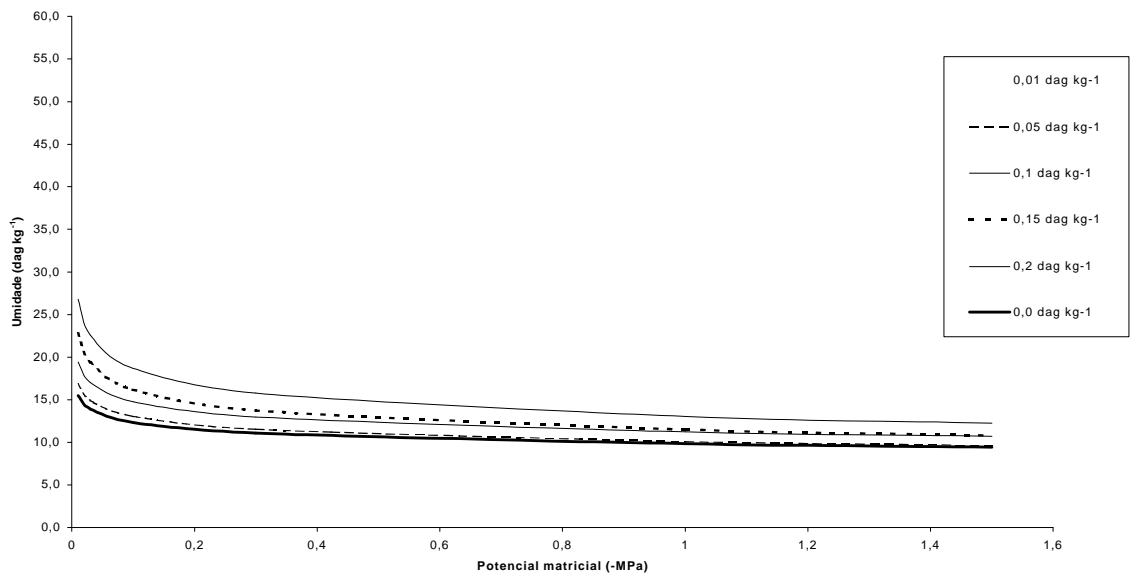


Figura 4 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica 0,50 - 1,00 mm.

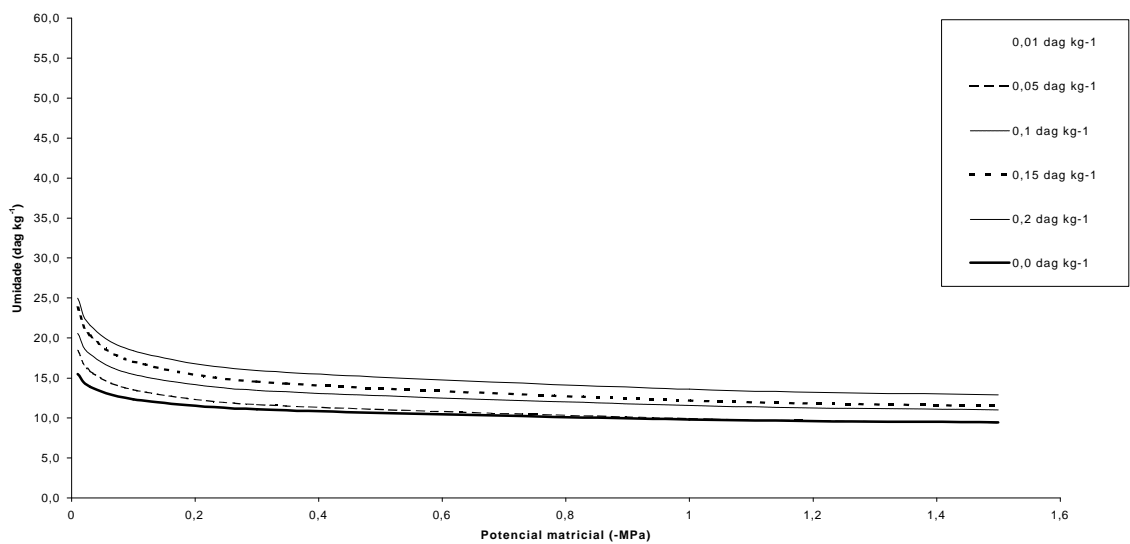


Figura 5 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica 1,00 - 2,00 mm.

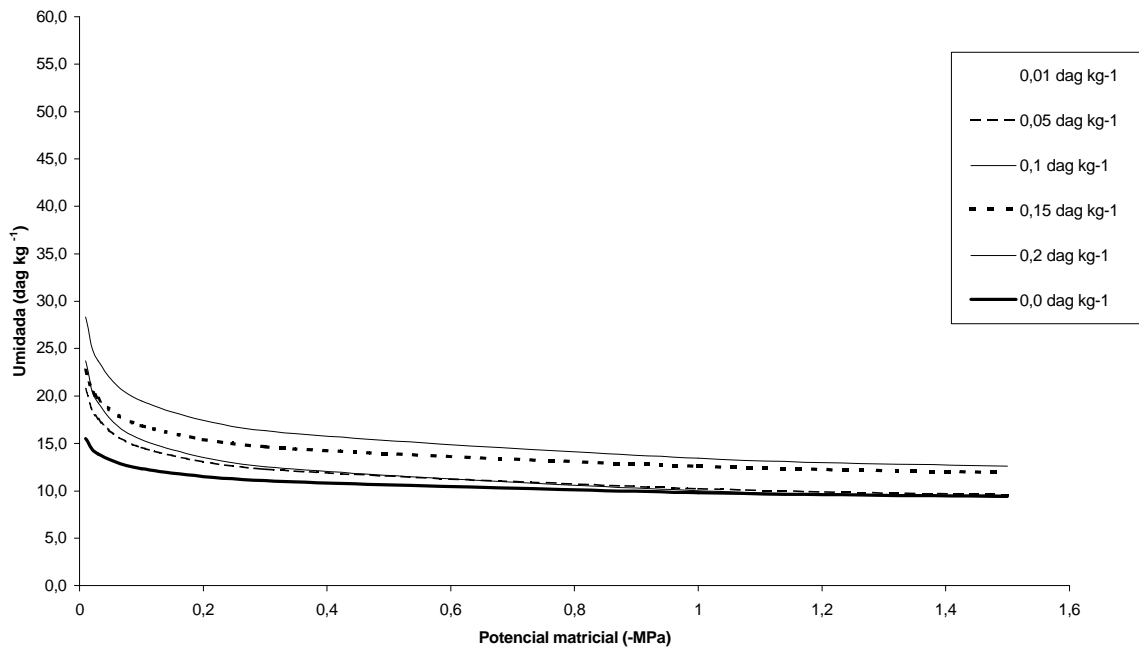


Figura 6 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica 2,00 - 2,83 mm.

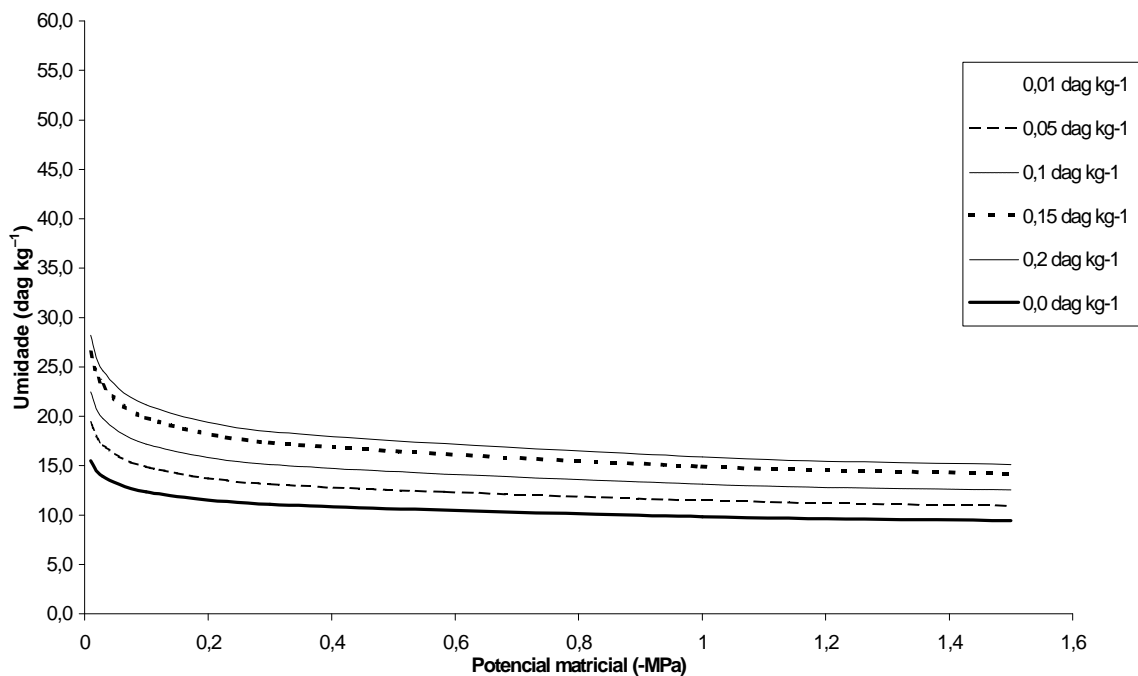


Figura 7 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica >2,83 mm.

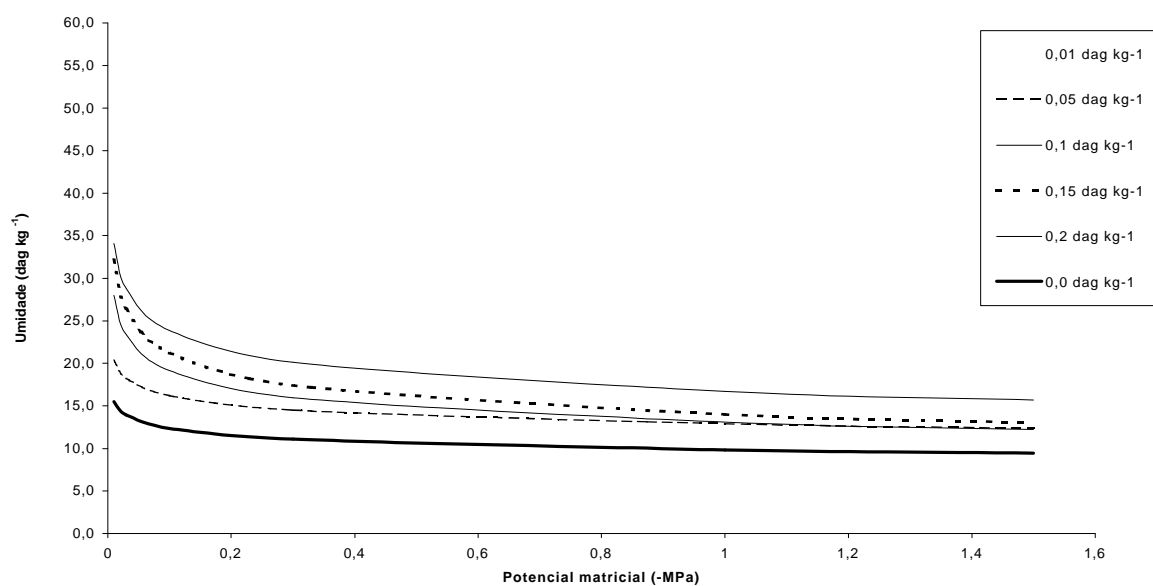


Figura 8 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com diferentes concentrações da granulometria comercial do Hidratassolo.

Analisando as Figuras de 2 a 8 verifica-se que, para todas as concentrações e classes granulométricas, a testemunha (solo sem Hidratassolo incorporado) reteve menor quantidade de água em relação aos demais tratamentos. Dentre os tratamentos com Hidratassolo, à medida que aumentou a concentração do produto os valores de umidade aumentaram, sendo as maiores umidades obtidas com concentração de 0,2 dag kg⁻¹, indicando, portanto, o efeito das concentrações na retenção de água pelo solo. O efeito das concentrações são mais evidentes para as maiores granulometrias e elevados valores de potencial matricial, indicando que houve interação entre granulometrias e as concentrações do Hidratassolo para este solo. Para a classe granulométrica <0,25 mm, as concentrações de Hidratassolo tiveram pouco efeito na retenção de água. Para esta granulometria, os valores de umidade para as maiores concentrações de Hidratassolo foram pouco expressivos para os maiores valores de potencial matricial e inexpressivos para potenciais abaixo de -1,0 MPa. Para as maiores concentrações e classes granulométricas de maiores diâmetros, os valores de umidade foram elevados

mesmo para potenciais menores, mostrando portanto, que mesmo a pressão de 1,5 MPa não consegue retirar toda água desses grânulos.

Em geral, as curvas de retenção de água tiveram comportamentos semelhantes para as cinco concentrações de Hidratassolo, em cada classe granulométrica estudada, variando apenas os valores de umidade.

HEMYARI e NOFZIGER (1981) estudando diferentes concentrações do polímero hidroabsorvente Super Slurper em solos areno-siltosos e silto-arenosos, obtiveram curvas de retenção semelhantes às obtidas com a granulometria comercial do Hidratassolo. NIMAH et al. (1983) também obtiveram resultados parecidos quando usaram o condicionador sintético Hygromull, em solos arenosos.

Nas Figuras de 9 a 13 estão apresentadas as curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa para cada uma das concentrações estudadas, com as sete classes granulométricas de Hidratassolo incorporado.

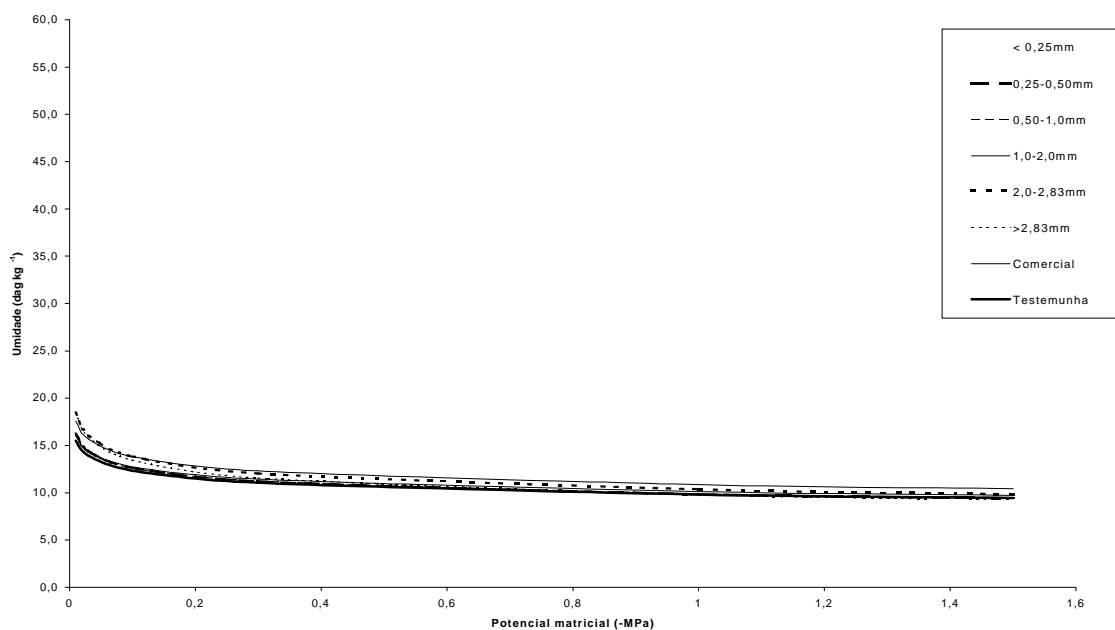


Figura 9 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com 0,01 dag kg⁻¹ das diferentes classes granulométricas de Hidratassolo e para a testemunha.

