



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

ANA CAROLINA OLIVEIRA FERNANDES

**HIDROGEL E RETENÇÃO DE ÁGUA EM DOIS SOLOS CULTIVADOS COM
FEIJÃO-CAUPI E GIRASSOL**

FORTALEZA

2016

ANA CAROLINA OLIVEIRA FERNANDES

HIDROGEL E RETENÇÃO DE AGUA EM DOIS SOLOS CULTIVADOS COM FEIJÃO-
CAUPI E GIRASSOL

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do solo. Área de concentração: Manejo do Solo e Água.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Marcus Bezerra.
Coorientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Fernandes, Ana Carolina.

Hidrogel e retenção de água em dois solos cultivados com feijão-caupi e girassol / Ana Carolina Fernandes. – 2016.
55 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), Fortaleza, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Francisco Marcus da Silva Bezera.

Coorientação: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza.

1. polímeros. 2. armazenagem de água. 3. Latossolo Amarelo. 4. Argissolo Vermelho-Amarelo. I. Título.

CDD 631.4

ANA CAROLINA OLIVEIRA FERNANDES

HIDROGEL E RETENÇÃO DE AGUA EM DOIS SOLOS CULTIVADOS COM FEIJÃO-
CAUPI E GIRASSOL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação Ciências do Solo da Universidade
Federal do Ceará, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Ciência do solo..
Área de concentração: Manejo do solo e água.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Marcus Bezerra
Coorientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

Aprovado em: 29/08/2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Marcus Bezerra (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Jaedson Cláudio Anunciato Mota
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Cley Anderson Silva de Freitas
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A todos que estiveram comigo durante essa jornada, em especial, ao meu querido professor e amigo **Luciano da Silva Souza** pela paciência e dedicação.

OFEREÇO

A Deus.

À minha família, meus pais **Antônio** e **Elena**, meus irmãos **Paula** e **Rai**, minha querida tia **Gildasia**, em especial, ao meu companheiro e amigo **Wilson** e ao grande amor da minha vida **Arthur**.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por ter guiado meus passos nessa longa caminhada e por me mostrar a melhor maneira para superar os obstáculos, dando-me forças e iluminando-me, permitindo a conclusão de mais essa etapa em minha vida.

Aos meus pais Elena e Antonio, pelo apoio, incentivo, pela força, por não me deixar desistir nunca, pelo amor e dedicação, enfim por tudo o que sou.

A meus irmãos Paula e Raí pelo apoio e incentivo.

A toda minha família em especial a minha tia Gildasia por fazer parte da minha vida e sempre acreditar em mim.

Ao meu companheiro e amigo Wilson pelo incentivo constante e apoio incondicional, pelos momentos de angústia e felicidades divididos.

A Arthur o grande amor da minha vida, por me mostrar a mais grandiosa forma de amar.

A Milena pela confiança e por abraçar meu filho como se fosse seu.

Ao mestre e amigo Luciano Souza pelas, orientações, ensinamentos, dedicação, amizade e pelo exemplo de pessoa que és. Sou grata ao seu apoio e inspiração no amadurecimento dos meus conhecimentos e conceitos. Muito obrigado por todo aprendizado, que vai muito além dos conhecimentos científicos.

Ao professor Marcus Bezerra pela orientação e toda compreensão durante esse período

A UFRB e laboratório de Física do Solo por me receber e abrir as portas para que eu pudesse desenvolver meu trabalho.

A Vitor, Juliana, Ricardo e Taiano pela amizade e por serem peças-chaves na implantação e condução do trabalho.

Ao programa de pós-graduação em Ciência do solo, professores, alunos e funcionários em especial professor Assis e Levir pela dedicação.

Aos amigos conquistados nesta jornada, em especial a turma de mestrado Jardelson, Jaciane, Julia, Carla e Dimitri, pelas horas de estudos, companheirismo, e momentos que passamos juntos.

Regis, Bruno e Isabel sem palavras para descrever meu carinho por vocês levarei comigo eternamente cada momento.

A Julia e Italo meus queridos padrinhos por me abraçarem.

A Jordania por me receber quando cheguei em Fortaleza, no início do curso de mestrado e Edineide pelo carinho e amizade

Ao Conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por conceder a minha bolsa de estudos.

A todos que citei, agradeço por acreditarem no meu potencial, principalmente quando nem eu mais acreditava. E meu muito obrigada também aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para o meu sucesso.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas Graças a
Deus, não sou o que era antes”

(Marthin Luther King)

RESUMO

O uso de hidrogel tem contribuído satisfatoriamente no crescimento/desenvolvimento das plantas, ao promover eficiente sistema de armazenagem e liberação gradativa de água no solo. Ele tem sido utilizado com a finalidade de amenizar a irregularidade de fornecimento de água às plantas, podendo atuar em situações onde ocorrem períodos de longa estiagem com déficits hídricos. Nesse contêiner, o trabalho teve o objetivo de avaliar diferentes doses do polímero hidroabsorvente na retenção de água em dois solos e sua influência no desenvolvimento do feijão caupi e girassol. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, avaliando-se quatro doses de polímero (0,5, 1,0 e 1,5 g por kg de solo e a testemunha, sem o polímero) em Latossolo Amarelo Distrocoeso (LAdx) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) cultivados com feijão caupi e girassol. O hidrogel em pó foi misturado ao solo seco e colocado em vasos com volume de 7 dm³. As variáveis número de folha (NF), diâmetro caulinar (DM), altura de planta (AL), clorofilas A (CLA) e B (CLB) foram avaliadas ao fim do ciclo de 60 dias, juntamente com massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR). Após a colheita das plantas foi feita amostragem do solo nos vasos coletando amostras com estrutura indeformada e deformada usadas para a construção da curva de retenção de água e determinação da porosidade total, micro e macro porosidade e densidade do solo. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias referentes a solos, culturas foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); para as doses de hidrogel utilizou-se a análise de regressão. O uso do hidrogel em pó proporcionou melhor desenvolvimento das plantas de feijão caupi e girassol, pelo aumento da massa seca da parte aérea e da raiz e diâmetro caulinar, resultando em plantas de melhor qualidade com melhor aproveitamento da água. As doses de hidrogel utilizadas não influenciaram os atributos físicos avaliados (porosidade total, macro e microporosidade, densidade do solo e retenção de água nas tensões de 10 a 1.500 kPa. O aumento da umidade no solo em tensões abaixo de 1 kPa deixou a entender que o hidrogel retarda o processo de secamento do solo após a chuva ou irrigação, disponibilizando assim maior umidade para as plantas em tensões próximas à saturação.

Palavras chaves: Polímeros. Armazenagem de água. Latossolo Amarelo. Argissolo Vermelho-Amarelo.

ABSTRACT

The use of hydrogel has contributed satisfactorily the growth / development of the plants by promoting efficient storage and slow release of water in the soil. It has been used in order to mitigate the irregularity of water supply to plants, can act in situations where there are periods of long drought with water deficits. In this context, the work was to evaluate different doses of the hydrogel polymer in water retention in soils and its influence on the development of cowpea beans and sunflower. The experiment was conducted in a completely randomized design with three replications, evaluating four polymer doses (0.5, 1.0 and 1.5 g per kg of soil and control, without the polymer) in Latossolo Amarelo Distrocoeso (LA) and Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) cultivated with cowpea and sunflower. The hydrogel powder was mixed with dry soil and placed in pots with a volume of 7 dm³. The foil number variables (NF), stem diameter (DM), plant height (AL), chlorophyll a (CLA) and B (CLB) were evaluated at the end of the 60 day cycle, along with the dry weight of aerial part (MSPA) and root dry weight (MSR). After harvesting of the plants was sampled soil in pots collecting samples with undeformed and deformed structure used for the construction of the water retention curve and determination of porosity, micro and macro porosity and bulk density. The data were submitted to analysis of variance. The averages related to soils, crops were compared by Tukey test ($p < 0.05$); for hydrogel doses used the regression analysis. The use of hydrogel powder enhanced growth of cowpea bean and sunflower, by increasing the dry weight of shoot and root and stem diameter, resulting in better quality plants with better use of water. hydrogel doses used did not affect the evaluated attributes (total porosity, macro and microporosity, bulk density and water retention tensions 10-1500 kPa. The increased moisture in the soil at voltages below 1 kPa left to understand that the hydrogel slows the process of drying soil after rain or irrigation, thus providing higher moisture to the plants near the saturation voltage.