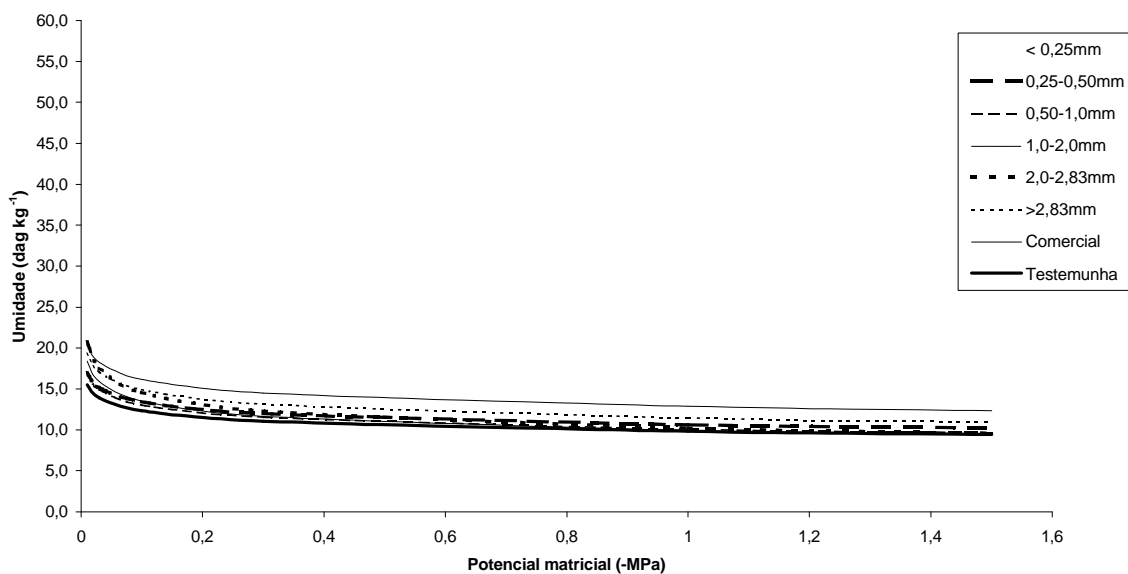


Figura 10 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com $0,05 \text{ dag kg}^{-1}$ das diferentes classes granulométricas de Hidratassolo e para a testemunha.

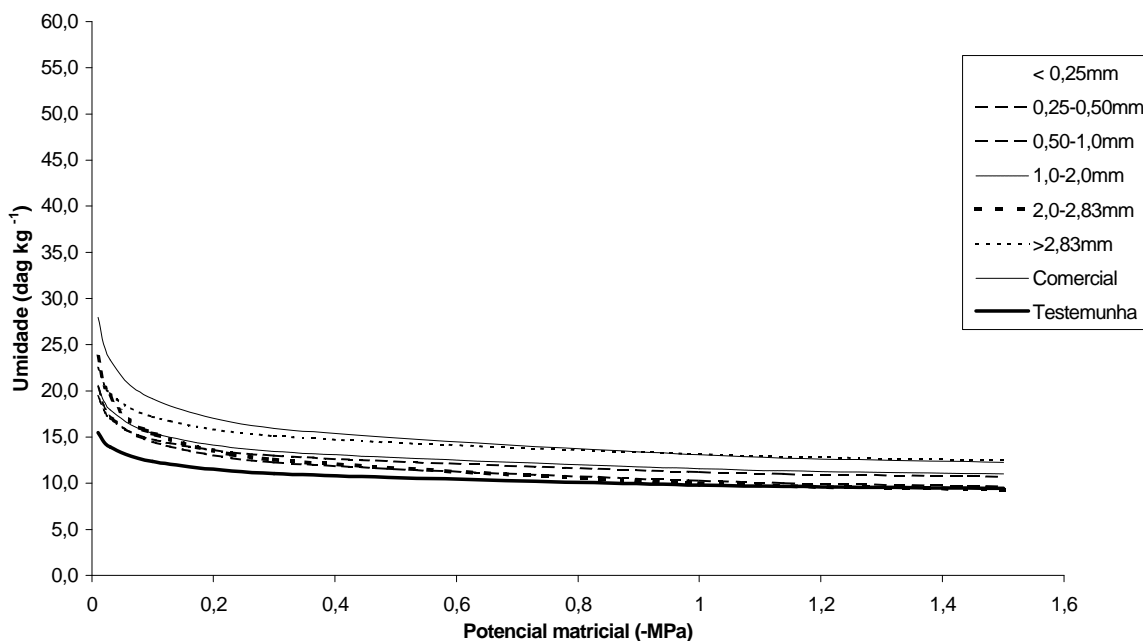


Figura 11 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com $0,10 \text{ dag kg}^{-1}$ das diferentes classes granulométricas de Hidratassolo e para a testemunha.

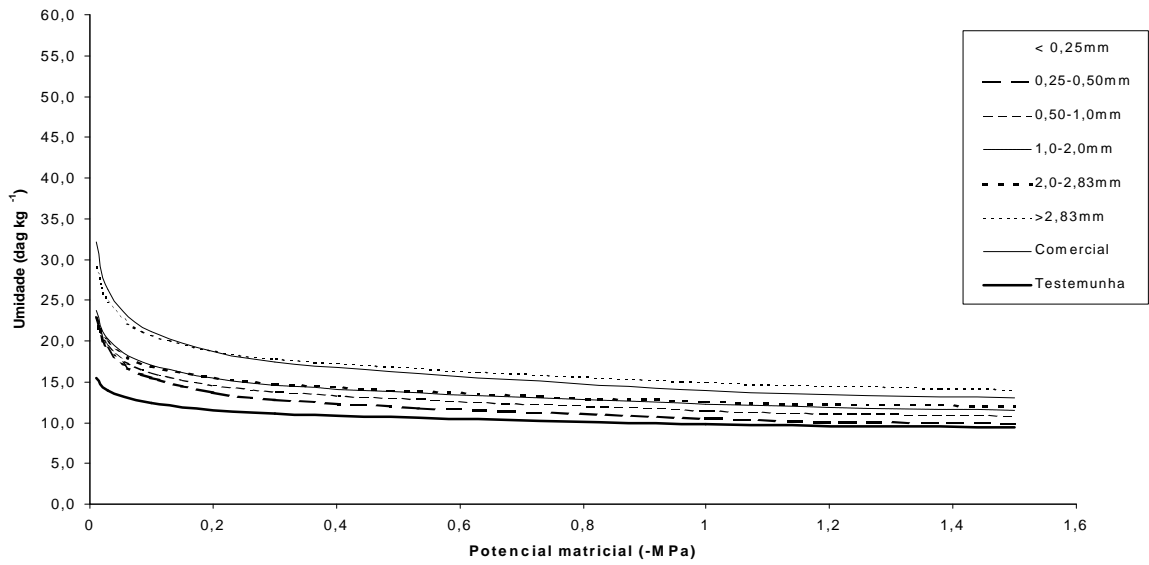


Figura 12 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com 0,15 dag kg⁻¹ das diferentes classes granulométricas do Hidratassolo e para a testemunha.

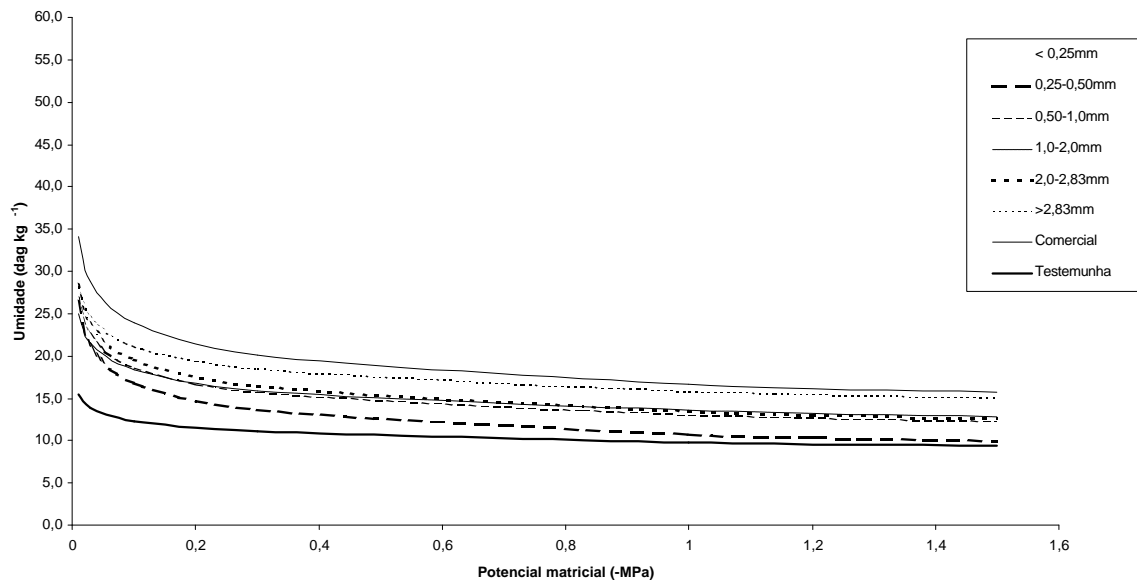


Figura 13 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa misturado com 0,2 dag kg⁻¹ das diferentes classes granulométricas do Hidratassolo e para a testemunha.

Observa-se nas figuras de 9 a 13, a influência da granulometria do polímero Hidratassolo na retenção de água do solo de textura franco-argilo-arenosa nas diferentes concentrações estudadas. A uma mesma concentração do produto, a retenção de água aumentou com o aumento do tamanho dos grânulos; sendo que, para quase todas as concentrações estudadas, o produto comercial apresentou maiores valores de umidade. Os grânulos de maior diâmetro retiveram elevadas quantidades de água, mesmo em baixos potenciais matriciais, e o efeito do polímero foi mais evidente para os maiores potenciais matriciais.

Em laboratório, utilizando o Extrator de Richards, verificou-se que a aplicação da pressão de 1,5 MPa não foi suficiente para retirar toda água contida nos grânulos maiores, constatando-se a formação de um gel consistente com alta resistência à saída de água. O fato dos grânulos maiores reterem mais água, mesmo para os potenciais matriciais mais baixos, possivelmente, se deve à maior resistência que estes grânulos, de consistência gelatinosa quando umedecidos, oferecem à saída da água que está em seu interior, enquanto que nos grânulos menores esta resistência é menor, uma vez que a distância interna a ser percorrida pela água é menor. Este fato fez com que o nível de umidade à pressão de 1,5 MPa fosse superior ao da testemunha, aumentando de acordo com o tamanho do diâmetro dos grânulos.

Os resultados obtidos indicam, também, que o principal mecanismo de retenção de água pelo produto é absorção e não adsorção, uma vez que os grânulos com menor área específica, ou seja, os de maior diâmetro, foram os que retiveram mais água. O uso do condicionador de solo reteve parte da água que iria ser drenada, aumentando a capacidade de retenção de água.

A retenção de água no solo, para as classes de diâmetro <0,25 mm e 0,25-0,50 mm, apresentou valores de umidade muito próximos dos obtidos para a curva da testemunha nos menores valores de potencial matricial, mostrando que os grânulos com menor diâmetro praticamente não retêm água nestas tensões, ao contrário dos grânulos com maior diâmetro.

O resumo da análise de variância e os resultados dos testes de médias aplicados aos valores de umidade à capacidade campo estão apresentados nos Quadros 3 e 4, respectivamente. Estes resultados comparam o efeito das

concentrações em cada uma das classes granulométricas do Hidratassolo utilizadas para o solo de textura franco-argilo-arenosa.

Quadro 3 – Quadro resumo da análise de variância para os valores de umidade à capacidade de campo (Cc) do solo de textura franco-argilo-arenosa, para os diferentes tratamentos com Hidratassolo

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
G	6	13,81206	2,30201	95,36*
C	4	8,56973	2,14243	88,75*
G x C	24	1,69535	0,07064	2,93*
Trat _(Ad.) vs Fatorial	1	0,98358	0,983577	40,74*
Resíduo	72	1,73813	0,02414	
Total	107	26,79884		

*Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de F

Quadro 4 – Valores dos teores de umidade correspondente às capacidades de campo, expressos em dag kg^{-1} , do solo de textura franco-argilo-arenosa, após incorporação do Hidratassolo nas diferentes granulometrias e concentrações de estudadas

Material	Classe Granulométrica (mm)	Concentração de Hidratassolo (dag kg^{-1})				
		0,01	0,05	0,10	0,15	0,20
Solo + Hidratassolo	< 0,25	14,33 a*	14,33 b	14,69 c	16,26 c+	18,30 c+
	0,25 - 0,50	14,36 a	15,60 ab+	18,29 ab+	18,28 bc+	20,02 bc+
	0,50 - 1,00	15,13 a+	14,38 b	15,94 bc+	19,69 abc+	23,52 ab+
	1,00 - 2,00	14,24 a	16,46 ab+	18,83 ab+	20,01 ab+	20,46 bc+
	2,00 - 2,83	15,22 a+	17,09 ab+	19,56 a+	19,59 abc+	23,19 ab+
	> 2,83	15,39 a+	16,08 ab+	20,23 a+	23,06 a+	24,90 a+
Solo	Comercial	14,26 a	18,06 a+	20,32 a+	23,23 a+	24,66 a+
Solo	ausente	14,20				

*As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

+ Difere estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Todas as análises foram realizadas com os dados transformados para raiz quadrada.

Observa-se no Quadro 4 que, dos 35 tratamentos, apenas em sete casos não houve, estatisticamente, efeito dos tratamentos sobre o teor de umidade à capacidade de campo. Nos outros 28 casos, os tratamentos provocaram um aumento da umidade à capacidade de campo, quando

comparado com o solo sem Hidratassolo. Analisando apenas os tratamentos com o Hidratassolo na sua forma comercial, verifica-se que, exceto para a concentração de 0,01 dag kg⁻¹, houve um aumento significativo na umidade com o aumento da concentração do produto na mistura. Para a concentração de 0,2 dag kg⁻¹ de Hidratassolo, todas as classes granulométricas aumentaram significativamente a umidade do solo à capacidade de campo, em relação à testemunha.

O resumo da análise de variância e os resultados dos testes de médias aplicados aos valores de umidade no ponto de murchamento permanente do solo de textura franco-argilo-arenosa estão apresentados nos Quadros 5 e 6, respectivamente.

Quadro 5 – Quadro resumo da análise de variância para os valores de umidade no ponto de murchamento permanente (Pm) do solo de textura franco-argilo-arenosa para os diferentes tratamentos com Hidratassolo

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
G	6	6,34056	1,05676	135,43*
C	4	0,67331	0,16833	21,57*
G x C	24	0,39303	0,01638	2,10*
Trat _(Ad.) vs Fatorial	1	0,17489	0,17489	22,41*
Resíduo	72	0,56180	0,00780	
Total	107	8,14359		

*Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de F

Quadro 6 – Valores de umidade correspondente ao ponto de murchamento permanente, expressos em dag kg^{-1} , do solo de textura franco-argilo-arenosa após a incorporação do Hidratassolo nas diferentes granulometrias e concentrações estudadas

Material	Classe Granulométrica (mm)	Concentração de Hidratassolo (dag kg^{-1})				
		0,01	0,05	0,10	0,15	0,20
Solo + Hidratassolo	< 0,25	9,76a*	10,01 b+	10,23 b+	10,26 cd+	10,47 de+
	0,25 - 0,50	9,70 a	10,50 ab+	9,99 b	9,97 d	10,13 e+
	0,50 - 1,00	9,70 a	10,20 b+	10,20 b+	10,50 cd+	11,50 cde+
	1,00 - 2,00	10,17 a+	9,76 b	10,63 b+	11,20 bcd+	13,65 abc+
	2,00 - 2,83	9,67 a	9,37 b	9,42 b	12,50 abc+	12,54 bcd+
	> 2,83	9,25 a	11,25 ab+	13,49 a+	14,09 a+	15,60 a+
Solo	Comercial ausente	11,12 a+	12,90 a+	13,17 a+	13,29 ab+	14,53 ab+
		9,73				

*As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

+ Difere estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Todas as análises foram realizadas com os dados transformados para raiz quadrada.

No Quadro 6 pode ser observado que, para potencial matricial de -1,5 MPa, as misturas de solo com grânulos de Hidratassolo de maior diâmetro apresentaram níveis de umidade superiores aos de granulometria menor, principalmente, para as maiores concentrações do produto. Este comportamento foi semelhante tanto para umidade à capacidade de campo quanto para o ponto de murchamento permanente, como pode ser observado nos Quadros 4 e 6.

No Quadro 7 está apresentado, para cada uma das granulometrias de Hidratassolo estudadas, as equações de regressão para a estimativa dos valores da raiz quadrada da capacidade de campo e de ponto de murchamento permanente em função da concentração do Hidratassolo incorporado ao solo de textura franco-argilo-arenosa, assim como os respectivos valores de coeficiente de determinação (R^2).

Quadro 7 - Equações de regressão e os respectivos valores de coeficiente de determinação (R^2) para estimativa da raiz quadrada da capacidade de campo (Cc) e da raiz quadrada do ponto de murchamento (Pm) do solo de textura franco-argilo-arenosa em função da concentração (C) de Hidratossolo para cada granulometria estudada

Classes Granulométricas (mm)	$(Cc)^{1/2}$		$(Pm)^{1/2}$	
	Equação	R^2 (%)	Equação	R^2 (%)
< 0,25 ^{1/}	3,67 + 2,60 C	81**	3,14 + 0,51 C	85**
0,25 - 0,50	3,79 + 3,52 C	90**	3,17 + 0,10 C	ns
0,50 - 1,00	3,64 + 5,42 C	82**	3,10 + 1,25 C	81**
1,00 - 2,00	3,83 + 3,95 C	88**	3,06 + 2,61 C	71*
2,00 - 2,83	3,89 + 4,40 C	92**	2,97 + 2,81 C	65*
> 2,83	3,82 + 6,11 C	96**	3,09 + 0,46 C	92**
Comercial	3,84 + 6,09 C	94**	3,38 + 2,11 C	83**

^{1/} Todas as análises foram realizadas com os dados transformados para raiz quadrada.