Key words: Polymers. Water storage. Latossolo Amarelo. Argissolo Vermelho-Amarelo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Câmara de Richards	21
Figura 2	– Baldes usados no experimento	31
Figura 3	– Hidrogel utilizado	31
Figura 4	– Amostragem do solo no vaso	31
Figura 5	– Altura, diâmetro e teor de clorofila das plantas	33
Figura 6	– Curvas características de retenção de água no Latossolo Amarelo Distrocoeso e Argissolo Vermelho-Amarelo misturados com o polímero hidroabsorvente, em diferentes concentrações.	36
Figura 7	– Porosidade total, macro e microporosidade no Latossolo Amarelo Distrocoeso e Argissolo Vermelho-Amarelo misturados com o polímero hidroabsorvente, em diferentes concentrações.	38
Figura 8	- Densidade do solo no Latossolo Amarelo Distrocoeso e Argissolo Vermelho-Amarelo misturados com o polímero hidroabsorvente, em diferentes concentrações.	39
Figura 9	– Massa seca da parte aérea para a variável solo em relação às doses de hidrogel testadas aos 60 dias após o início da emergência.	40
Figura 10	– Número de folhas por planta das culturas de feijão e girassol para as doses de hidrogel testadas aos 60 dias após o início da emergência.	41
Figura 11	– Massa seca de raiz para os dois solos avaliados e para as doses de hidrogel testadas, aos 60 dias após o início da emergência	42
Figura 12	– Diâmetro caulinar para os dois solos avaliados e para as doses de hidrogel testadas, aos 60 dias após o início da emergência.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Análise granulométrica dos solos usados no experimento	35
Tabela 2	Análise de variância da variáveis do solo avaliadas	35
Tabela 3	– Análise de variância para as característica biométricas e fisiológicas das plantas avaliadas para as diferentes doses de hidrogel	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Armazenagem de agua no solo.....	15
2.3	Atributos físicos do solo.....	16
2.3.1	<i>Granulometria</i>	16
2.3.2	<i>Estrutura do solo</i>	17
2.3.3	<i>Densidade do solo</i>	18
2.3.4	<i>Porosidade total, macro e microporosidade</i>	18
2.4	Curva característica da agua no solo.....	19
2.5	Polímeros hidroabsorventes	21
2.6	Polímeros hidroabsorventes e armazenagem de agua no solo.....	24
2.7	Feijão caupi.....	25
2.8	Girassol.....	27
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1	Localização e caracterização da aérea	30
3.2	Instalação do experimento.....	30
3.3	Amostragem do solo no vaso.....	31
3.4	Determinação dos atributos físicos do solo.....	32
3.4.1	<i>Densidade do solo</i>	32
3.4.2	<i>Porosidade tota, macro e microporosidades</i>	32
3.4.3	<i>Curva característica de agua no solo</i>	32
3.5	Análise biométrica e fisiológica das plantas.....	32
3.5.1	<i>Altura de plantas</i>	33
3.5.2	<i>Diâmetro caulinar</i>	33
3.5.3	<i>Número de folhas</i>	33
3.5.4	<i>Matéria seca de parte aérea e raiz</i>	33
3.5.5	<i>Estimativa dos valores clorofila</i>	34
3.6	Análise Estatística.....	34
4	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	35
4.1	Análise granulométrica	35
4.2	Variáveis do solo	35

4.3	Desenvolvimento vegetal	39
5	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro tem área de aproximadamente 1.600.000 km², sendo que 62% de suas terras (aproximadamente 980.000 km²) formam a região semiárida. O semiárido é caracterizado por períodos críticos de déficit hídrico representado por grande variabilidade temporal e espacial da precipitação pluvial, com baixos níveis pluviométricos (em torno de 350 a 700 mm ano⁻¹) e elevadas temperaturas (média de 28 °C), além de alta demanda atmosférica (pode ultrapassar os 1.800 mm ano⁻¹).

No semiárido nordestino, a água é o fator mais limitante à obtenção de elevadas produtividades agrícolas. Além disso, a má distribuição das chuvas no tempo e no espaço, associada à sua alta intensidade e curta duração, resulta em riscos de perda de solo e água por erosão.

O déficit hídrico afeta diretamente o desenvolvimento das plantas, reduzindo significativamente a produtividade agrícola. Assim, a armazenagem e a conservação da água no solo são aspectos de grande relevância para a produção agrícola, pois, além de ser uma alternativa para incrementar a produção de alimentos em nível mundial, contribui para a preservação dos recursos naturais. Logo, a busca de tecnologias e informações que contribuam para adequado manejo do solo e da água torna-se necessário.

Diversas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de encontrar alternativas que possibilitem incrementar a capacidade de armazenagem e retenção de água em solo com disponibilidade limitada de água. Uma das alternativas utilizadas diz respeito ao uso de polímeros agrícolas superabsorventes, também chamados hidrogéis, com capacidade de armazenar muitas vezes mais água que sua própria massa, liberando a água gradativamente para as plantas e possibilitando, assim, maiores intervalos entre irrigações. Esses polímeros são utilizados principalmente na produção de hortaliças, culturas anuais, flores, gramados e essências florestais com destaque para a produção de mudas, visando aumentar a disponibilidade de água no solo para as plantas.

Inicialmente utilizados como alternativa de produção para as regiões de clima árido ou semiárido, a aplicação de polímeros tornou-se conhecida e diversificou-se em diferentes partes do planeta. A maior parte das pesquisas realizadas mostrou-se favorável ao seu emprego nos solos agrícolas apresentando, como principal fator de convergência, a maior disponibilidade de água, minimizando os efeitos de possíveis veranicos na fase de implantação das culturas.

Portanto, o uso de hidrogel pode ter efeito positivo sobre atributos físico-hídricos do solo, melhorando a armazenagem, dinâmica e retenção de água, e possibilitando assim, incremento de produtividade de culturas como o feijão caupi e o girassol, principalmente se elas forem submetidas a déficit hídrico.

Portanto, considerando que o hidrogel tem a capacidade de reter conteúdo de água de até 400 vezes sua massa, admite-se a hipótese de que, em mistura com o solo, esse condicionador pode ter reduzida essa sua capacidade de reter água mas, mesmo assim, pode ter efeito positivo sobre atributos físico-hídricos do solo, melhorando a armazenagem, dinâmica e retenção de água, e possibilitando, assim, incremento de produtividade de culturas como o feijão caupi e o girassol, principalmente se elas forem submetidas a déficit hídrico.