*, ** as equações de regressão são significativas a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

As equações apresentadas no Quadro 7 permitem calcular, dentro do intervalo estudado e para cada concentração de Hidratossolo misturado ao solo, o respectivo acréscimo nos valores de umidade nos potenciais matriciais correspondentes à capacidade de campo e ponto de murchamento permanente. Como os valores empregados para obter estas equações do foram anteriormente transformados, os resultados obtidos deverão ser elevados ao quadrado.

O Quadro 8 apresenta o resumo da análise de variância para os valores de disponibilidade total de água no solo (DTA), para os tratamentos utilizando diferentes granulometrias e concentrações de Hidratossolo para o solo de textura franco-argilo-arenosa.

Quadro 8 – Quadro resumo da análise de variância para os valores de disponibilidade total de água no solo (DTA), para os diferentes tratamentos com Hidratassolo para o solo de textura franco-argilo-arenosa

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
G	6	1,30895	0,21816	15,31*
C	4	2,29957	0,57489	40,34*
G x C	24	0,43835	0,01826	1,28
Trat _(Ad.) vs Fatorial	1	0,18702	0,18702	13,12*
Resíduo	72	1,02597	0,01425	
Total	107	5,25985		

*Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de F

O resumo da análise estatística apresentado no Quadro 8 mostra que, para a DTA desse solo, o teste F foi significativo para classes granulométricas e concentrações quando analisadas separadamente, mas não para a interação entre estes dois fatores.

No Quadro 9 estão apresentados os valores da DTA do solo de textura franco-argilo-arenosa para todas as concentrações de Hidratassolo, para cada uma das classes granulométricas estudadas.

Quadro 9 – Valores de disponibilidade total de água no solo (DTA), expressa em mm cm⁻¹, para o solo de textura franco-argilo-arenosa para as granulometrias e concentrações de Hidratassolo estudadas

Produto	Classes Granulométricas (mm)	Concentrações de Hidratassolo (dag kg ⁻¹)				
		0,01	0,05	0,1	0,15	0,20
Hidratassolo	< 0,25	0,58	0,55	0,57	0,76+	0,99+
	0,25 - 0,50	0,59	0,65	1,05+	1,06+	1,26+
	0,50 - 1,00	0,69+	0,53	0,72+	1,17+	1,53+
	1,00 - 2,00	0,52	0,85+	1,04+	1,12+	0,86+
	2,00 - 2,83	0,70+	0,98+	1,29+	0,90+	1,35+
	> 2,83	0,78+	0,91+	0,86+	1,14+	1,18+
	Comercial	0,40	0,66	0,91+	1,26+	1,29+
Solo (testem.)	-	0,57				

+ As médias diferem estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Pelos resultados da DTA apresentados no Quadro 9, pode ser observado que, quando se utiliza a granulometria maior que 2,00 mm, a DTA é estatisticamente diferente da testemunha para a concentração de 0,01 dag kg⁻¹, e que, quando se utiliza a granulometria <0,25 mm a DTA é estatisticamente diferente da testemunha para concentrações a partir de 0,15 dag kg⁻¹. Portanto, quando se utiliza uma granulometria menor, para se obter um acréscimo significativo na DTA tem que ser utilizado uma quantidade do produto 15 vezes maior. Este fato mostra a importância do tamanho dos grânulos na retenção de água no solo. Para a concentração a partir de 0,15 dag kg⁻¹, para todas as granulometrias a DTA foram estatisticamente maior que testemunha, havendo entretanto, grande diferença do valor da DTA entre as classes granulométricas. Calculando a DTA pela equação 1, utilizando a umidade à capacidade de campo (Quadro 4) e no ponto de murchamento permanente (Quadro 6) do respectivo tratamento, quando se utiliza grânulos com diâmetro >2,83 mm e concentração de 0,2 dag kg⁻¹, a DTA é de 1,18 mm cm⁻¹, e, para grânulos com diâmetro <0,25 mm e mesma concentração, este valor é de 0,99 mm cm⁻¹, ou seja, a simples mudança na granulometria de >2,83 mm para <0,25 mm, ocasiona uma redução na DTA de cerca de 0,19 mm cm⁻¹.

Deve ser observado que, quando se utiliza o Hidratassolo, principalmente com maiores granulometrias e concentrações, as curvas de retenção de água dos tratamentos, em toda sua extensão, apresentam maiores teores de umidade em relação à curva da testemunha e, considerando que a água presente no interior dos grânulos, mesmo no potencial matricial de -1,5 MPa, poderá estar internamente disponível para as plantas, a DTA para cada tratamento poderá ter valores reais maiores que aqueles obtidos pela equação 1. Ou seja, esta equação pode não ser adequada para calcular a DTA quando se utiliza o Hidratassolo no solo. Calculando a DTA do produto comercial à concentração de 0,2 dag kg⁻¹, onde, a umidade à capacidade de campo é de 24,66 dag kg⁻¹ (Quadro 4) e no ponto de murchamento permanente do respectivo tratamento é 14,53 dag kg⁻¹ (Quadro 6), com a aplicação da equação 1 é encontrada uma DTA igual a 1,29 mm cm⁻¹. Se for considerado que a água retida no interior dos grânulos está disponível para as plantas, pelo fato das raízes penetrarem no interior destes, a DTA deste mesmo tratamento

deveria ser calculada considerando a umidade à capacidade de campo igual a 24,66 dag kg⁻¹ (Quadro 4), e a umidade no ponto de murchamento permanente do solo sem hidratassolo, 9,73 dag kg⁻¹ (Quadro 6). Ao aplicar esses valores na Equação 1 obtém-se um valor de DTA igual a 1,90 mm cm⁻¹, superior portanto, ao valor de 1,29 mm cm⁻¹, calculado sem considerar a água disponível no interior dos grânulos.

A equação 2 fornece a estimativa da raiz quadrada da DTA para este solo em função da concentração (C) de Hidratassolo presente na mistura. Como a influência da granulometria não foi significativa para a DTA desse solo, esta equação é válida para todas classes granulométricas do Hidratassolo.

$$DTA_r^F = 0,74 + 1,77 C; \quad r^2 = 98\% \quad eq. 2$$

Para se obter os valores estimados, os valores obtidos de DTA_r^F deverão ser elevados ao quadrado por causa da transformação dos dados efetuada para proceder a análise estatística.

4.1.2. Solo de textura argilosa

Nas Figuras de 14 a 20 estão apresentadas as curvas de retenção de água no solo de textura argilosa para cada uma das concentrações estudadas, com as sete classes granulométricas do Hidratassolo incorporado.

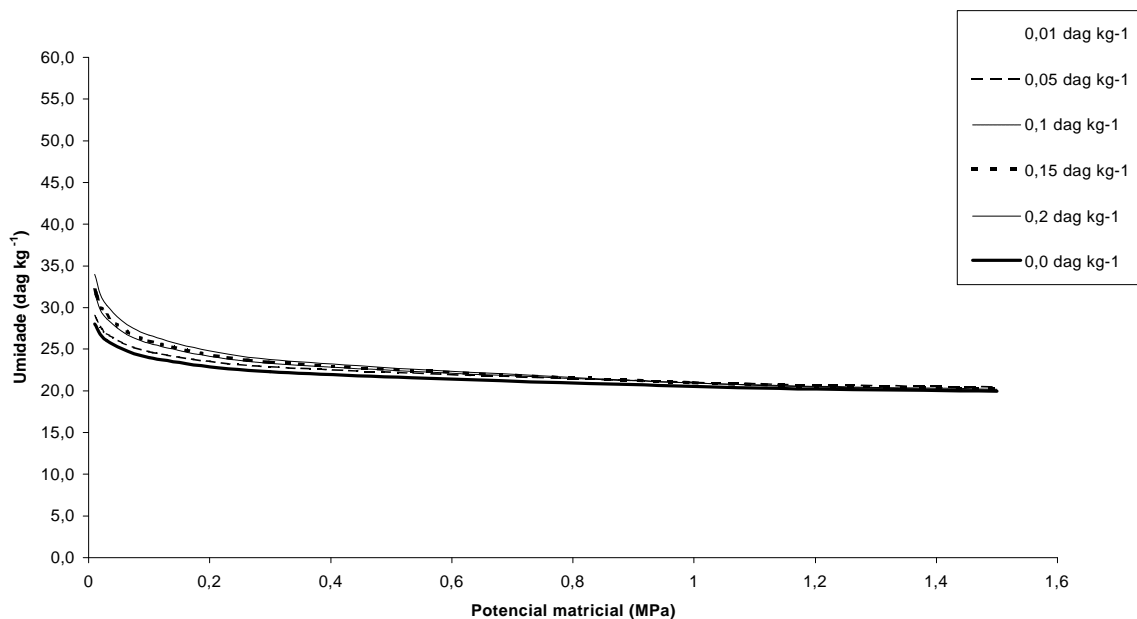


Figura 14 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica <0,25 mm.

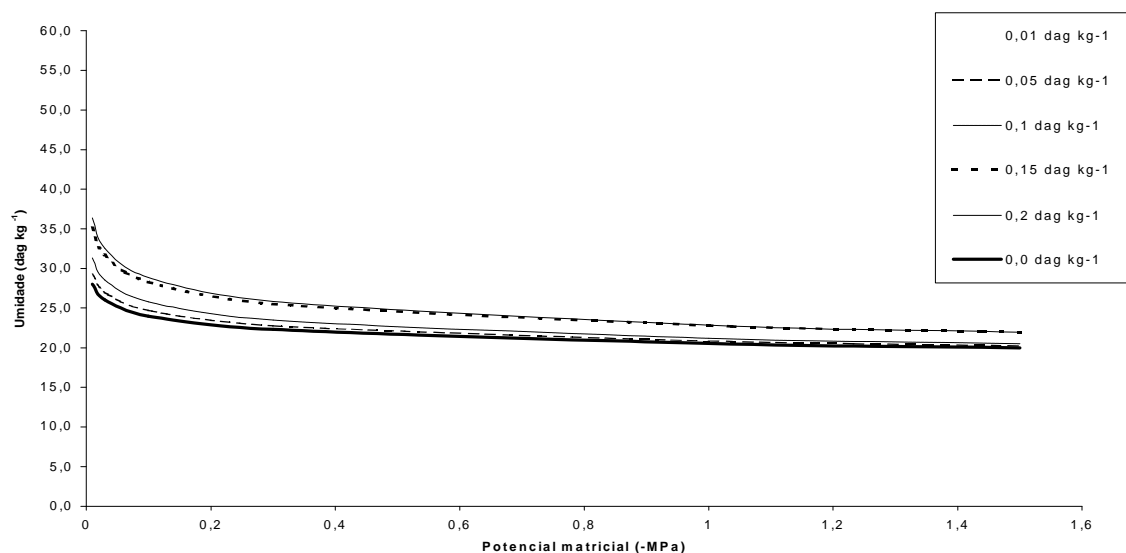


Figura 15 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica 0,25-0,50 mm.

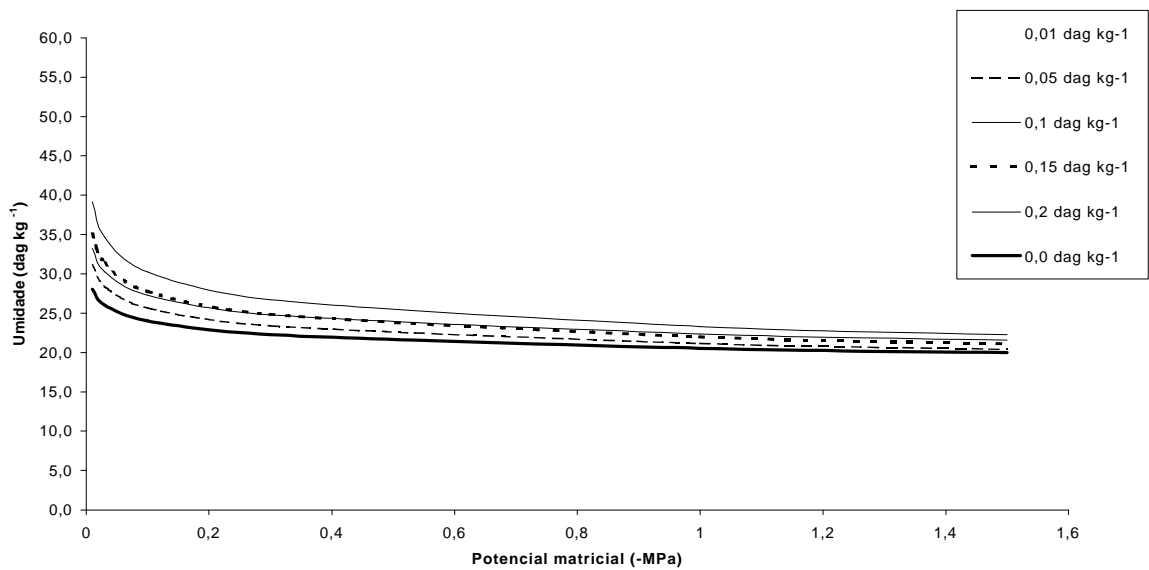


Figura 16 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica 0,50-1,00 mm.

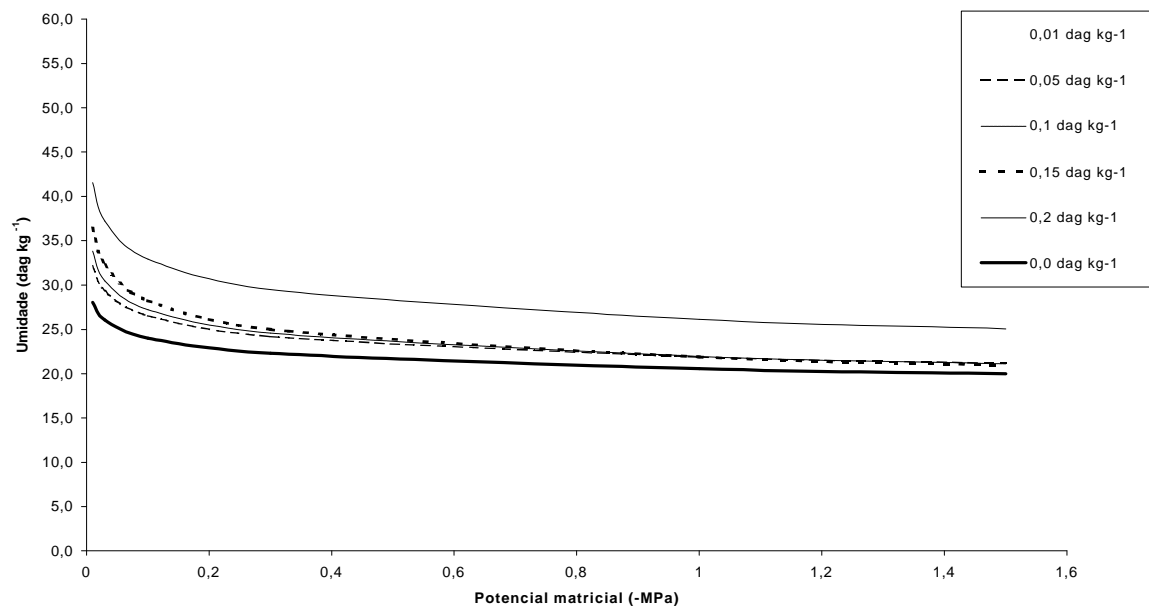


Figura 17 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica 1,00-2,00 mm.

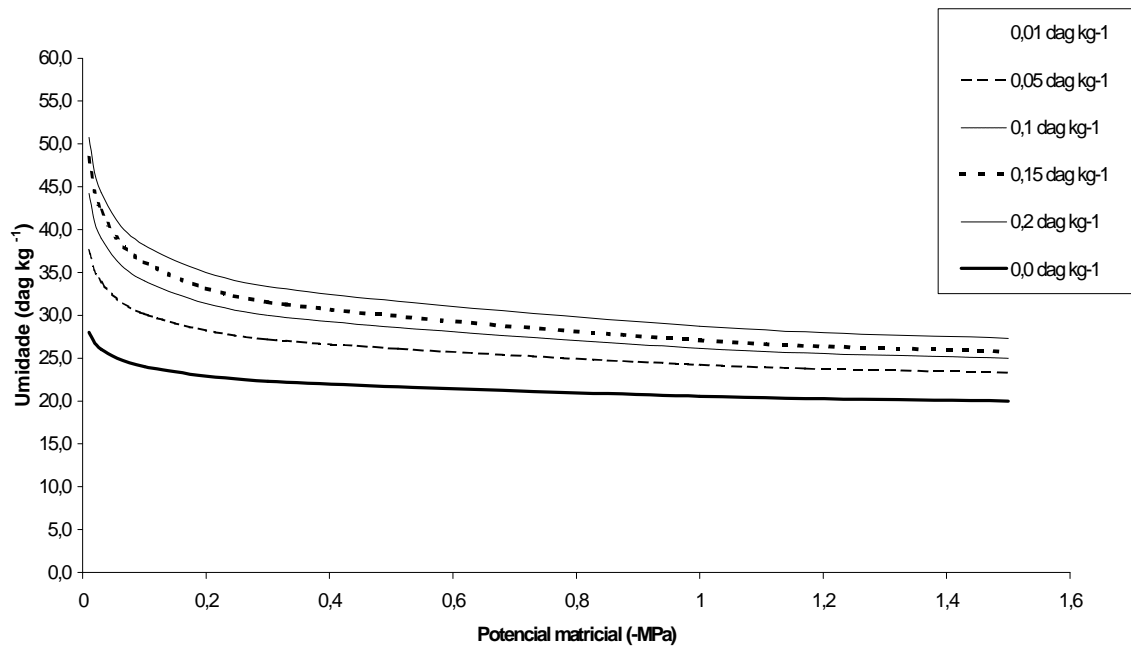


Figura 18 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica 2,00-2,83 mm.



Figura 19 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para a classe granulométrica >2,83 mm.

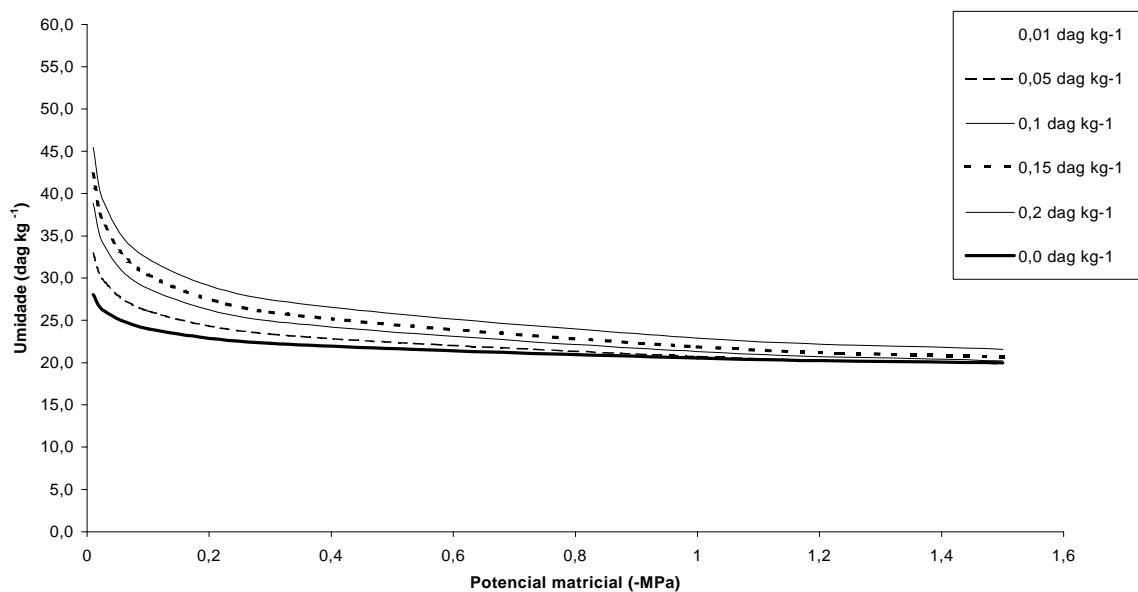


Figura 20 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com diferentes concentrações de Hidratassolo para granulometria comercial.

Analisando as Figuras 14 a 20, nota-se que o comportamento das curvas de retenção foram semelhantes àqueles obtidos com o solo de textura franco-argilo-arenosa. A testemunha reteve menor quantidade de água em relação aos demais tratamentos e, à medida em que aumentou a concentração do Hidratassolo no solo, os valores de umidade também aumentaram. O efeito das concentrações de Hidratassolo foram mais evidentes para os maiores valores de potencial matricial. As concentrações estudadas tiveram pouco efeito na retenção de água para a classe granulométrica <0,25 mm, mas tiveram seu efeito aumentado para as classes granulométricas de maior diâmetro, indicando que houve interação entre granulometrias e concentrações, o que foi comprovado pela análise estatística (Quadro 10). Para as maiores granulometrias, os valores de umidade do solo são bastante elevados mesmo no potencial matricial de $-1,5$ MPa, quando comparados com a testemunha, sendo maior a diferença para as concentrações mais elevadas. Enquanto nas classes granulométricas menores, a umidade do solo em tensões elevadas foram muito próximas das testemunhas.

Nas Figuras de 21 a 25 estão apresentadas as curvas de retenção de água no solo de textura argilosa e dos tratamentos com a incorporação das diferentes classes granulométricas do Hidratassolo, para cada uma das concentrações estudadas do produto.

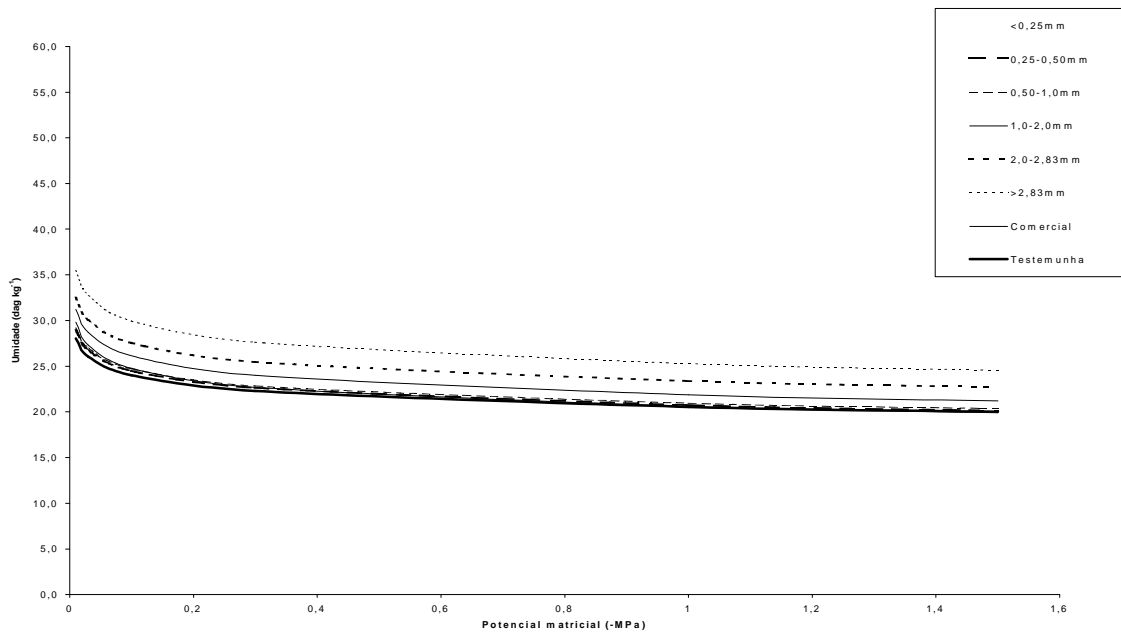


Figura 21 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com $0,01 \text{ dag kg}^{-1}$ das diferentes classes granulométricas de Hidratassolo e da testemunha do solo.

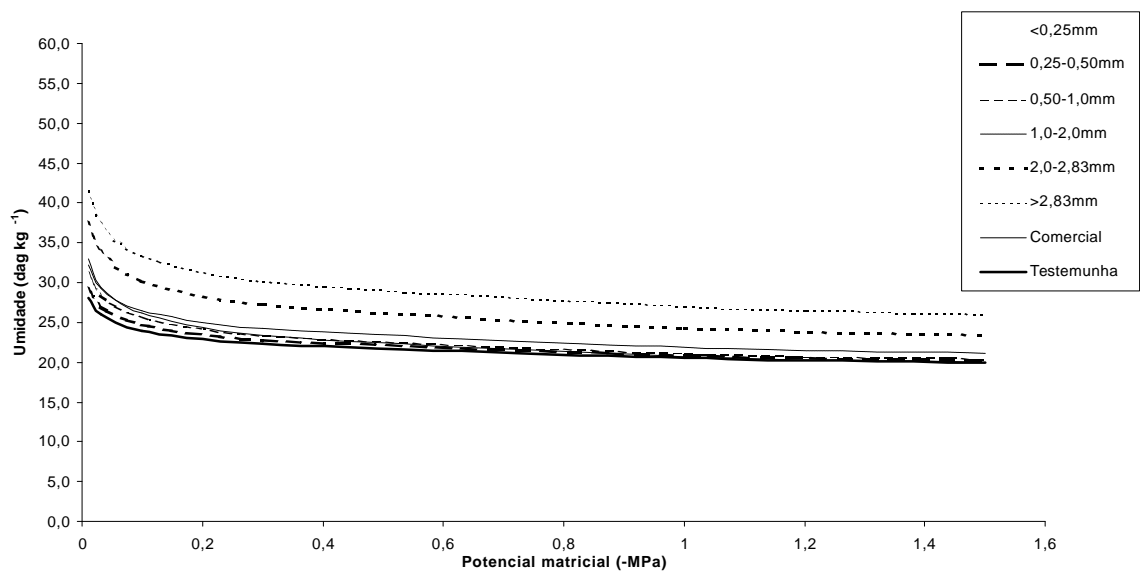


Figura 22 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com 0,05 dag kg⁻¹ das diferentes classes granulométricas de Hidratassolo e da testemunha do solo.

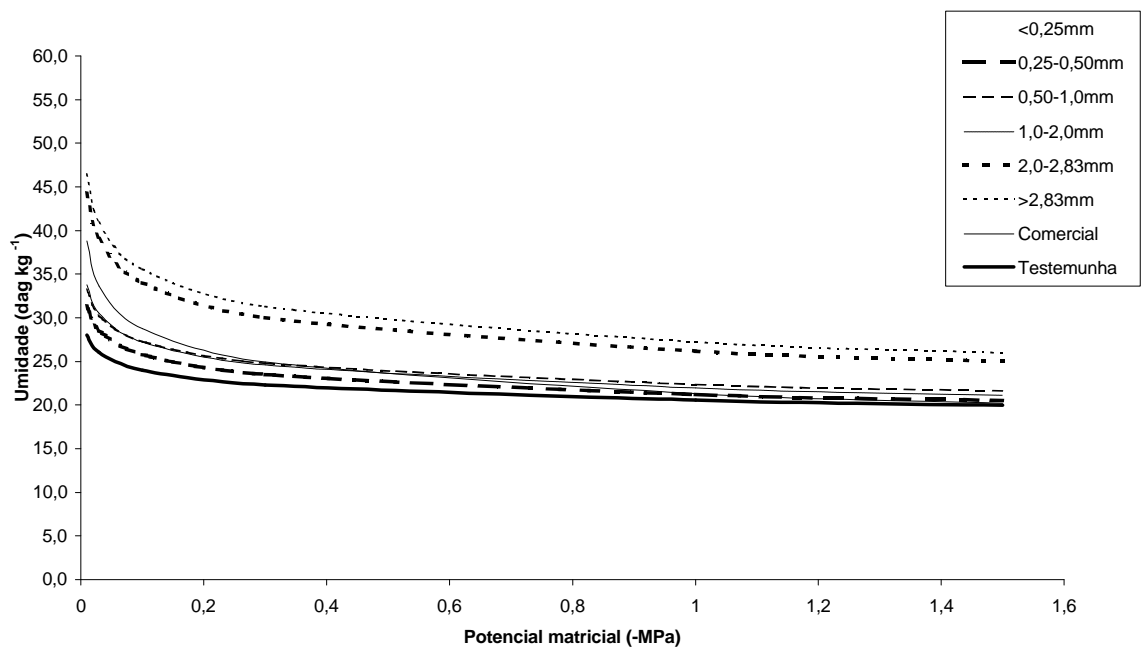


Figura 23 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com 0,10 dag kg⁻¹ das diferentes classes granulométricas de Hidratassolo e da testemunha do solo.

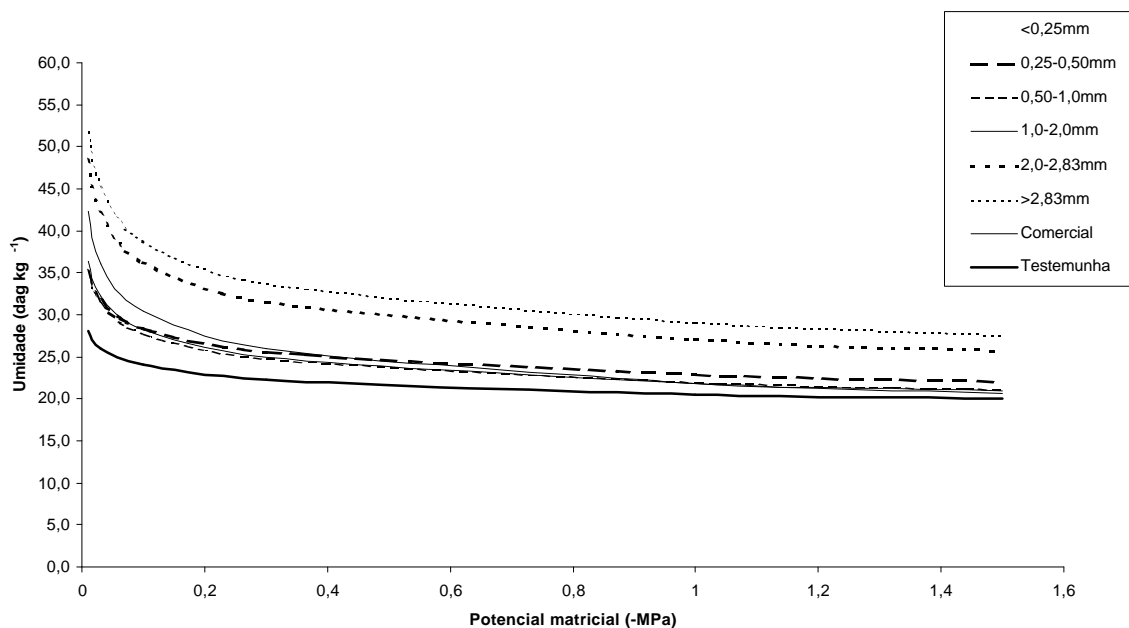


Figura 24 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com $0,15 \text{ dag kg}^{-1}$ das diferentes classes granulométricas de Hidratassolo e da testemunha do solo.

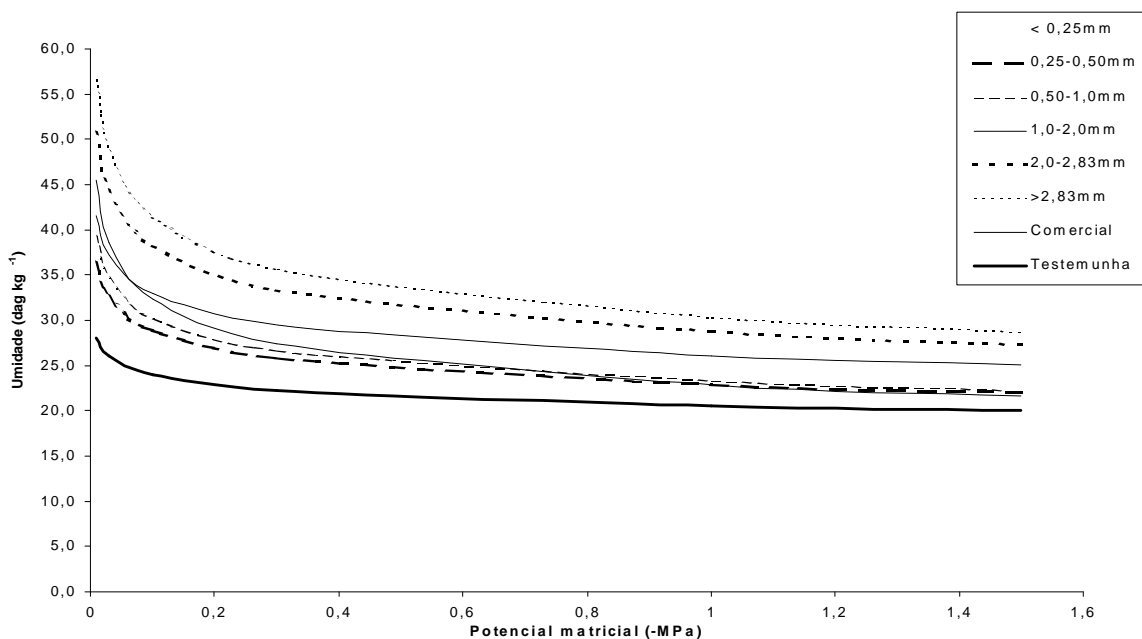


Figura 25 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa misturado com $0,20 \text{ dag kg}^{-1}$ das diferentes classes granulométricas de Hidratassolo e da testemunha do solo.