Desse modo, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes doses de polímero hidroabsorvente (hidrogel) na retenção de água em dois solos e sua influência no desenvolvimento do feijão caupi e girassol.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Armazenagem de água no solo

A água é uma das mais importantes substâncias da crosta terrestre pois sem ela não seria possível a vida como se conhece (REICHARDT, 1985), sendo o solo o armazenador e fornecedor de água e nutrientes às plantas. Por fenômenos de adsorção e capilaridade, ele retém, entre uma chuva e outra, a umidade que as plantas necessitam. Dependendo do conteúdo de água no solo, as plantas terão maior ou menor facilidade em extrair água e, portanto, de atender às suas necessidades.

Para crescer adequadamente, a planta precisa contar com as reservas de água contida no solo, mas a demanda por evaporação para a atmosfera é praticamente constante, e os processos que adicionam água ao solo, como a chuva, geralmente ocorrem irregularmente (REICHARDT, 1985).

O solo é composto basicamente de duas partes: uma sólida, que seria a matriz do solo, e a parte não ocupada pelos sólidos, denominado de espaço poroso ou poros do solo. Os espaços porosos são ocupados por quantidades variáveis dessa solução aquosa denominada de água no solo e de uma solução gasosa denominada de ar no solo (LIBARDI, 2010).

À medida que o solo seca, torna-se mais difícil às plantas absorverem água. Isso porque vai aumentando a força de retenção, enquanto diminui a disponibilidade hídrica no solo. Por isso, nem toda água que o solo consegue armazenar está disponível às plantas.

Por isso se utiliza cada vez mais a idéia de potencial de água no solo, que tem significado físico consistente e está relacionado ao estado energético da água no solo. Esse potencial exprime o estado energético da água no solo e resulta de dois componentes principais: o potencial mátrico, resultante da adsorção e da capilaridade pela matriz do solo, e o potencial gravitacional, resultante da ação do campo gravitacional da Terra (GONÇALVES, 1994).

O potencial total da água no solo (ϕ_t) é a somatória de cinco potenciais: térmico, pressão (ϕ_p), gravitacional (ϕ_g), osmótico (ϕ_{os}) e mátrico (ϕ_m). Porém, devido às pequenas variações de temperatura que ocorrem no sistema solo-planta-atmosfera, o potencial térmico torna-se muitas vezes variações desprezíveis. Então, a equação pode ser descrita para a água do solo da seguinte forma (REICHARDT, 1985; CAMPBELL, 1988; LIBARDI, 2010):

$$\phi_t = \phi_p + \phi_g + \phi_{os} + \phi_m$$

em que:

ϕ_p : aparece toda vez que a pressão que atua sobre a água do solo é diferente da pressão P_0 que atua sobre a água padrão. E tem importância relevante quando principalmente quando se considera os ensaios com placas de pressão.

ϕ_g : aparece devido à presença do campo gravitacional terrestre. É o potencial de maior importância em solos saturados ou próximos da saturação e está sempre presente.

ϕ_{os} : aparece pelo fato de a água no solo ser uma solução de sais minerais e outros solutos e a água padrão ser pura.

ϕ_m : também denominado de potencial capilar, tensão da água no solo, sucção ou pressão negativa é a somatória de todos os outros trabalhos que envolvem a interação entre a matriz do solo e a água, como as forças capilares e de adsorção.

Com esses conceitos, pode-se ter outra idéia dos limites de disponibilidade hídrica do solo. Ele estará em capacidade de campo quando o potencial mátrico (devido à retenção pela matriz do solo) equilibra o potencial gerado pelo campo gravitacional. Arbitrariamente, geralmente assume-se que a capacidade de campo ocorre quando o potencial mátrico é de -33 kPa para solos argilosos e -10 kPa para solos arenosos, e que o ponto de murchamento permanente corresponde a um potencial mátrico de -1500 kPa (REICHARDT e TIMM, 2004).

Tradicionalmente, a capacidade de campo (CC) e o ponto de murchamento permanente (PMP) são considerados como os limites máximo e mínimo, respectivamente, de água disponível. A partir desses limites pode-se determinar a capacidade de armazenagem de água disponível no solo, considerando a profundidade do sistema radicular (BERGAMASCHI *et al.*, 1992).

2.3 Atributos físicos do solo

Como o hidrogel tem influência direta na retenção e disponibilidade de água para as plantas, a seguir serão abordados os principais atributos físico-hídricos relacionados com essas propriedades.

2.3.1 Granulometria

A granulometria do solo refere-se à distribuição do tamanho das partículas no solo. A escala de tamanho varia enormemente, desde partículas grandes (areia), visíveis a olho nu, até

partículas muito pequenas (argila), que apresentam propriedades coloidais. O tamanho das partículas é de grande importância, pois determina o número de partículas por unidade de volume ou de massa e a superfície que essas partículas expõem.

A distribuição percentual da argila, silte e areia é considerada, segundo Tavares Filho e Magalhães (2008), a característica física mais estável do solo e sua correlação com a superfície específica torna-a uma das propriedades mais importantes do solo.

O conhecimento sobre a distribuição granulométrica das partículas sólidas do solo é essencial para várias aplicações, como na análise da qualidade do solo, estudo sobre compactação e movimentação da água no solo, da disponibilidade de água, da aeração e da condutividade do solo ao ar, à água e ao calor (PREVEDELLO, 1996; SILVA *et al.*, 2011).

Dentre os vários fatores que afetam a retenção de água no solo, o principal é a telura do solo (RIQUELME, 2004), pois ela determina a área de contato entre a água e as partículas sólidas, ocasionando ainda a acomodação das partículas e a distribuição de poros por tamanho. Beutler *et al.* (2002), estudando a retenção de água em solos com diferentes manejos, observaram que as frações granulométricas mais finas dos solos foram aquelas que mais influenciaram na retenção de água, promovendo ainda a acomodação das partículas e a distribuição de poros por tamanho.

2.3.2 Estrutura do solo

A estrutura do solo também influencia a retenção de água, pois, como consequência do arranjo das partículas, determina a distribuição de poros por tamanho (REICHARDT, 1990).

A influência da estrutura do solo na retenção de água é mais acentuada quando a água está retida a baixos valores de tensão pois, nessa faixa, o potencial mátrico depende mais de fenômenos capilares do que de forças adsorptivas; nesse caso, a geometria dos poros assume grande importância. Para elevados valores de tensão as forças adsorptivas são mais atuantes, sendo o potencial mátrico mais influenciado pela telura e superfície específica do solo (HILLEL, 1970; REICHARDT, 1975).

A estrutura do solo não influencia diretamente as plantas, e sim por meio de um ou mais fatores como aeração, compactidade, temperatura e relação com a água no solo (GAVANDE, 1976). Existem alterações estacionais da estrutura do solo como consequência de práticas de manejo, crescimento das plantas, irrigação e chuva. Então, ao contrário do que ocorre com a telura do solo, que é uma característica

permanente, a estrutura tem um caráter dinâmico, alterando-se de acordo com as mudanças nas condições naturais (PERAZA, 2003).

A estrutura do solo é uma propriedade difícil de caracterizar-se, embora se perceba sua importância, já que determina a porosidade total como também a forma e o tamanho dos poros do solo, influenciando, portanto, na retenção de água no solo.

2.3.3 Densidade do solo

A densidade do solo representa a relação entre a massa dos sólidos do solo e o volume do solo que essa massa ocupa, ou seja, o volume do solo incluindo o espaço ocupado pelo ar e pela água.

Segundo Reichert e Reinert (2006), os valores normais de densidade para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 kg dm⁻³, enquanto que os solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1,7 kg dm⁻³. Valores de densidade do solo associados ao estado de compactação, com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular, situam-se em torno de 1,65 kg dm⁻³ para solos arenosos e 1,45 kg dm⁻³ para solos argilosos.

Reichardt e Timm (2004) salientam ainda que a densidade do solo é um índice do grau de compactação de um solo. Como o solo é um material poroso, por compressão a mesma massa de material sólido pode ocupar volume menor. Isso afeta a sua estrutura, o arranjo, o volume dos poros e as características de retenção de água.

2.3.4 Porosidade total, macro e microporosidade

A porosidade é a fração volumétrica do solo ocupada por ar e, ou, água, representando o espaço em que ocorrem os processos dinâmicos dessas duas fases do solo (HILLEL, 1970). A distribuição do diâmetro dos poros condiciona o seu comportamento físico-hídrico. O estudo da porosidade é, portanto, uma das maneiras de caracterizar e quantificar o comportamento do solo (GUERIF, 1987).

Inúmeras classificações do diâmetro de poros são citadas na literatura, destacando-se uma forma mais simplificada que separa os poros em duas classes: macroporos, quando os poros têm diâmetro maior do que 0,05 mm, e microporos, quando os poros são menores do que 0,05 mm, como a proposta por Ferreira (2010), enquanto Brady e Weil (2013) consideram o limite de 0,08 mm para separar os macro e os microporos.

Os macroporos se formam entre os agregados e são importantes por favorecer a

redistribuição de água, permitindo a drenagem, e por influenciar na aeração do solo, permitindo as trocas gasosas (PREVEDELLO, 1996), além de acomodar as raízes das plantas. Os microporos geralmente ficam dentro dos agregados, retêm água disponível para as plantas, como uma esponja, e fornecem abrigo para as bactérias (BENITES *et al.*, 2005). Nos microporos não há movimento da água por gravidade, sendo ela retida a tensões cada vez maiores, à medida que diminui o diâmetro dos poros, chegando a ser, a partir de determinados valores, indisponível para a maioria das plantas (RESENDE *et al.*, 2002; OLIVEIRA, 2005).

Na agricultura, a porosidade regula as relações entre as fases sólida, líquida e gasosa dos solos. Qualquer alteração na porosidade do solo, quer natural, quer antrópica, serve para modificar a armazenagem da água, o movimento da água e do ar do solo e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (GROHMANN, 1975; KIEHL, 1979). Portanto, a caracterização do sistema poroso é importante no estudo da estrutura do solo e na investigação da armazenagem e do movimento da água e de gases (GROHMANN, 1975).

2.4 Curva característica de retenção da água no solo

Dentre os atributos físico-hídricos do solo relacionados à armazenagem de água no solo e ao desenvolvimento das plantas inclui-se a curva de retenção de água no solo (CRA). Ela expressa a relação entre o potencial mátrico e a umidade do solo (NASCIMENTO *et al.*, 2010), sendo uma característica específica de cada solo (BEUTLER *et al.*, 2002).

Segundo Righes *et al.* (1983), a CRA permite calcular a quantidade de água que um solo pode reter dentro de determinados limites de potenciais mátricos. Deve-se conhecer toda a CRA para poder interpretar as características de armazenagem de água no solo em relação às necessidades hídricas de determinado cultivo.

O solo saturado, em equilíbrio com a água e sob pressão atmosférica, ao ser submetido a uma força de sucção terá parte de sua água drenada e parte dos poros ocupados pelo ar. Com aumentos gradativos de sucção poros menores perderão água e ocorrerá entrada de mais ar, o que diminuirá a espessura da película de água envolvente das partículas e aumentará a força de adsorção, exigindo cada vez maiores sucções para retirar a água (DELAER, 2004a; TAVARES; FELICIANO; VAZ, 2008).

O atributo CRA é um importante indicador de qualidade física do solo e está diretamente relacionado com o desenvolvimento das plantas (SILVA *et al.*, 2010; DEBNATH *et al.*, 2012), e pode estar associado a variações de volume com o molhamento e secamento,

tendo importância enorme para caracterização dos solos. É possível estimar outros atributos do solo, como, por exemplo, a porosidade, capacidade de campo (CC), ponto de murchamento permanente (PMP), água disponível (AD), condutividade hidráulica não-saturada, balanço hídrico, determinando-se a variabilidade de armazenagem de água no solo (COSTA *et al* ; 2008; SÁ *et al.*, 2010; REZAAEE *et al* , 2011).

A CRA é uma das ferramentas para vários estudos como o balanço de água no solo, a disponibilidade de água para as plantas, a dinâmica da água e solutos no solo, a infiltração e redistribuição e o manejo de irrigação. Essa ferramenta pode fornecer tanto o momento quanto a quantidade de água a aplicar para um manejo correto e adequado de irrigação. A partir dela podem-se obter, também, os valores de umidade correspondentes à CC e ao PMP para cada profundidade do solo, sendo que a diferença de umidade entre CC e PMP é definida como a capacidade de água disponível (CAD) de um solo a uma dada profundidade (BARRETO *et al.*, 2011).

A CC é a capacidade máxima (ou armazenagem máximo) que um solo apresenta de reter água em seus poros contra a ação da gravidade. Sendo a drenagem um processo dinâmico, a CC varia tanto no espaço quanto no tempo. Essas variações, bem como as iniciais de contorno durante a medida em um perfil de solo, resultam em valores bem distintos de CC. Por isso, existe muita controvérsia em torno das definições de CC baseadas em valores determinados de potencial mátrico, como -6, -10 e -33 kPa, pois cada valor apresenta limitações e é mais apropriado para cada tipo de solo. A água armazenada pelo solo na CC não é igualmente disponível em todas as faixas de umidade do solo, pois quando o fluxo de água no solo não atende mais à demanda atmosférica, a planta entra em murchamento (SCHWANTES, 2013).

O PMP é a umidade no solo abaixo da qual a planta não consegue elair água do solo na mesma intensidade em que ela transpira ou o limite mínimo da água armazenada no solo que poderá ser utilizada pelas plantas (REICHARDT, 1987; REICHARDT; TIMM, 2012).

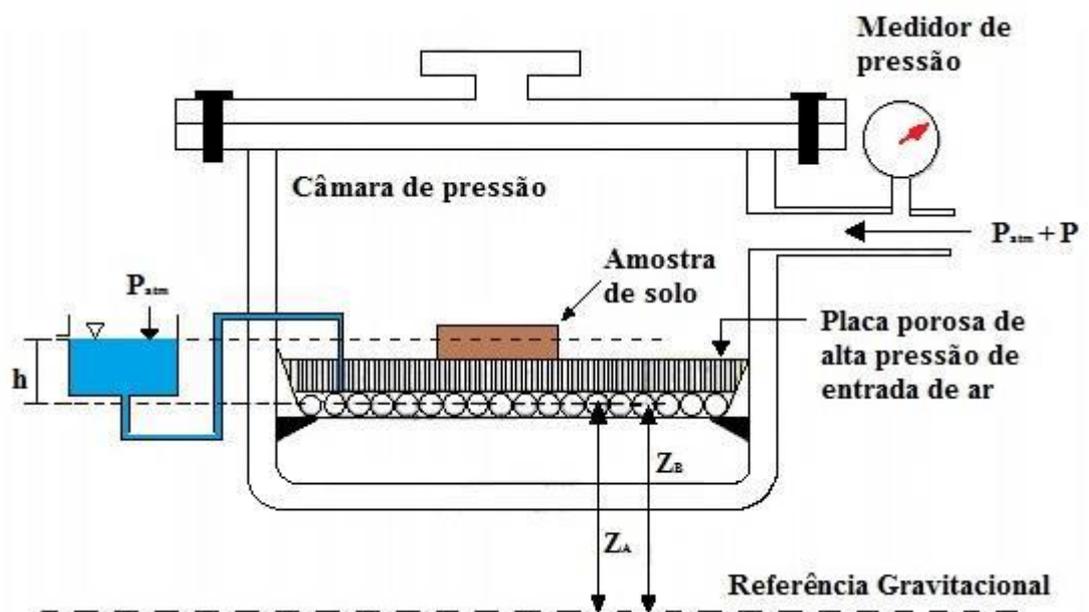
De acordo com Moraes (1991), a curva de retenção é um atributo físico-hídrico de difícil caracterização, especialmente pelo tempo que se consome nas análises. Essa curva representa a relação entre a umidade do solo (com base em massa ou volume) e o potencial mátrico correspondente e é importante em estudos que tratam de água no solo. A retenção de água no solo depende do tamanho e distribuição de suas partículas, do seu arranjo, do teor de matéria orgânica e da composição da solução do solo (COOPER, 1999; MORAES,

1991).