Para o solo argiloso, as classes granulométricas >2,83 mm e 2,00-2,83 mm apresentaram maior influência na retenção de água no solo que o produto comercial, enquanto que, para o solo de textura franco-argilo-arenosa, o produto comercial foi mais eficiente que as outras granulometrias estudadas. Todas as outras considerações feitas para o solo de textura franco-argilo-arenosa são válidas também para o solo de textura argilosa.

O resumo da análise de variância e os resultados dos testes de médias aplicados aos valores de umidade à capacidade campo estão apresentados nos Quadros 10 e 11, respectivamente. Os resultados comparam o efeito das concentrações em cada uma das classes granulométricas do Hidratassolo para o solo de textura argilosa.

Quadro 10 – Quadro resumo da análise de variância para os valores de umidade à capacidade de campo (Cc) do solo de textura argilosa para os diferentes tratamentos com Hidratassolo

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
G	6	2,94801	0,49134	18,32*
C	4	10,15823	2,53956	94,70*
G x C	24	1,59621	0,06651	2,48*
Trat _(Ad.) vs Fatorial	1	0,70177	0,70177	26,17*
Resíduo	72	1,930767	0,02682	
Total	107	17,33499		

*Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de F.

Quadro 11 – Valores dos teores de umidade à capacidade de campo, expressa em dag kg^{-1} , do solo de textura argilosa para as classes granulométricas e concentrações estudadas de Hidratossolo

Produto	Classes Granulométr. (mm)	Concentração do Hidratossolo (dag kg^{-1})				
		0,01	0,05	0,10	0,15	0,20
Hidratassolo	< 0,25	26,46 b*+	27,27 b+	29,16 b+	30,20 b+	31,06 e+
	0,25 - 0,50	26,59 b+	26,99 b+	27,88 b+	30,73 b+	31,74 e+
	0,50 - 1,00	26,43 b	27,88 b+	28,76 b+	31,17 b+	32,96 de+
	1,00 - 2,00	28,03 ab+	28,38 b+	29,90 b+	33,39 b+	36,93 cd+
	2,00 - 2,83	29,36 ab+	33,99 a+	39,46 a+	42,18 a+	43,24 ab+
	> 2,83	31,67 a+	37,33 a+	41,43 a+	44,23 a+	47,96 a+
Comercial	28,50 ab+	29,05 b+	31,27 b+	33,62 b+	38,51 bc+	
Solo	-	26,17				

*As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

+ Difere estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Todas as análises foram realizadas com os dados transformados para raiz quadrada.

Observa-se no Quadro 11 que todos os tratamentos diferiram significativamente da testemunha pelo teste de Dunnett, à exceção do tratamento correspondente à incorporação de 0,01% de Hidratossolo e classe granulométrica 0,50-1,00 mm. Com o teste de Tukey fez-se a comparação entre as classes granulométricas para uma mesma concentração, os tratamentos com maior granulometria foram significativamente superiores às menores granulometrias para capacidade de campo.

O resumo da análise de variância e os resultados dos testes de médias aplicados aos valores de umidade no ponto de murchamento permanente, para o solo de textura argilosa com os tratamentos com Hidratossolo, estão apresentados nos Quadros 12 e 13, respectivamente.

Quadro 12 – Quadro resumo da análise de variância para os valores de umidade no ponto de murchamento permanente (Pm), para os diferentes tratamentos com Hidratassolo para o solo de textura argilosa

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
G	6	2,74026	0,45671	21,88*
C	4	1,95129	0,48782	23,37*
G x C	24	1,45362	0,06057	2,90*
Trat _(Ad.) vs Fatorial	1	0,13120	0,13120	6,28*
Resíduo	72	1,50304	0,02088	
Total	107			

* Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de F.

Quadro 13 – Valores de umidade correspondente ao ponto de murchamento permanente, em dag kg⁻¹, para o solo de textura argilosa e os tratamentos com as diversas classes granulométricas e concentrações de Hidratassolo estudadas

Produto	Classe Granulométrica (mm)	Concentração de Hidratassolo (dag kg ⁻¹)				
		0,01	0,05	0,10	0,15	0,20
Hidratassolo	< 0,25	20,43 c*	20,60 c+	20,33 b	20,80 c+	20,83 c+
	0,25 - 0,50	20,40 c	20,50 c+	20,83 b+	21,40 c+	21,40 c+
	0,50 - 1,00	20,65 c+	20,93 c+	21,16 b+	21,69 c+	21,90 c+
	1,00 - 2,00	21,50 bc+	21,60 c+	21,60 b+	21,50 c+	25,19 b+
	2,00 - 2,83	23,50 ab+	23,86 b+	25,39 a+	26,19 b+	26,95 b+
	> 2,83	25,26 a+	26,30 a+	27,10 a+	28,64 a+	29,62 a+
Comercial		20,50 c+	20,60 c+	20,63 b+	21,53 c+	21,80 c+
Solo	-	20,33				

*As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

+ Difere estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com os dados transformados para raiz quadrada.

Para este valor de potencial matricial, apenas três tratamentos não foram significativos, quando comparados com a testemunha. Quando a comparação é feita apenas entre as classes granulométricas, teste de Tukey, observa-se que, de modo geral, a granulometria alterou os valores de umidade no ponto de murchamento, ficando as diferenças significativas para as maiores concentrações.

No Quadro 14 estão apresentados as equações de regressão para a estimativa dos valores de umidade correspondente à capacidade de campo e

de ponto de murchamento permanente em função da concentração (C) misturada, assim como os respectivos valores de coeficiente de determinação (R^2), para cada uma das classes granulométricas estudadas de Hidratassolo, para o solo de textura argilosa.

Quadro 14 - Equações de regressão e os respectivos valores de coeficiente de determinação (R^2) para a estimativa da raiz quadrada da umidade à capacidade de campo (C_c) e da raiz quadrada da umidade no ponto de murchamento (P_m), para o solo de textura argilosa em função da concentração (C) de Hidratassolo para as diversas classes granulométricas estudadas

Classe Granulométrica (mm)	Capacidade de campo		Ponto de murchamento	
	Equação	R^2 (%)	Equação	R^2 (%)
< 0,25 ^{1/}	5,13 + 2,35 C	97%**	4,51 + 0,01 C	90**
0,25 - 0,50	5,09 + 2,59 C	91%**	4,50 + 0,66 C	91**
0,50 - 1,00	5,10 + 3,13 C	98%**	4,54 + 0,73 C	97**
1,00 - 2,00	4,98 + 0,20 C	88%**	4,72 + 0,01C	70
2,00 - 2,83	5,23 + 0,30 C	91%**	4,82 + 1,92 C	97**
> 2,83	5,69 + 6,47 C	95%**	5,00 + 2,20 C	99**
Comercial	5,02 + 0,21 C	90%**	4,47 + 0,04 C	80**

^{1/} Todas as análises foram realizadas com os dados transformados para raiz quadrada.

*, ** as equações de regressão são significativas a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

As equações apresentadas no Quadro 14 possibilitam estimar, para cada proporção de Hidratassolo misturada, o respectivo acréscimo nos valores de umidade nos potenciais matriciais correspondentes à capacidade de campo e ao ponto de murchamento permanente. Para obter os valores estimados, os valores calculados deverão ser elevados ao quadrado, por causa da transformação dos dados efetuada para proceder a análise estatística.

Nos Quadros 15 e 16 estão apresentados, respectivamente, o resumo da análise de variância para os tratamentos envolvendo Hidratassolo para o solo de textura argilosa e os testes de média para os tratamentos com este solo. A DTA foi calculada com os valores de umidade à capacidade de campo e do ponto de murchamento apresentados nos Quadros 11 e 13, respectivamente, e a massa específica deste solo, apresentada no Quadro 1.

Quadro 15 – Quadro resumo da análise de variância para os valores de DTA no solo de textura argilosa para os diferentes tratamentos com Hidratassolo

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
G	6	0,27748	0,04625	2,79*
C	4	1,51930	0,37983	22,90*
G x C	24	0,64590	0,02691	1,62
Trat. _(Ad.) vs Fatorial	1	0,09458	0,09458	5,70*
Resíduo	72	1,19400	0,01658	
Total	107			

*Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de F.

Quadro 16 – Valores de disponibilidade total de água (DTA), expressa em mm cm^{-1} , do solo de textura argilosa, para as classes granulométricas e concentrações estudadas de Hidratossolo.

Produto	Classes Granulométricas (mm)	Concentrações de Hidratassolo (dag kg^{-1})				
		0,01	0,05	0,1	0,15	0,20
Hidratassolo	< 0,25	0,80a*	0,89a	1,17b+	1,25a+	1,36a+
	0,25 - 0,50	0,82a	0,86a	0,94a+	1,24a+	1,38a+
	0,50 - 1,00	0,77a	0,92a+	1,01a+	1,26a+	1,47b+
	1,00 - 2,00	0,87b	0,90a+	1,10b+	1,58b+	1,56b+
	2,00 - 2,83	0,78a	1,35c+	1,87d+	2,13c+	2,17c+
	> 2,83	0,85b	1,47c+	1,91d+	2,07c+	2,44d+
	Comercial	1,06c+	1,12b+	1,42c+	1,61b+	2,22c+
Solo	-	0,78				

*As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

+As médias diferem estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Observou-se no solo de textura argilosa um maior efeito da adição do Hidratassolo comparado com o solo de textura franco-argilo-arenosa. Se for considerado, por exemplo, a adição de $0,2 \text{ dag kg}^{-1}$ do produto na granulometria comercial ao solo de textura argilosa, o aumento na DTA foi de 184% em relação à testemunha, enquanto no de textura franco-argilo-arenosa, o aumento foi de 126%.

A equação 3 fornece a estimativa da raiz quadrada da DTA desse solo em função da concentração (C) de Hidratassolo.

$$DTA_r^A = 0,89 + 2,99 C - 3,95 C^2; \quad r^2 = 99\% \quad eq. 3$$

Os valores obtidos na DTA_r^A , deverão ser elevados ao quadrado por causa da transformação dos dados feitas para proceder a análise estatística.

4.2. Curvas características de retenção de água dos solos incorporados com Terracottem

4.2.1. Curvas de retenção de água dos solos de texturas franco-argilo-arenosa e argilosa

Nas Figuras 26 e 27 estão mostradas as curvas de retenção de água no solo, para os solos de texturas franco-argilo-arenosa e argilosa, respectivamente, para os tratamentos com as cinco concentrações de Terracottem e as testemunhas.

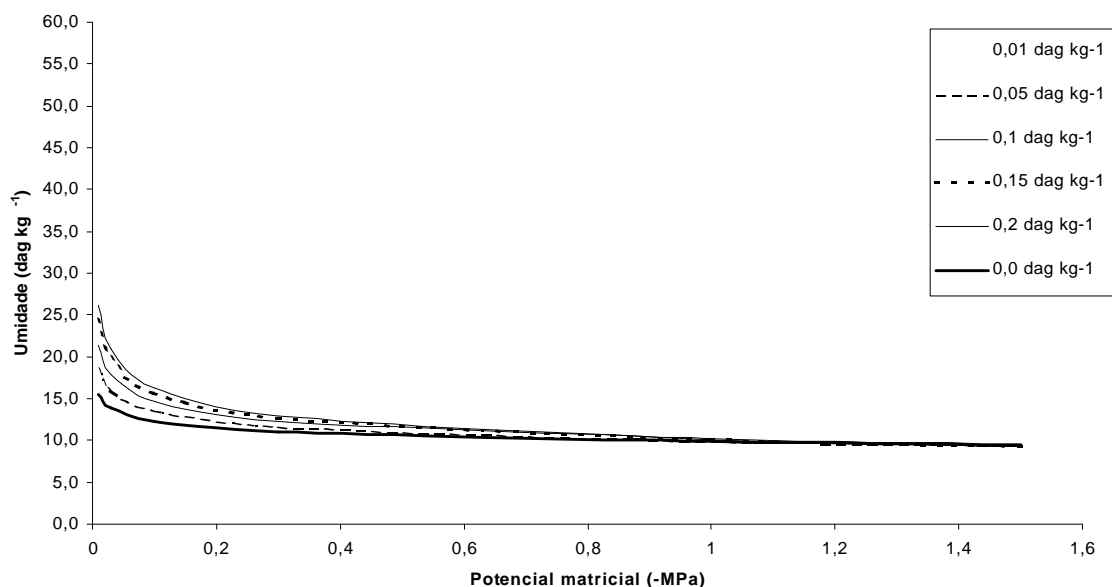


Figura 26 – Curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa, para a testemunha e os tratamentos com as diferentes concentrações de Terracottem.

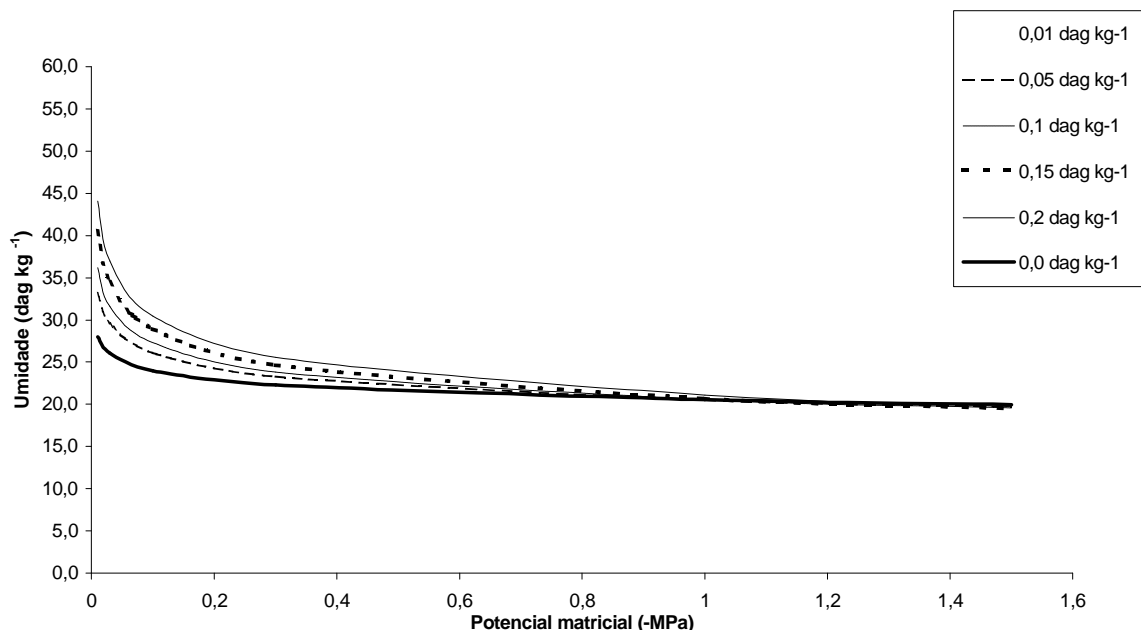


Figura 27 – Curvas de retenção de água no solo de textura argilosa, para a testemunha e os tratamentos com as diferentes concentrações de Terracottem.

Como pode ser observado nas Figuras 26 e 27, as curvas de retenção de água apresentaram o mesmo comportamento para os dois solos, diferindo apenas nos valores de umidade. Para os dois solos, a retenção de água das testemunhas foram menores que as dos respectivos tratamentos, para os maiores valores de potencial matricial. Para os menores potenciais matriciais, estes aumentos foram insignificantes ou inexistentes, mesmo para a concentração mais elevada de Terracottem. Para potencial matricial inferior a $-1,0$ MPa, para os dois solos, as curvas de todos os tratamentos e das respectivas testemunhas apresentaram valores de umidade muito próximos, sendo que, no potencial de $-1,5$ MPa as curvas de retenção dos tratamentos se concentraram em torno do valor de umidade das testemunhas. Este fato indica que o Terracottem não retém água em potenciais matriciais muito baixos, isto se deve, provavelmente, à pequena granulometria deste produto que, conforme é mostrado no Quadro 2, mais de 60% dos grânulos possuem

diâmetro inferior a 1,00 mm. Também para o Hidratassolo, os grânulos de menor diâmetro apresentaram menor retenção de água para os menores valores de potencial matricial, quando comparados com os grânulos de maiores diâmetros nas mesmas condições.

Dentre os tratamentos, à medida que foram aumentando as concentrações do produto no solo, houve também, aumento da retenção de água para os potenciais matriciais mais elevados, sendo os maiores valores para a concentração de 0,2 dag kg⁻¹.