A curva de retenção é influenciada pela textura do solo, de forma que, quanto maior for o conteúdo de argila, maior será, em geral, o teor de água retido sob dado potencial mátrico e menor será a inclinação da curva devido à distribuição mais uniforme dos poros por tamanho. Em solos arenosos, normalmente os poros são maiores, sendo mais rapidamente esvaziados a baixas tensões, restando pequenas quantidades de água retidas a altas tensões, o que explica a inclinação acentuada da curva de retenção de água (HILLEL, 1982).

Entre as metodologias para determinação da CRA, uma das mais utilizadas é o tradicional princípio da placa de pressão ou câmara de Richards. A câmara de Richards é um equipamento que consiste numa câmara de pressão hermeticamente fechada (Figura 1).

Figura 1. Câmara de Richards



Fonte: SILVA, 2005

Na metodologia da câmara de Richards a extração da água ocorre por diferença de potencial entre a placa porosa e a amostra de solo. O fluxo de água é exponencialmente reduzido quando o potencial mátrico torna-se mais negativo, o que faz ser gasto tempo muito longo para atingir o equilíbrio da umidade na amostra (NASCIMENTO, 2009).

2.4 Polímeros hidroabsorventes

Os polímeros agrícolas hidroabsorventes, também chamados de hidrogéis, são

condicionadores de solo utilizados para melhorar os atributos físicos dos solos, no que se refere ao aumento de sua capacidade de armazenagem de água e maior disponibilidade da mesma para as plantas (TITTONELL *et al.*, 2002).

Os hidrogéis podem ser definidos como estruturas tridimensionais formadas a partir de macromoléculas ou polímeros hidrofílicos entrecruzados para manter sua estrutura e permitir absorção de grandes quantidades de água, sem sofrer a dissolução (PAL *et al.*, 2009; FAN *et al.*, 2013).

Os primeiros polímeros condicionadores de solos surgiram nos anos 1950, dentre os quais o Krilium, polímero orgânico sintético com uso direcionado para a melhoria da estrutura de solos e controle da erosão. Contudo, o uso comercial desses produtos não teve sucesso, visto que os mesmos apresentavam baixa capacidade para absorver água e curta vida útil, por serem bastante atacados por microorganismos do solo (WALLACE e WALLACE, 1986, citado por RESENDE, 2000).

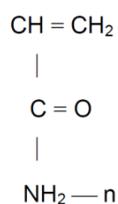
Pesquisas foram desenvolvidas em diversas partes do mundo, culminando, no início dos anos 1980, com o surgimento de nova geração de polímeros e copolímeros à base de acrilamida, caracterizados por apresentar elevada absorção hídrica e longa vida útil. Devido à sua habilidade de absorver centenas de vezes a sua própria massa em água, esses polímeros agrícolas têm sido utilizados, principalmente, na produção de hortaliças, flores, gramados e essências florestais com ênfase na produção de mudas, visando aumentar a disponibilidade de água no solo para as plantas (AZEVEDO, 2000). Segundo Azevedo *et al.* (2002), os polímeros hidroabsorventes funcionam como alternativa para situações em que não haja ou seja baixa a disponibilidade de água no solo, circunstâncias de déficit hídrico ou em longos períodos de estiagem, ocasiões em que o baixo conteúdo de água no solo afeta, de forma negativa, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Os hidrogéis podem ser de origem natural (derivados do amido) ou sintéticos (derivados do petróleo) (BALENA, 1998; LANDIS ; HAASE, 2012). Os mais usados são os polímeros sintéticos propenamidas (originalmente denominados poliacrilamida ou PAM) e os co-polímeros propenamida-propenoato (originalmente conhecidos como poliacrilamida-acrilato ou PAA) (TERRACOTTEM, 1998; LANDIS ; HAASE, 2012).

As poliacrilamidas não são degradadas biologicamente e, uma vez aplicadas no solo, sofrem paulatina degradação ou dissociação por ação do cultivo, dos raios ultravioletas do sol e um contínuo fracionamento por meio dos implementos agrícolas (SZMIDT e GRAHAM,

1991). O hidrogel agrícola de poliacrilamida é um produto sintético, derivado de petróleo, sendo o dióxido de carbono, a água e o amoníaco os produtos finais da dissociação, não existindo, portanto, nenhum problema relacionado à contaminação ambiental (AZEVEDO *et al.*, 2002; AZEVEDO *et al.*, 2006).

Os polímeros de poliacrilamida (PAM), formados por monômeros de acrilamida, apresentam a seguinte estruturação química (BARVENIK, 1994):



A absorção de água no interior da cadeia polimérica do hidrogel refere-se à hidrofilicidade das cadeias. Nos primeiros estágios de hidratação do hidrogel a água fica irreversivelmente confinada por uma ligação forte nas moléculas mais polares da estrutura polimérica. Com a hidratação destas primeiras moléculas ocorre aumento da estrutura polimérica, ficando as moléculas mais hidrofóbicas expostas à água (SABADINI, 2015). A expansão e hidratação dos grupos no interior da molécula levam ao aparecimento de interação mais fraca entre as moléculas de água (DAS, 2013). Além destes dois tipos de interação de água no interior do hidrogel, ocorre ainda um terceiro fenômeno da difusão osmótica entre as cadeias.

Como relata Balena (1998), os polímeros agrícolas hidrorretentores, quanto à sua estrutura, se caracterizam pela capacidade de reter água por meio de fraca ligação de hidrogênio (H-H) e forte força de Van Der Waals (intramolecular).

Esses polímeros são um arranjo de moléculas orgânicas que, quando secos, apresentam forma granular e quebradiça; ao serem hidratados transformam-se em gel, cuja forma macia e elástica possibilita absorver cerca de quatrocentas vezes sua massa em água (FONTENO ; BILDERBACK, 1993).

A absorção de água em cada molécula do polímero é um processo químico, em que a água é absorvida e retida pelo produto devido à repulsão eletrostática que ocorre entre as cargas na estrutura do polímero e o mesmo se torna um gel (VARENNES *et al.*, 1997). A água pode ser retirada do gel por diferença de potencial promovida pela absorção de água pelas raízes de plantas ou por evaporação atmosférica, havendo, nesses casos, redução gradual do

tamanho do gel (JOHNSON, 1984). Essas propriedades tornam os polímeros capazes para serem aplicados em diferentes tipos de solo, em diferentes condições ambientais e para diferentes espécies de plantas (COTTHEM, 1988).