Este comportamento das curvas de retenção indica que o Terracottem, quando adicionado ao solo, foi capaz de aumentar a umidade correspondente à capacidade de campo. E, como a retenção de água foi maior para maiores potenciais matriciais, o produto, quando aplicado no campo, poderá funcionar como reservatório de água no solo, impedindo ou reduzindo as perdas por percolação profunda quando houver um aporte de água que ultrapassar sua capacidade de retenção.

Nos Quadros 17 e 18, estão apresentados os resumos da análises de variância para os valores de umidade à capacidade de campo, no ponto de murchamento e da DTA para os tratamentos utilizando Terracottem nos solos de textura franco-argilo-arenosa e argilosa, respectivamente. E, no Quadro 19, os valores de umidade à capacidade de campo, no ponto de murchamento e da DTA, para os dois solos.

Quadro 17 – Resumo da análise de variância para os valores de umidade à capacidade de campo (Cc), ponto de murchamento (Pm), e disponibilidade total de água (DTA) para o solo de textura franco-argilo-arenosa e os diferentes tratamentos com Terracottem

Fontes de Variação	G L	Quadrados médios		
		Cc	Pm	DTA
Tratamentos	5	17.24*	0.01	0.27*
Resíduo	12	10.26	0.03	0.01
c. v.		5,5	1.78	12.55

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade

Quadro 18 – Resumo da análise de variância para os valores de umidade à capacidade de campo (Cc), ponto de murchamento (Pm), e disponibilidade total de água (DTA) para o solo de textura argilosa e os diferentes tratamentos com Terracottem

Fontes de Variação	G L	Quadrados médios		
		Cc	Pm	DTA
Tratamentos	5	50,15*	0,08*	0,84*
Resíduo	12	0,23	0,02	0,5E-02
c. v.		1,5	0,7	4,67

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade

Quadro 19 – Valores originais de umidade correspondente à capacidade de campo (Cc), ponto de murchamento (Pm) e de disponibilidade total de água (DTA) para o solo de texturas franco-argilo-arenosa e argilosa em função das concentrações (C) de Terracottem.

Material	Concent. (dag kg ⁻¹)	Solo Franco-argilo-arenoso			Solo Argiloso		
		Cc	Pm	DTA	Cc	Pm	DTA
Solo + Terracottem	0,01	15,0a*	9,7a	0,67a+	29,1a+	20,1a	1,20a+
	0,05	15,5a+	9,7a	0,74a+	30,3a+	20,2a	1,34a+
	0,10	17,9b+	9,8a	1,03b+	32,6b+	20,2a	1,65c+
	0,15	19,5c+	9,7a	1,24c+	34,7c+	20,3a	1,92c+
	0,20	19,7c+	9,8a	1,26c+	37,6d+	20,6a+	2,26d+
Solo	0,0	14,2	9,7	0,57	26,2	20,3	0,78

*As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

+ Difere estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Pelo Quadro 19, pode ser observado que, para o solo de textura franco-argilo-arenosa, a mistura de 0,01 dag kg⁻¹ do Terracottem aumentou em apenas 5,6% o teor de umidade no potencial matricial de -0,03 MPa, e em 17,5% a DTA, em relação à testemunha. Quando se utilizou 0,2 dag kg⁻¹, os acréscimos passaram a ser de 39% e 121%, respectivamente. O ponto de murchamento permanente para os tratamentos do solo franco-argilo-arenoso não diferiram estatisticamente da testemunha, apresentando nível de umidade médio, para os tratamentos, de 9,7 dag kg⁻¹.

Para o solo de textura argilosa, de acordo com o Quadro 19, pode ser observado que, a adição de $0,01 \text{ dag kg}^{-1}$ do polímero aumenta em 11% a capacidade de campo e em cerca de 54% a DTA, em relação à testemunha. Quando se utilizou $0,2 \text{ dag kg}^{-1}$ de Terracottem, os acréscimos passaram a ser, respectivamente, de 44% e 190%. Para este solo, o ponto de murchamento permanente apesar de ser estatisticamente diferente da testemunha, deve ser considerado como uma constante porque os valores não conduzem a resultados de importância prática.

Informações como estas conduzem a algumas possíveis tomadas de atitude de ordem prática:

- com o uso do produto, as irrigações poderão ser feitas com lâminas maiores que aquelas que apenas o solo suportaria e, portanto, em menor número de vezes durante o desenvolvimento da cultura, implicando economia de água, energia e mão-de-obra, concordando portanto, com as conclusões de SAIDRAHNAN & ISKANDARK (1997);
- Onde não há irrigação e a distribuição de chuvas é irregular, o uso de polímeros pode reduzir ou anular o efeito dos veranicos na produtividade da cultura pelo fato de armazenarem no solo, e por um período maior, a água das chuvas do final de verão e das poucas ocorrências de precipitações do outono. Há que se considerar que a umidade correspondente à capacidade de campo deste solo, com o uso do polímero, pode ser ainda maior que a considerada para o potencial matricial de $-0,03 \text{ MPa}$, pois o fato da água ficar retida nos polímeros na forma de gel sugere que parte desta água consegue ficar retida sob potenciais matriciais maiores que este, não estando livre para a ocorrência de drenagem interna.

Nos Quadros 20 e 21 estão apresentadas as equações de regressão para a estimativa dos valores de capacidade de campo (C_c), ponto de murchamento permanente (P_m) e da disponibilidade total de água no solo (DTA) em função da concentração (C) de Terracottem, adicionada aos solos de texturas franco-argilo-arenosa e argilosa, respectivamente.

Quadro 20 – Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) para capacidade de campo (Cc), ponto de murchamento permanente (Pm) e disponibilidade total de água (DTA) no solo de textura franco-argilo-arenosa em função das concentrações (C) de Terracottem

Variável	Equação	R^2 (%)
Cc (dag kg^{-1})	$14,46 + 29,39 C$	94**
Pm (dag kg^{-1})	9,73	
DTA (mm cm^{-1})	$0,60 + 3,69 C$	94**

** as equações de regressão são significativas a 1% pelo teste de F.

Quadro 21 – Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) para capacidade de campo (Cc), ponto de murchamento permanente (Pm) e disponibilidade total de água (DTA) no solo de textura argilosa em função das concentrações (C) de Terracottem

Variável	Equação	r^2
Cc (dag kg^{-1})	$27,42 + 50,31 C$	95%**
Pm (dag kg^{-1})	$20,26 - 2,79 C + 22,12 C^2$	76%**
DTA (mm cm^{-1})	$0,96 + 6,50 C$	94%**

** as equações de regressão são significativas a 1% pelo teste de F.

As equações permitem estimar, dentro do intervalo estudado, os valores de umidade do solo à capacidade de campo e ponto de murchamento assim como a DTA para cada concentração de Terracottem misturada ao solo.

4.2.2 Comparação dos resultados obtidos para os solos de textura franco-argilo-arenosa e argilosa misturados com o Terracottem

As Figuras 28 a 30 são apresentadas para fins de comparação dos valores de umidade à capacidade de campo, ponto de murchamento permanente e as lâminas de água disponível (DTA) para os solos franco-argilo-arenoso e argiloso tratados com as diferentes concentrações de Terracottem.

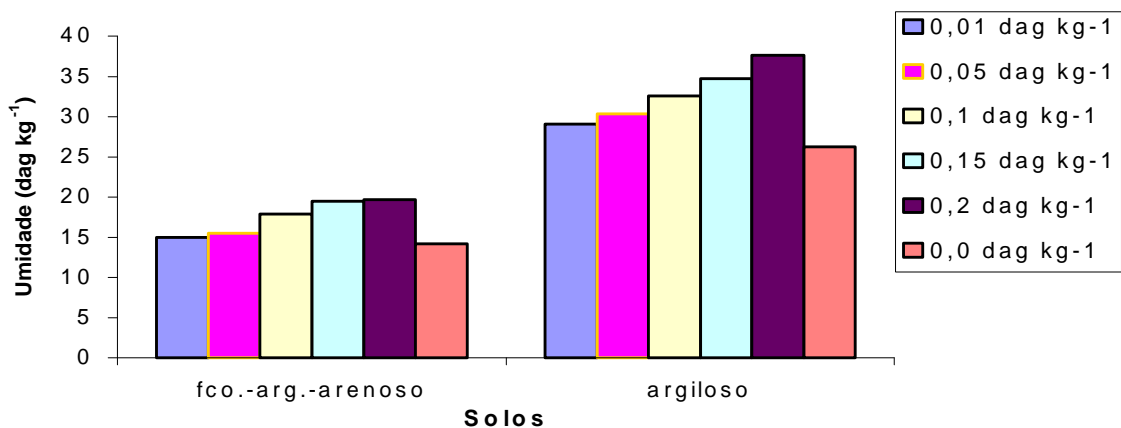


Figura 28 – Comparação entre umidades à capacidade de campo dos dois solos estudados, para os tratamentos com Terracottem e testemunha.

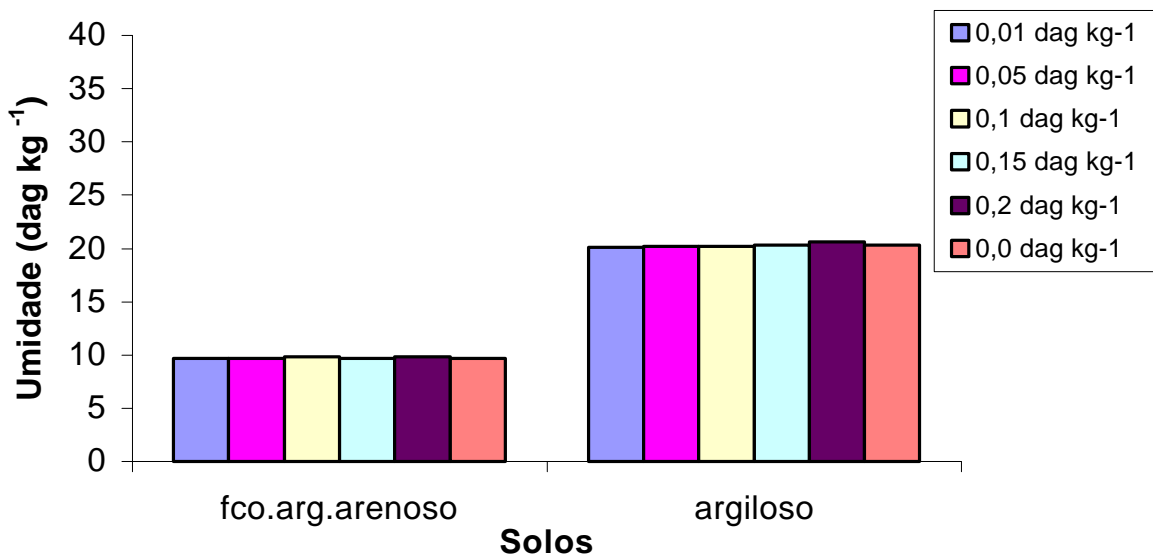


Figura 29 – Comparação entre umidades no potencial matricial de -1,5 MPa para os dois solos estudados para os tratamentos com Terracottem.

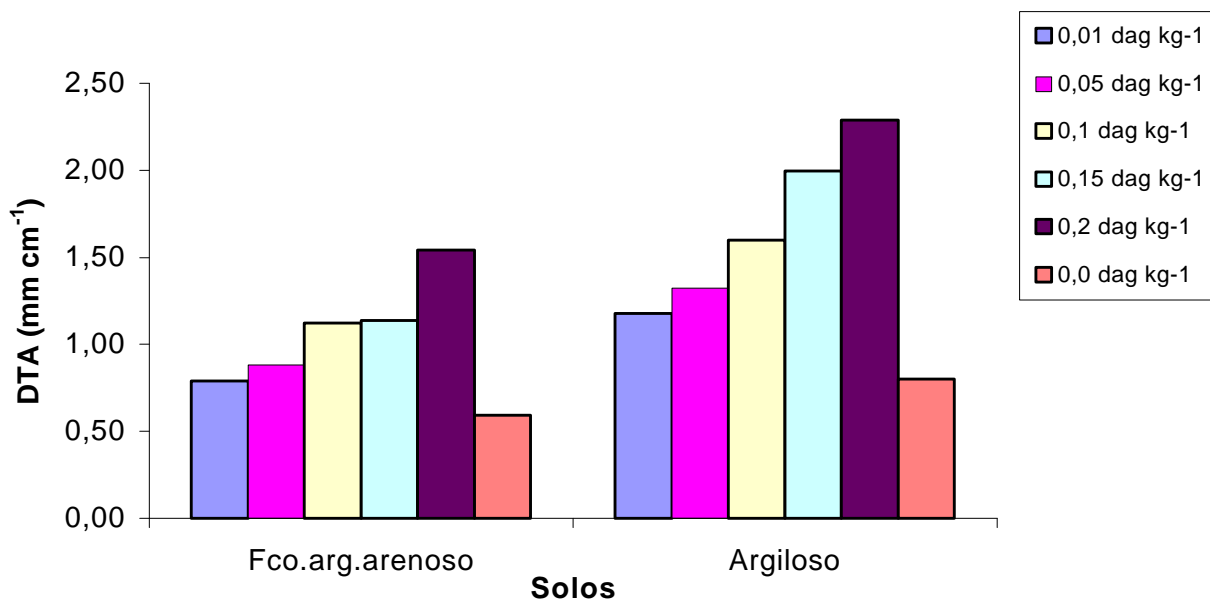


Figura 30 – Comparação entre valores de disponibilidade total de água (DTA) para os dois solos estudados tratados com Terracottem.

Analisando esta figuras, verifica-se que, no geral, o Terracottem foi mais eficiente em aumentar os valores de capacidade de campo, ponto de murchamento e disponibilidade total de água, quando aplicado ao solo argiloso. Os resultados obtidos neste experimento, favorecendo a retenção de água para o solo argiloso difere da tendência de outros resultados encontrados na literatura, que apresentam melhores resultados para solos arenosos ao fazer tratamentos com condicionadores sintéticos de solo (MINAH et al., 1983; HEMYARY e NOFZIGER, 1981). No entanto, há que se considerar que os produtos têm composições diferente e talvez, este fato seja uma das causas dos comportamentos diferentes.

Comparando os valores da DTA para as concentrações de 0,2 dag kg⁻¹ de produto comercial em um mesmo solo, mostrados nos Quadros 9 e 19, para o solo de textura franco-argilo-arenosa, e, 16 e 19, para o solo de textura argilosa, pode ser observado que, a quantidade de água disponível nos tratamentos com Terracottem estão próximas ou, às vezes, até maiores que as DTAs das classes granulométricas do Hidratassolo. Estes valores aparentemente contraditórios, já que a retenção de água nos tratamentos

utilizando Terracottem foram menores que em todos os tratamentos com Hidratassolo, para todas as tensões aplicadas, são explicados pelos comportamentos das curvas de retenção. O Terracottem libera praticamente toda água à pressão de 1,5 MPa, de forma que, ao aplicar a equação 1, obtém-se uma grande diferença de umidade entre os potenciais matriciais de -0,03 e -1,5 MPa, ao passo que, nos tratamentos com Hidratassolo ainda há grande quantidade de água retida no potencial matricial de -1,5 MPa, fazendo com que a diferença de umidade entre esses dois potenciais matriciais seja menor que a diferença existente nos tratamentos com Terracottem.

4.3. Análise dos Polímeros sem mistura com solos

4.3.1. Retenção de água

Na Figura 31 estão mostradas as curvas de retenção de água ajustadas dos polímeros sem mistura com solos para a granulometria comercial do Terracottem e as diferentes classes granulométricas do Hidratassolo.

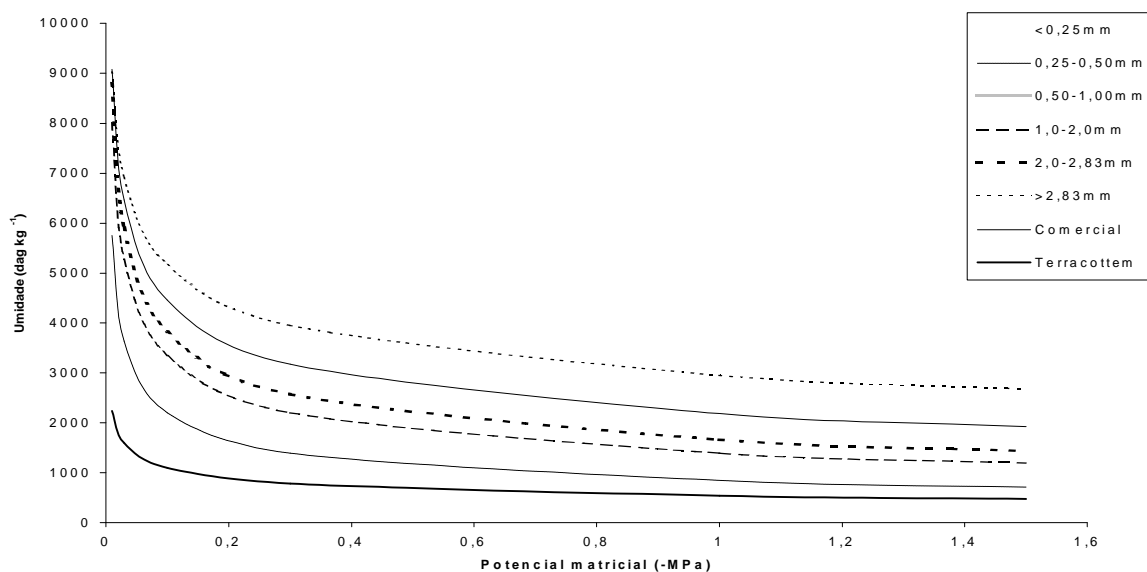


Figura 31 – Curvas de retenção de água dos polímeros Terracottem e das diferentes classes granulométricas Hidratassolo.