A necessidade de otimizar a produção tem estimulado pesquisadores a buscar técnicas alternativas para melhoria da produtividade e redução de custos. Nesse contexto, os polímeros hidroabsorventes podem atuar como reguladores da disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade local e minimizando os riscos e os custos de produção (MENDONÇA *et al.*, 2013). Devido a isso, sua utilização na agricultura brasileira tem crescido nos últimos anos, principalmente na silvicultura, fruticultura, agricultura e na composição de substratos para produção de mudas (AZEVEDO *et al.*, 2000; AZEVEDO *et al.*, 2006).

Porém, Hafleet *et al.* (2008) afirmaram que um fator limitante ao uso desses polímeros é o seu custo, ainda bastante elevado, o que pode ser minimizado pela obtenção de resultados positivos com doses bastante baixas; essas pequenas doses podem trazer a melhoria das condições de retenção de água e nutrientes no substrato, propiciando alternativa na produção de mudas, com menores custos.

A adição dessa substância ao solo contribui para a germinação de sementes, desenvolvimento do sistema radicular, crescimento e desenvolvimento das plantas, redução das perdas de água de irrigação por percolação, além de redução das perdas de nutrientes por lixiviação (HENDERSON ; HENSLEY, 1986).

Nesse sentido, os polímeros sintéticos são recomendados para uso agrícola como condicionador de solo, proporcionando-lhe melhoria em atributos físico-hídricos como porosidade, densidade do solo (AZEVEDO *et al.*; 2002; EKEBAFE *et al.*, 2011) e capacidade de retenção de água (SILVA ; TOSCANI ,2000).

2.5 Polímeros hidroabsorventes e armazenagem de água no solo

Os condicionadores hidrorretentores servem como reservatórios de água no solo, aumentando a quantidade de água que as plantas poderão utilizar eventualmente. Eles são particularmente relevantes para solos de regiões áridas e semiáridas, pois promovem o uso eficiente da água e o estabelecimento da vegetação, que é facilitado pela sua influência na agregação do solo, infiltração, retenção e permeabilidade à água e ao ar (SAMPAT, 1973).

Durante os últimos 20 anos foram realizadas inúmeras pesquisas sobre o efeito desses condicionadores no desenvolvimento das culturas e na conservação da água no solo. Alguns trabalhos apresentaram resultados semelhantes, enquanto outros divergiram. Isso pode ser explicado pelo fato de os estudos terem sido conduzidos sob situações diversas, tanto no que diz respeito ao clima e meios porosos, quanto aos polímeros e métodos utilizados (BALENA, 1998).

A literatura apresenta vários trabalhos que mostram os benefícios dos polímeros hidroabsorventes em atributos físico-hídricos dos meios porosos. Azevedo *et al.* (2002) concluíram que grande parte dos trabalhos evidenciou as propriedades dos hidrogéis como condicionadores de solo, proporcionando-lhe melhoria em atributos físicos e hidráulicos.

Segundo Albuquerque Filho *et al.* (2009), esses compostos podem melhorar ou incrementar certos atributos do solo como porosidade e capacidade de armazenagem de água. De acordo com Prevedello e Balena (2000), a adição do polímero hidrorretentor, na concentração de 32 kg m^{-3} , pode até duplicar a capacidade de retenção de água em solos argilosos, e aumentar em até 7,5 vezes essa capacidade em solos arenosos. Desse modo, os polímeros hidrorretentores constituem uma forma de minimizar os problemas associados à baixa produtividade, geralmente provocada pela disponibilidade irregular ou deficitária de água e má estruturação do solo (FONTENO e BILDERBACK, 1993).

O trabalho de Harbiet *et al.* (1999), sobre a eficiência de um polímero hidrofílico (Brodleaf P4®) no desenvolvimento de mudas de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivadas em recipientes contendo solo franco-arenoso, mostrou que doses crescentes do produto, além de corresponder a aumentos significativos na capacidade de retenção de água do solo, causaram redução de sua densidade.

Avaliando-se a influência da concentração de um polímero hidrorretentor (0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 g kg^{-1}) nas características de retenção de água de um latossolo Vermelho-Amarelo, telaura franco-argiloarenosa, e um Argissolo Vermelho-Amarelo câmbico, telaura argilosa, Oliveira, *et al.* (2004) concluíram que a retenção de água foi maior à medida que se aumentou a concentração do polímero na mistura, para os dois solos. Na concentração de $0,20 \text{ g kg}^{-1}$, aumentou em 123% e 135% a disponibilidade de água no solo franco-argiloarenoso e argiloso, respectivamente.

2.6 Feijão caupi

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa de ampla distribuição

mundial, estando presente principalmente nas regiões tropicais do globo, que têm características edafoclimáticas semelhantes às do seu provável berço de origem, a África. A FAO (2004) estima que, no ano de 2003, foram cultivados no mundo cerca de 9,82 milhões de hectares de feijão caupi, sendo que aproximadamente 9,44 milhões de hectares foram cultivados na África.

É uma das culturas mais importantes das regiões Norte e Nordeste do Brasil, por desempenhar papel fundamental no contêlao socioeconômico das famílias de baixa renda que vivem nessas regiões, alcançando de 95 a 100% do total das áreas plantadas nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (SANTOS *et al.*, 2000; SOUZA, 2005). Fornece alimento de alto valor nutritivo, por apresentar alto conteúdo protéico, além de participar da geração de emprego e renda. Suas sementes são fontes de proteínas, aminoácidos, tiamina e niacina, além de fibras dietéticas (SOUZA, 2005).

Em função do seu valor nutritivo, o feijão-caupi é cultivado, principalmente, para a produção de grãos secos e verdes, sendo consumido *in natura*, na forma de conserva ou desidratado; também é utilizado como adubo verde e na alimentação animal, como forragem e ensilagem ou feno (FREIRE FILHO *et al.*, 2005).

As condições edafoclimáticas exigidas pela cultura incluem um mínimo de precipitação de 300 mm, bem distribuída durante o seu ciclo, para que produza a contento sem a necessidade de utilização da irrigação, e faixa de temperatura entre 18 a 34 °C, podendo ser cultivado em quase todos os tipos de solos, merecendo destaque os Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Flúvicos. Por ser uma planta C3, satura-se fotossinteticamente a intensidades de luz relativamente baixas, em torno de 10.000 e 40.000 lux (CARDOSO, 2000).

A deficiência hídrica causada pelos veranicos é condição comum no Nordeste do País, sendo um dos fatores que comumente reduzem a produtividade do feijão caupi (MENDES *et al.*, 2007). O requerimento de água por essa cultura é variável com o seu estágio de desenvolvimento (LIMA *et al.*, 2006) e aumenta de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação das mesmas (BASTOS ; ANDRADE JUNIOR , 2008).

Como as demais culturas, o rendimento do feijão é bastante afetado pela disponibilidade de água no solo. Deficiências ou excessos de água nos seus diferentes estádios de desenvolvimento causam redução no seu rendimento em diferentes proporções (SILVEIRA

e STONE, 1998). Para a cultura do feijão-caupi, bons rendimentos de grãos têm sido obtidos quando o solo é mantido com teor de água próximo à capacidade de campo. A maioria das culturas possui períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a falta de água causa sérios decréscimos na produção final; os prejuízos causados dependem da sua duração e severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (FOLEGATTI *et al.*, 1997).

Mesmo sendo considerada cultura tolerante à seca, na fase de florescimento e enchimento dos grãos a escassez de água pode provocar reduções significativas no número de vagens de feijão caupi por planta, comprimento das vagens, número de grãos por vagens e, conseqüentemente, na produtividade de grãos, pois a planta tende a produzir vagens precocemente as quais amadurecem antes que a água do solo se esgote.