Como pode ser observado nesta Figura, o Terracottem apresentou menor retenção de água, comparativamente às diversas classes granulométricas do Hidratassolo. Para o Hidratassolo, a classe granulométrica <0,25 mm foi a que apresentou menor retenção de água e, à medida que aumentou o diâmetro médio dos grânulos, os valores de umidade também aumentaram, de forma que a maior granulometria proporcionou maior retenção de água. A Figura 31 mostra que a retenção de água é muito elevada para maiores valores de potencial matricial especialmente para valores superiores a -0,3 MPa.

Na Figura 32 está ilustrado graficamente, as proporções de água retida pelos polímeros Terracottem e as diferentes classes granulométricas do Hidratassolo, em relação aos seus pesos secos nos potenciais matriciais de -0,03 e -1,5 MPa.

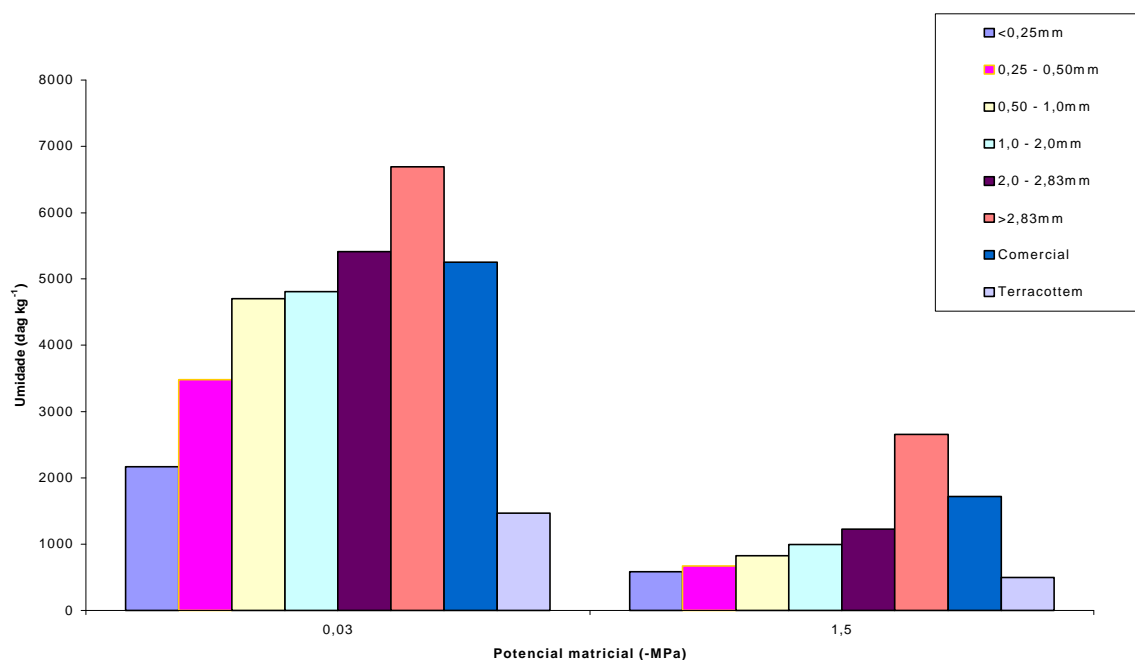


Figura 32 – Gráfico comparativo entre a umidades retidas pelos polímeros Terracottem e em diferentes classes granulométricas do Hidratassolo, nos potenciais matriciais de -0,03 e -1,5 MPa.

No potencial matricial de -1,5 MPa, a quantidade de água retida nos grânulos ainda é elevada, o Hidratassolo comercial retém cerca de 17 vezes o seu próprio peso em água.

Os valores originais de umidade das curvas de retenção para os polímeros sem mistura como solos estão apresentados no Quadro 5 A no Apêndice A.

No Quadro 22, a seguir, estão apresentados os valores dos coeficientes do modelo potencial ajustado para as curvas de retenção de água dos polímeros puros Terracottem e Hidratassolo sem solo, para as diferentes classes granulométricas estudadas, assim como os respectivos valores de coeficiente de determinação (R^2). Os elevados valores dos coeficientes angular indicam a elevada capacidade de retenção de água, sendo os maiores valores para as classes granulométricas de maior diâmetro.

Quadro 22 – Valores dos coeficientes do modelo potencial ajustado para as curvas de retenção de água das diferentes classes granulométricas do Hidratassolo e para a granulometria comercial do Terracottem e os respectivos valores de coeficiente de determinação (R^2)

Produtos	Classe granulométrica (mm)	Coeficientes do modelo potencial		R^2
		angular	expoente	
Hidratassolo	< 0,25	651,8	-0,3443	0,99
	0,25 - 0,50	844,9	-0,4165	0,98
	0,50 - 1,00	1035,8	-0,4104	0,99
	1,00 - 2,00	1395,0	-0,3796	0,96
	2,00 - 2,83	1664,3	-0,3615	0,97
	> 2,83	2953,4	-0,2425	0,99
	Comercial	2187,1	-0,2878	0,97
Terracottem	Comercial	540,4	-0,3091	0,99

Nos Quadros 23 e 24, apresentados a seguir, estão mostrados o resumo da análise de variância e os resultados do teste de Tukey, respectivamente, para os valores de umidade dos polímeros Terracottem e das diferentes classes granulométricas do Hidratassolo, para potenciais matriciais de -0,03 e -1,5 MPa.

Quadro 23 – Resumo da análise de variância dos valores de umidade dos polímeros Terracottem e das diferentes classes granulométricas do Hidratassolo, para potenciais matriciais de -0,03 e -1,5 MPa

Fontes de Variação	G L	Quadrados médios	
		-0,03 MPa	-1,5 MPa
Granulometria	7	9.207.891*	1.588.259*
Resíduo	16	33.353,75	14.162,38
c. v.		4,3	10,3

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade

Quadro 24 – Valores de umidade em, dag kg^{-1} , dos polímeros sem mistura com solos, para as diferentes classes granulométricas do Hidratassolo e para a granulometria comercial do Terracottem, nos potenciais matriciais de -0,03 e -1,5 MPa

Produto	Classe granulométrica (mm)	-0,03 MPa	-1,5 MPa
Hidratassolo	< 0,25	2167 f*	586 e
	0,25 - 0,50	3481 e	668 de
	0,50 - 1,00	4702 d	826 de
	1,00 - 2,00	4811 cd	995 cd
	2,00 - 2,83	5413 b	1225 c
	> 2,83	6691 a	2658 a
	Comercial	5252 bc	1717 b
Terracottem	Comercial	1471 g	497 e

* As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A análise do Quadro 24 mostra que o comportamento dos polímeros sem solo foi semelhante quando comparado com os tratamentos envolvendo os solos. O Terracottem apresentou os menores valores de retenção de água, seguido pelo Hidratassolo na classe granulométrica <0,25 mm e, sucessivamente, pelas maiores classes granulométricas. Da mesma forma como observado nas Figuras 31 e 32, neste quadro também pode-se verificar que a retenção aumentou à medida em que se aumentou o diâmetro dos grânulos.

O Hidratassolo com diâmetro >2,83 mm foi a classe granulométrica que reteve maior quantidade de água, com cerca de 67 vezes o seu próprio peso, contra 22 vezes para a classe granulométrica com diâmetro <0,25 mm, no potencial matricial de -0,03 MPa.

O Hidratassolo com granulometria comercial apresentou retenção de água menor que o Hidratassolo com granulometria >2,83 mm, sendo estatisticamente igual às classes granulométricas de 1,00-2,00 e 2,00-2,83 mm no potencial matricial de -0,03 MPa. Isto pode ser explicado pela composição granulométrica do Hidratassolo, observada no Quadro 2, onde se verifica que cerca de 55% do peso do produto comercial apresenta grânulos com diâmetro variando nessa faixa. Este comportamento difere dos resultados obtidos nos tratamentos envolvendo a granulometria comercial do Hidratassolo puro e o

solo de textura franco-argilo-arenosa, nos quais o produto comercial apresentou maior retenção de água que as classes granulométricas de maiores diâmetros, mas é coerente com os resultados obtidos para o solo de textura argilosa.

No potencial matricial de $-0,03$ MPa, o Terracottem apresentou retenção de água de 14,7 vezes o seu próprio peso em água. Este valor é menor que o valor obtido para a classe granulométrica de menor diâmetro do Hidratassolo. Os resultados obtidos mostraram que o diâmetro dos grânulos é um fator de grande importância na retenção de água e, a avaliação da granulometria do Terracottem observada no Quadro 2, mostrou que 63% desse produto possui grânulos com diâmetro menor que 1,00 mm, enquanto o Hidratassolo apresentou 68% de sua granulometria maior que 2,00 mm. Adicionalmente, o Terracottem, por ser uma mistura de polímeros hidroabsorventes, adubos e hormônios de crescimento, apresenta grânulos que possuem outras funções e que apresentam peso específico elevado em relação aos polímeros, o que faz aumentar a massa seca do produto, fazendo com que a massa de água absorvida por unidade de massa do polímero fosse menor que a do Hidratassolo. Neste trabalho, avaliou-se apenas a retenção de água dos polímeros, considerando-se que o Terracottem apresenta outras funções específicas no que se refere a desenvolvimento de plantas, o que não é o caso do Hidratassolo, que possui a função apenas de reter água.

A tensão de $-1,5$ MPa não é suficiente para retirar toda a água retidas pelo hidratassolo, sendo que, para os grânulos de maior diâmetro a capacidade de reter água em baixos potenciais matriciais é muito maior que para os de menor diâmetro.

A elevada capacidade dos polímeros para absorver e reter água em potenciais matriciais altos, principalmente sob potenciais de $-0,01$ e $-0,03$ MPa, mostra sua aptidão como reservatório de água no solo.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Solo e Água do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de dois polímeros hidroabsorventes – o Terracottem e o Hidratassolo, nas características de retenção de água em dois tipos de solo classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-argilo-arenosa e Podzólico Vermelho-Amarelo de textura argilosa. Foram conduzidos três experimentos, visando à obtenção das curvas características de retenção de água, sendo o primeiro experimento resultante da incorporação de sete granulometrias e cinco concentrações do Hidratassolo em cada um dos solos; o segundo, resultante da incorporação de cinco concentrações do Terracottem em cada solo; e o terceiro, no qual as curvas foram obtidas das sete granulometrias do Hidratassolo e da granulometria comercial do Terracottem, sem mistura com solos. Com base nos resultados obtidos concluiu-se que:

- O aumento da concentração e do diâmetro dos grânulos do Hidratassolo misturados aos solos proporcionou o aumento da retenção de água nos mesmos;
- Os polímeros hidroabsorventes foram mais eficientes na retenção de água no solo argiloso;

- Para as classes granulométricas de Hidratassolo de maiores diâmetros e maiores concentrações, a umidade no ponto de murchamento foi maior que a umidade à capacidade de campo do solo sem produto;
- Os grânulos maiores de Hidratassolo retêm grande quantidade de água, mesmo quando submetidos à pressão de 1,5 MPa.
- O Hidratassolo apresentou maior retenção de água que o Terracottem;
- O uso do Terracottem contribuiu para aumentar a retenção de água nos solos estudados até o potencial matricial de $-1,0$ MPa;
- A menor capacidade de retenção de água do Terracottem em relação ao Hidratassolo, deve-se ao fato de sua granulometria ser de menor diâmetro e à presença de outros componentes que apresentam elevada massa seca e não possuem função hidroabsorvente; isso faz com que a absorção de água em relação ao peso do produto seja baixa;
- Os polímeros Hidratassolo e Terracottem apresentaram grande capacidade para absorver e reter água a baixos potenciais matriciais, principalmente a $-0,01$ e $-0,03$ MPa. O Hidratassolo chegou a reter 90 vezes o valor do seu próprio peso em água e o Terracottem 25 vezes, no potencial matricial de $-0,01$ MPa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARUQUI, A. M., FERNANDES, M. A. Práticas de conservação do solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 11 (128): 55-69, 1985.
- BARVENIK, W. F. Polyacrylamide characteristics related to soil applications. *Soil Science*, Baltimore, v. 158 p.235-243, 1994.
- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 6. ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 657 p.
- BORGES, H. Q. *Avaliação do SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola) para manejo de irrigação na Região de Araçuaí – MG*. Viçosa: UFV, 2000. 121 p. :il. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análises de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: 1997. 212 p.:IL. (EMBRAPA - CNPS. Documentos; 1).
- HELALIA, A. .M., LETEY, J. Polymer type and water quality effects on soil dispersion. *Soil Science. Soc. Am. J.*, Madison, v. 52 p.243-246, 1988.
- HEMYARI, P., NOFZIGER, D. L. Super slurper effects on crust strength, water retention, and water infiltration of soils. *Soil Science. Soc. Am. J.*, Madison, v. 45 p.799-801, 1981.
- HIDROGEL induz crescimento das plantas. *Manchete Rural*, Rio de Janeiro, v. 11, nº 7, p. 75-77, 1998.
- JOHNSON, M. S. The effect of gel-forming poliacrylamides on moisture storage in sandy soils. *J. Sci. Food Agric.*, London, v.35, p. 1196-1200, 1984.

- JOHNSON, M. S., VELTKAMP, C. J. Structure and functioning of water-storing agricultural polyacrylamides. *J. Sci. Food Agric.*, London, v.36, p. 789-793, 1985.
- MENDES, M. A solução definitiva para escassez de água. *Manchete Rural*, Rio de Janeiro, v. 10, n° 1, p. 69-70, 1998.
- MORAES, M. H. Efeitos da adição de composto orgânico na retenção de água pelo solo e no desenvolvimento de plantas de feijão e canola. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, II CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRICOLA (CONBEA 96). Bauru, p. 448 (625p.), 1996.
- MORTVEDT, J. J., MIKKELSEN, R. L., KELSOE, J. J. Crop response to ferrous sulfate in banded gels of hydrophilic polymers. *Soil Science. Soc. Am. J.*, Madison, v. 56, p.1519-1524, 1992.
- NIMAH, N. M., RYAN, J., CHAUDHRY, M. A. Effect of synthetic conditioners on soil water retention, hydraulic conductivity, porosity, and aggregation. *Soil Science. Soc. Am. J.*, Madison, v. 47, p.742-745, 1983.
- PREVEDELLO, C. L., BALENA, S. P. Efeito de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. *Revista Bras. de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, p. 251-258, 2000.
- REICHARDT, K. *Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas*. 2. ed. Piracicaba: USP/ESALQ, 1996. 505p.
- SAIDRAHMAM, S. M., ISKANDARK, K. A. Polymer hidrogelsoil additives reduce irrigation requirements and enhance crop production. In: INTER-REGIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENT-WATER: INNOVATIVE ISSUES IN IRRIGATION AND DRAINAGE, 1st., Lisbon, Portugal, 1998. [Additional Papers, Portuguese National Committee on Irrigation and Drainage] p. 390-3.
- SALEH, M. A., LETEY, J. The effect of two polymers and qualities on dry cohesive strength of three soils. *Soil Science. Soc. Am. J.*, Madison, v. 53 p.255-259, 1989.
- SCHAMP, N., HUYLEBROECK, J., SADONES, M. Adhesion and adsorption phenomena in soil conditioning p. 13-23. In B. A. Stewart (ed). *Soil Science. Soc. Am.* Madison, Wis., 1975.
- SHAINBERG, I., LEVY, G. J. Organic polymers and soil sealing in cultivated soils. *Soil Science.*, Baltimore, v. 158, n° 4, p. 267-273, 1994.
- SHAINBERG, I., WARRINGTON, D. N., RENGASAMY, P. Water quality and PAM interactions in reducing surface sealing. *Soil Science*, Baltimore, v. 149 p. 301-307, 1990.
- SHARMA, P.P., CARTER, F.S., HALVORSON, G. A., Water retention by soils containing coal. *Soil Science. Soc. Am. J.*, Madison, v. 57, p.311-316, 1993.