Desse modo, caracterizam-se vários períodos críticos durante o ciclo do feijoeiro, em função da disponibilidade de água. Alguns trabalhos têm sido conduzidos para avaliar o efeito do estresse em vários períodos do ciclo da cultura. Garrido (1998) verificou, nas condições do Norte de Minas Gerais, que a deficiência de umidade no solo impediu a germinação das sementes. Observou, ainda, que o déficit de umidade ocorrido no início e no final da floração ou no início da formação e crescimento das vagens provocou reduções de 16 ; 42 e 58 % na produção, respectivamente.

O déficit hídrico pode determinar reduções no potencial da água na folha, na área foliar, no número de flores por planta, na relação parte aérea/raiz e no adiamento do florescimento (COSTA, 1997), na matéria seca da parte aérea e na matéria seca das raízes (COSTA 1997, LEITE; VIRGENS FILHO 2004), na massa das vagens por planta (COSTA 1997, NASCIMENTO *et al.*, 2004), no comprimento da haste principal e no número de folhas por planta (NASCIMENTO *et al.*, 2004), no número de vagens por planta (COSTA 1997; ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2002; BEZERRA *et al.*, 2003; NASCIMENTO *et al.*, 2004), no número de grãos por vagem (BEZERRA *et al.*, 2003) e na produtividade (COSTA, 1997; ANDRADE JÚNIOR *et al.* 2002; BEZERRA *et al.*, 2003).

2.7 Girassol

A espécie *Helianthus annuus L.*, conhecida como girassol, é originária do sudoeste do México, onde cresce em estado natural. Foi introduzida na Europa no século XVI como planta cultivada, e reintroduzida na América, a partir da Europa, no século XIX (SALUNKE e DESAI, 1986).

O girassol responde por cerca de aproximadamente 13% de todo o óleo vegetal

produzido mundialmente e ocupa posição de destaque entre as cinco maiores culturas produtoras de óleo vegetal comestível (PRADO ; LEAL, 2006). Atualmente, essa cultura se inseriu entre as espécies vegetais de maior potencial para a produção de energia renovável no Brasil, sendo enquadrada como importante fornecedora de matéria-prima para a produção de biocombustíveis. O Brasil é produtor pouco expressivo de grãos de girassol, tendo participado com aproximadamente 0,5% da produção mundial; porém, tanto a produção quanto a área colhida têm aumentado significativamente nos últimos cinco anos. A produção de girassol concentra-se nas regiões Centro-Oeste (Goiás e Mato Grosso do Sul, com 45,6 e 23,8%, respectivamente, da produção na safra 2004), Sul (Rio Grande do Sul, com 11,7% da produção na safra 2004) e Sudeste (São Paulo, com 3,5% da produção na safra 2004) (AGRIANUAL, 2005).

Muitos pesquisadores têm apontado que plantas com sistema radicular profundo e vigoroso e com grande massa de raízes são mais tolerantes ao déficit hídrico, em função da maior absorção de água, e nutrientes. Para o girassol essas características também são válidas, principalmente pelo fato de que, normalmente, seu sistema radicular alcança profundidade ao redor de dois metros (COX e JOLLIFF, 1986).

A necessidade de água da cultura do girassol vai aumentando com o desenvolvimento da planta, partindo de valores ao redor de 0,5 a 1 mm dia⁻¹ durante a fase da sementeira à emergência, chegando a valores médios de 6 a 7 mm dia⁻¹ na floração e no enchimento de grãos e decrescendo após esse período.

A adequada disponibilidade de água durante o período da germinação à emergência é necessária para a obtenção de boa uniformidade na população de plantas (CASTRO, 1999). A água é crítica para a formação do óleo no período entre a formação das flores nos capítulos e o amadurecimento dos aquênios. A falta de água nesse intervalo acarreta a diminuição no conteúdo de óleo dos aquênios.

A alta eficiência em utilizar a água disponível no solo para o seu desenvolvimento, a capacidade de produzir grande quantidade de matéria seca sob condição de déficit hídrico (SHEAFFER *et al.*, 1977) e a tolerância à ampla faixa de temperaturas, sem redução significativa da produção (CASTRO *et al.*, 1996), são fatores que estimulam o cultivo do girassol para a produção de grãos, como cultura alternativa e agregadora de renda.

Segundo Leite *et al.* (2007), a maior tolerância do girassol à seca em relação ao milho e ao sorgo, a baixa incidência de pragas, além de benefícios proporcionados às culturas

subsequentes, são alguns dos fatores que favorecem o cultivo dessa oleaginosa, principalmente no ambiente safrinha em regiões subtropicais. Sionit *et al.* (1973) salientaram a importância da umidade do solo no desenvolvimento da cultura do girassol e no seu rendimento, ressaltando que a produção e a qualidade de grãos são negativamente afetados ainda que o déficit hídrico na zona radicular seja pequeno, e que o rendimento máximo é alcançado quando o solo encontra-se na capacidade de campo, evidenciando a importância da época de semeadura sobre o rendimento das culturas.

No semiárido nordestino, a cultura do girassol pode ser cultivada em condições de sequeiro (com ou sem irrigação complementar) no período das chuvas ou sob condições de irrigação no período da estiagem, constituindo-se em mais uma opção de cultura para produção de grãos e para rotação de culturas.

Outro fator que justifica a implantação de áreas de girassol é sua contribuição para melhoria da qualidade do solo pela ciclagem de nutrientes, disponibilizando grande quantidade de nutrientes após a mineralização da biomassa cultural residual e beneficiando o desenvolvimento e o estado nutricional das culturas subsequentes (UNGARO, 1990), além de melhorar a qualidade física do solo com a incorporação de elevada biomassa. Além disso, como o girassol tem apresentado tolerância elevada à salinidade do solo, que é um problema não raro em muitos solos do semiárido, essa cultura pode ser produzida satisfatoriamente em solos afetados por sais, onde culturas sensíveis não poderiam ser cultivadas satisfatoriamente (MORAIS *et al.*, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação no campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Município de Cruz das Almas, localizado nas coordenadas geográficas: 12°40'19" de latitude Sul; 39°06'22" de Longitude Oeste de Greenwich e altitude média de 220 m. O clima local, segundo a classificação de Köppen é caracterizado como tropical quente e úmido. A precipitação média anual é de 1.206 mm, com variações entre 1.000 a 1.300 mm ano⁻¹, e a temperatura média anual é de 24,5 °C, sendo os meses de setembro a fevereiro os mais quentes.

Para a instalação do experimento foram utilizados solos coletados no horizonte AB (franco-argiloarenosa) e A (telaura franco-argiloarenosa) de Latossolo Amarelo Distrocoeso de Tabuleiro Costeiro e Argissolo Vermelho-Amarelo, localizados em Cruz das Almas e Santa Teresinha-BA, respectivamente. A análise granulométrica foi realizada quantificando a argila pelo método da pipeta, areia por fracionamento e silte por diferença (GEE; OR, 2002).

3.2 Instalação do experimento

O experimento foi implantado em 48 baldes (Figura 2), cujas dimensões foram de 0,25 m de diâmetro e 0,23 m de altura. Cada balde foi preenchido com 7 kg de solo, anteriormente passado em peneira com 5 mm de malha, adicionando-se água em seguida para acomodar o solo de modo a manter sua densidade o mais uniforme possível. Foram feitos drenos na lateral inferior do vaso para permitir a drenagem da água do solo depois de saturado.

O polímero hidroabsorvente utilizado foi o FortGel[®] (Figura 3), um copolímero de poliacrilato de potássio, usado nas concentrações de 0,5; 1,0; e 1,5 g kg⁻¹ de solo, abrangendo a faixa de recomendação do fabricante, compondo-se assim os tratamentos avaliados. Essas concentrações são referentes ao solo seco. O produto foi adicionado ao solo nas concentrações estabelecidas, homogeneizado e colocado nos vasos.