- SÓ a irrigação atende a demanda de alimentos. *Item*, Brasília, Ed. esp. 20 anos, p. 23-24, 1994.
- SOJKA, R. E., LENTZ, R. D. Time for yet another look at soil conditioners. *Soil Science*, Baltimore, v. 158, n. 4, p. 233-234, 1994.
- SOJKA, R. E., LENTZ R. D. A brief history of PAM and PAM-related issues. In: PROCEEDINGS: MANAGING IRRIGATION-INDUCED EROSION AND INFILTRATION WITH POLYACRYLAMIDE. College of Southern Idaho, Twin Falls, ID 6-8 May, 1996.
- TERRACOTTEM DO BRASIL *Guia Técnico*, 1.0. s. l., 199-. 25p.
- TERRACOTTEM. *Panorama Rural*, São Paulo, v. 1, n° 2. p. 36, 1999.
- TERRY, R. E., NELSON, S. D. Effects of polyacrylamide and irrigation method on soil physical properties. *Soil Science*, Baltimore, v. 141, n° 5, p. 317-320, 1986.
- VARENNES, A. de, BALSINHAS, A., CARQUEJA, M.J. Effects of two Na polyacrylate polymers on the hydrophysical and chemical properties of a sandy soil, and on plant growth and water economy. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. XX, n° 4, p.13-27, 1997.
- VIEIRA, S., HOFFMANN, R. *Estatística Experimental*. São Paulo: Atlas, 1989. 179 p.
- WALACE, A., WALLACE G. A., ABOUZAMZAM, A.M. Amelioration of soil sodic with polymers. *Soil Science*, Baltimore, v. 141, n° 5, p. 359-362, 1986.
- WALLACE, G. A., WALLACE, A. Control of soil erosion by polymeric soil conditioners. *Soil Science*, Baltimore, v. 141, n° 5, p. 363-367, 1986.
- WANG, Y. T., BOOGHER, C. A. Effect of a medium-incorporated hydrogel on plant growth and Water use of two foliage species. *J. Environ. Hortic.* v. 5 p.125-127, 1987.
- ZAHOW, M. F., AMRHEIN, C. Reclamation of a saline sodic using synthetic polymers and gypsum. *Soil Science. Soc. Am. J.*, Madison, v. 56 p. 1257-1260, 1992.

APÊNDICES

Apêndice A – Valores originais dos teores de umidade das curvas de retenção de água

Quadro 1A - Valores originais dos teores de umidade, em dag kg^{-1} , das curvas de retenção de água para o solo de textura franco-argilo-arenosa, testemunha e demais tratamentos com Hidratassolo

Material	Classes Granulom. (mm)	Concent. (dag kg^{-1})	Potencial matricial (-MPa)					
			0,1	0,3	1	3	10	15
Solo + Hidratassolo	<0,25	0,01	15,9	14,3	11,8	11	9,8	9,8
		0,05	16,7	14,4	11,8	11,1	10,6	10,0
		0,10	19,7	14,7	12,3	11,1	10,3	10,2
		0,15	22,8	16,3	13,1	11,7	10,3	10,3
		0,20	26,2	18,3	13,5	11,9	10,6	10,5
	0,25-0,50	0,01	16,8	14,4	12	11	9,9	9,7
		0,05	17,5	15,7	12,3	11,4	11,1	10,5
		0,1	20,6	18,3	13,6	11,4	10,6	10
		0,15	23,4	18,3	16,4	11,8	10,6	10
		0,2	27,1	20	18,2	12,7	10,8	10,1
	0,50-1,00	0,01	15,7	15,2	12,2	11	9,8	9,7
		0,05	18,1	14,4	12,3	11	10,2	10,2
		0,1	20,7	16	13,8	13,6	12	10,2
		0,15	23,5	19,7	14,8	13,7	12,4	10,5
		0,2	25,4	23,6	18,7	16,6	13,3	11,5
	1,00-2,00	0,01	17	14,3	11,8	11	10,3	10,2
		0,05	18,6	16,5	12,9	11	10	9,8
		0,1	20,2	19,1	14,3	13,8	12,1	10,6
		0,15	24,2	20	16,3	15,3	12,4	11,2
		0,2	27,4	20,5	17	15,4	13,7	13,7
	2,00-2,83	0,01	18,8	15,2	14	12,9	10,1	9,7
		0,05	20,7	17,1	15,2	12,3	10,3	9,4
		0,1	23,6	19,6	15,3	12,4	10	9,4
		0,15	23,8	19,6	15,9	14,1	12,7	12,5
		0,2	29,6	23,2	18,9	15,7	14,1	12,6
>2,83	0,01	18,9	15,4	13,4	11,6	9,8	9,3	
	0,05	20,8	16,1	14,2	13,1	11,5	11,3	
	0,1	24	20,3	15,4	13,8	13,6	13,5	
	0,15	26	23,1	20,7	17,1	14,9	14,1	
	0,2	28,6	24,9	20,9	17,5	16	15,6	
Comercial	0,01	20,2	14,3	12,6	11,5	11,3	11,2	
	0,05	21,9	18,1	14,5	14,1	13,3	12,9	
	0,1	34,4	20,4	15,9	15,7	13,7	13,2	
	0,15	35,2	23,3	21,2	17,7	13,9	13,3	
	0,2	36,4	24,7	24	23,5	16,8	14,5	
Solo	-	-	15,7	14,2	11,7	11	9,8	9,7

Quadro 2A - Valores originais dos teores de umidade, dag kg^{-1} , das curvas de retenção de água para o solo de textura argilosa, testemunha e demais tratamentos com Hidratassolo

Material	Classes Granulom. (mm)	Concent. (dag kg^{-1})	Potencial matricial (-MPa)					
			0,01	0,03	0,1	0,3	1	1,5
Solo + Hidratassolo	<0,25	0,01	28,4	26,5	24,2	22,2	20,4	20,4
		0,05	28,6	27,3	25,2	22,3	21	20,6
		0,10	31,7	29,2	25,5	22,4	21	20,7
		0,15	31,9	30,2	25,5	22,5	21	20,8
		0,20	34,2	31,1	26	22,7	21	20,8
	0,25-0,50	0,01	29,7	26,6	23,6	22,4	21	20,4
		0,05	29,8	27	24	22,6	21	20,5
		0,10	32,1	27,9	25,7	23,1	21,3	20,8
		0,15	34,6	30,8	30	26,2	22,5	21,4
		0,20	36	31,4	30,9	26	22,8	21,4
	0,50-1,00	0,01	30,3	26,4	23,6	22,9	21,1	20,7
		0,05	32,2	27,9	25	22,9	21,3	20,9
		0,10	34,4	28,8	26,6	26,1	22,5	21,2
		0,15	35,9	31,2	27,3	24,1	22	21,7
		0,20	39,7	33	31,2	27,4	23,2	21,9
	1,00-2,00	0,01	31,8	28	26,3	23,8	21,7	21,5
		0,05	33,1	28,5	26,4	23,9	21,8	21,6
		0,10	34,6	29,9	27,2	24	21,9	21,6
		0,15	36,1	33,4	28,2	23,6	22	21,5
		0,20	43,1	36,9	31	29,5	26,8	25,2
	2,00-2,83	0,01	34,5	29,4	25,8	24,7	23,9	23,5
		0,05	38,2	34	29,5	26,6	24,2	23,9
		0,10	44,2	39,9	33,4	29,4	26,2	25,4
		0,15	48,5	42,2	36,3	31	27	26,1
		0,20	51,5	43,3	37,2	35,4	28,4	27
>2,83	0,01	37,3	31,7	28,9	26,9	25,6	25,3	
	0,05	42,2	37,4	32,9	29,3	27,5	26,3	
	0,10	48,1	41,4	33,3	30,3	27,4	27,1	
	0,15	55,8	44,2	35,6	32	30,4	28,7	
	0,20	59,6	48	39,6	33,5	31,6	29,6	
Comercial	0,01	29,7	28,6	23,6	22,2	20,5	20,5	
	0,05	34,2	29,2	25,1	22,6	20,9	20,6	
	0,10	42,2	31,3	27,2	25	21,8	20,6	
	0,15	46,2	33,6	29,2	25,1	22,3	21,5	
	0,20	47,7	38,5	30,3	26,1	24,3	21,8	
Solo	-	-	28,2	26,2	23,6	22,2	20,4	20,3

Quadro 3A - Valores originais dos teores de umidade, dag kg^{-1} , das curvas de retenção de água para o solo de textura franco-argilo-arenosa, testemunha e demais tratamentos com Terracottem

Material	Concent. (dag kg^{-1})	Potencial matricial (-MPa)					
		0,01	0,03	0,1	0,3	1	1,5
Solo + Terracottem	0,01	18,5	15	12,7	11,2	10,1	9,7
	0,05	19,4	15,5	13,5	11	10	9,7
	0,10	21,8	17,9	15,2	11,1	10,5	9,8
	0,15	25,3	19,5	15,5	11,8	10,2	9,7
	0,20	28	19,7	16,4	12,1	10,2	9,8
Solo	-	15,7	14,2	11,7	11	9,8	9,7

Quadro 4A - Valores originais dos teores de umidade, dag kg^{-1} , das curvas de retenção para o solo de textura argilosa, testemunha e demais tratamentos com Terracottem

Material	Concent. (dag kg^{-1})	Potencial matricial (-MPa)					
		0,01	0,03	0,1	0,3	1	1,5
Solo + Terracottem	0,01	31,5	29,1	25,4	22,1	20,3	20,1
	0,05	32,8	30,3	26,5	22,3	20,3	20,2
	0,10	35,6	32,6	28	22,3	20,5	20,2
	0,15	40,1	34,7	31,2	22,2	20,6	20,3
	0,20	43,1	37,6	33	23,1	20,8	20,6
Solo	-	28,2	26,2	23,6	22,2	20,4	20,3

Quadro 5A - Valores originais dos teores de umidade, em dag kg^{-1} , das curvas de retenção de água para os polímeros puros Hidratassolo e Terracottem sem mistura com solos.

Produto	Classes Granulom. (mm)	Pressão (MPa)					
		0,01	0,03	0,1	0,3	1	1,5
Hidratassolo	<0,25	3423	2167	1310	920	695	586
	0,25-0,50	5301	3481	2658	1482	799	668
	0,50-1,0	6746	4702	2487	1632	1158	826
	1,0-2,0	7450	4811	3775	2847	1357	995
	2,0-2,83	8591	5413	4119	2994	1741	1226
	>2,83	9294	6691	5257	3746	3094	2658
	Comercial	8822	5252	4253	3336	2444	1717
Terracottem	Comercial	2462	1472	1037	793	537	498

Apêndice B – Valores dos coeficientes de ajuste do modelo potencial das curvas de retenção de água nos solos.

Quadro 1B – Valores dos coeficientes do modelo potencial, ajustados para as curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa, nas diferentes classes granulométricas e concentrações de Hidratassolo, e os respectivos valores de coeficiente de determinação (R^2)

Hidratassolo		Coeficientes do modelo potencial		R^2
Concentração (dag kg ⁻¹)	Classes Granulom. (mm)	angular	Expoente	
0,01	<0,25	9,87	-0,1	0,98
	0,25-0,50	9,83	-0,1089	0,98
	0,50-1,00	9,89	-0,1053	0,97
	1,00-2,00	10,13	-0,1	0,94
	2,00-2,83	10,36	-0,1254	0,97
	>2,83	9,79	-0,1377	0,99
	Comercial	10,86	-0,1043	0,82
0,05	<0,25	10,23	-0,0961	0,94
	0,25-0,50	10,36	-0,1010	0,93
	0,50-1,00	10,09	-0,1112	0,94
	1,00-2,00	9,91	-0,1342	0,98
	2,00-2,83	10,22	-0,1541	0,99
	>2,83	11,45	-0,1139	0,95
	Comercial	12,88	-0,0995	0,90
0,1	<0,25	10,06	-0,1236	0,91
	0,25-0,50	10,25	-0,1492	0,97
	0,50-1,00	11,24	-0,1187	0,93
	1,00-2,00	11,57	-0,1251	0,96
	2,00-2,83	10,03	-0,1867	0,99
	>2,83	13,14	-0,1167	0,89
	Comercial	13,08	-0,1651	0,84
0,15	<0,25	10,17	-0,1513	0,93
	0,25-0,50	10,45	-0,1701	0,98
	0,50-1,00	11,49	-0,1488	0,96
	1,00-2,00	12,20	-0,1450	0,99
	2,00-2,83	12,57	-0,1281	0,97
	>2,83	14,93	-0,1242	0,99
	Comercial	14,00	-0,1804	0,96
0,2	<0,25	10,30	-0,1757	0,93
	0,25-0,50	10,74	-0,1951	0,98
	0,50-1,00	13,05	-0,1562	0,98
	1,00-2,00	13,58	-0,1322	0,94
	2,00-2,83	13,43	-0,1622	0,99
	>2,83	15,88	-0,1247	0,99
	Comercial	16,71	-0,1548	0,89
0,0 (Testem.)	-	9,83	-0,0987	0,98

Quadro 2B – Valores dos coeficientes do modelo potencial ajustados para as curvas de retenção de água no solo de textura argilosa, nas diferentes classes granulométricas e concentrações de Hidratassolo, e os respectivos valores de coeficiente de determinação (R²)

Hidratassolo		Coeficientes do modelo potencial		R ²
Concentração (dag kg ⁻¹)	Classes Granulom. (mm)	angular	Expoente	
0,01	<0,25	20,64	-0,0694	0,99
	0,25-0,50	20,73	-0,0724	0,98
	0,50-1,00	20,95	-0,0717	0,96
	1,00-2,00	21,86	-0,0774	0,99
	2,00-2,83	23,37	-0,0716	0,90
	>2,83	25,29	-0,0733	0,94
	Comercial	20,57	-0,0806	0,96
0,05	<0,25	21,04	-0,0698	0,98
	0,25-0,50	20,86	-0,0738	0,99
	0,50-1,00	21,14	-0,0841	0,98
	1,00-2,00	21,87	-0,0835	0,98
	2,00-2,83	24,23	-0,0954	0,99
	>2,83	27,00	-0,0931	0,99
	Comercial	20,72	-0,1005	0,92
0,1	<0,25	20,94	-0,0894	0,98
	0,25-0,50	21,22	-0,0846	0,99
	0,50-1,00	22,36	-0,0861	0,95
	1,00-2,00	21,94	-0,0938	0,99
	2,00-2,83	26,17	-0,1140	0,99
	>2,83	27,21	-0,1160	0,97
	Comercial	21,31	-0,1302	0,95
0,15	<0,25	20,99	-0,0924	0,97
	0,25-0,50	22,80	-0,0940	0,97
	0,50-1,00	21,98	-0,1015	0,99
	1,00-2,00	21,89	-0,1106	0,98
	2,00-2,83	27,10	-0,1258	0,99
	>2,83	29,05	-0,1254	0,94
	Comercial	21,88	-0,1431	0,96
0,2	<0,25	20,95	-0,1048	0,98
	0,25-0,50	22,87	-0,1008	0,97
	0,50-1,00	23,31	-0,1128	0,98
	1,00-2,00	26,11	-0,1009	0,97
	2,00-2,83	28,74	-0,1236	0,98
	>2,83	30,35	-0,1350	0,97
	Comercial	22,93	-0,1487	0,97
0,0 (Testem.)	-	20,55	-0,0675	0,99

Quadro 3B – Valores dos coeficientes do modelo potencial ajustado para as curvas de retenção de água no solo de textura franco-argilo-arenosa nas diferentes concentrações de Terracottem, e os respectivos valores de coeficiente de determinação (R^2)

Produto	Concentração (dag kg ⁻¹)	Coeficientes do modelo potencial		R^2
		angular	Expoente	
Terracottem	0,01	9,92	-0,1247	0,98
	0,05	9,88	-0,1370	0,98
	0,10	10,16	-0,1620	0,97
	0,15	10,05	-0,1925	0,99
	0,20	10,12	-0,2068	0,98
Solo	-	9,83	-0,0987	0,98

Quadro 4B – Valores dos coeficientes do modelo potencial ajustado para as curvas de retenção de água no solo de textura argilosa, nas diferentes concentrações de Terracottem, e os respectivos valores de coeficiente de determinação (R^2)

Produto	Concentração (dag kg ⁻¹)	Coeficientes do modelo potencial		R^2
		angular	Expoente	
Terracottem	0,01	20,40	-0,0953	0,99
	0,05	20,52	-0,1045	0,98
	0,10	20,58	-0,1224	0,98
	0,15	20,69	-0,1459	0,96
	0,20	21,09	-0,1601	0,96
Solo	-	20,55	-0,0675	0,99