Após receber o solo cada vaso foi saturado e após sessar a drenagem foi feito o plantio das culturas feijão caupi cultivar BR 17-Gurguéia e girassol Embrapa 122, cobrindo-se com

uma lona plástica para manter a umidade, totalizando 24 vasos com feijão e 24 com girassol. Ao final de 60 dias foram realizadas as análises biométricas e fisiológicas das plantas, sendo elas número de folhas (NF), diâmetro caulinar (DM), altura de plantas (AL), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e clorofilas A (CLA) e B (CLB). A irrigação do experimento foi controlada pela pesagem dos vasos, mantendo-os sempre na capacidade de campo.

O esquema experimental foi um fatorial 2 x 2 x 4, sendo dois solos, duas culturas e quatro doses de hidrogel, incluindo a testemunha (sem aplicação de hidrogel), disposto em inteiramente casualizado, com três repetições. As doses de hidrogel avaliadas foram: 0,5; 1,0 e 1,5 g/kg de solo e a testemunha (sem hidrogel).



Figura 2. Baldes usados no experimento



Figura 3. Hidrogel utilizado

3.3 Amostragem do solo nos vasos

A amostragem foi realizada em todos os tratamentos, após a colheita das plantas, coletando-se amostras de solo com estrutura preservada e não preservada dentro do vaso. Inicialmente foi retirada camada superior do solo na altura de 5 cm, para homogeneizar a superfície do solo e só depois introduzir o cilindro, assumindo-se que as amostras atingiram a profundidade de 5 a 15 cm. Foram coletadas 4 amostras com estrutura indeformada em cilindros de aço com 100 cm³ de volume e 1 amostra com cilindro de 310 cm³ de volume; foi também coletada uma amostra com estrutura deformada por vaso (Figura 4).



3.4 Determinações dos atributos físico-hídricos do solo

3.4 Determinações dos atributos físico-hídricos do solo

3.4.1 Densidade do solo (D_s)

Foi utilizado o método do cilindro volumétrico, coletando-se, em cada vaso, uma amostra indeformada em cilindro de Uhland com aproximadamente 310 cm^3 de volume, considerando-se, para fins de comparação de resultados, a média aritmética das três repetições (GROSSMAN; REINSCH, 2002).

3.4.3 Porosidade total, macro e microporosidade

A quantificação dos valores de macroporosidade e microporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) foi obtida submetendo amostras de solo com estrutura indeformada e saturadas ao potencial de -6 kPa , utilizando a mesa de tensão (OLIVEIRA, 1968; EMBRAPA, 2011). Após saturadas as amostras foram pesadas e levadas à mesa de tensão; após a água que ocupava os macroporos ser drenada, as amostras foram novamente pesadas e em seguida levadas à estufa a 105°C até atingir massa constante. Pela diferença da massa de água entre a amostra saturada, após a sucção e seca foi possível calcular a percentagem de macro e microporos. A porosidade total (PT) foi calculada pela soma dos valores de macroporosidade e microporosidade, utilizando-se a expressão:

$$PT (\text{m}^3 \text{ m}^{-3}) = \text{macroporosidade} + \text{microporosidade} \quad (1)$$

3.4.4 Curva característica de água no solo

A determinação da curva de retenção de água foi realizada segundo o procedimento descrito em Donagema *et al.* (2011). As amostras com estrutura preservada foram saturadas por capilaridade, por meio da elevação gradual de uma lâmina de água até atingir 2/3 da sua altura, e depois foram submetidas às tensões de $6; 10; 33; 100; 300$ e 1.500 kPa . A curva de retenção de água do solo foi ajustada pelo modelo matemático de van Genuchten (1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha |\theta m|)^n]^m} \quad \dots\dots\dots(2)$$

em que, θ é o conteúdo de água ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); θ_s é o conteúdo de água na saturação ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); θ_r conteúdo de água residual ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); ϕ_m é o potencial mátrico (kPa); e α , n e m são parâmetros de ajuste do modelo.

3.5 Análise biométrica e fisiológica das plantas

As análises foram realizadas ao término da condução do experimento, aos 60 dias, para as duas espécies vegetais avaliadas, em todas as plantas dos tratamentos.

3.5.1 Altura de plantas (AP):

Determinada por ocasião da maturidade fisiológica da haste principal, medindo-se do nível do solo até a inserção da última folha, com a utilização de fita métrica graduada em centímetros (Figura 5).

3.5.2 Diâmetro da haste (DH)

Foi medido a 1 cm do solo, com o auxílio do paquímetro digital 150mm/Digimess com precisão de 0,01 mm (Figura 5).

3.5.3 Número de folhas

Foi contabilizado o número de folhas de cada planta, desde as mais jovens até as mais velhas.

3.5.4 Matéria seca das folhas, caule e raiz

Ao final de 60 dias as plantas foram colhidas e separadas em folhas, caule e raízes, acondicionadas em sacos de papel e levadas para obter massa seca em estufa com circulação forçada de ar a $65 \pm 2^\circ \text{C}$, até biomassa constante, utilizando-se de uma balança analítica de precisão.



3.5.5 Estimativa dos valores de clorofila

Para determinação dos teores de clorofila A e B foi utilizado um medidor portátil clorofiLOG, modelo CFL 1030 (Falker) (Figura 5).

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias referentes a solos e culturas comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), enquanto as doses de e doses de hidrogel foram submetidas à análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1990).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise granulométrica

Os resultados da análise granulométrica dos dois solos usados no experimento revelaram a classe telaural franco-argiloarenosa para as duas classes de solos utilizadas (Tabela 1).

Tabela 1. Análise granulométrica dos solos utilizados no experimento.

Solo	AT	Silte	Argila	Classe telaural
	g kg ⁻¹			
latossolo Amarelo Distrocoeso (LAdx)	63.92	5,61	30,46	Franco-argiloarenosa
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	65.39	4,92	29,68	Franco-argiloarenosa

AG= areia grossa; AF= areia fina

4.2 Variáveis do solo

A análise de variância para solo mostrou não significância para solo, doses de hidrogel e sua interação para a grade maioria dos atributos de solo avaliados (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância da variáveis do solo avaliadas

Variáveis	Solo	Dose	Solo x Dose	CV %
	Teste F			
10 kPa	0,95 ^{ns(1)}	0,91 ^{ns}	1,00 ^{ns}	18,5
33 kPa	18,30 ^{**}	0,38 ^{ns}	1,34 ^{ns}	9,3
100 kPa	11,82 ^{**}	0,15 ^{ns}	0,58 ^{ns}	12,5
300	2,20 ^{ns}	1,90 ^{ns}	2,08 ^{ns}	13,6
1500 kPa	0,05 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,53 ^{ns}	14,9
AD	1,00 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,23 ^{ns}	24,3
DS	0,30 ^{ns}	2,12 ^{ns}	1,22 ^{ns}	5,7
PT	0,30 ^{ns}	2,13 ^{ns}	1,22 ^{ns}	5,9
Macro	5,94 [*]	0,29 ^{ns}	0,42 ^{ns}	13,1

Micro	1,87 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,54 ^{ns}	21,1
-------	--------------------	--------------------	--------------------	------

⁽¹⁾ * = significativo a 5% de probabilidade; **, ** = significativo a 1% de probabilidade; e ns = não significativo pelo teste F.

Com os dados da umidade em função das tensões 10; 33; 100, 300 e 1500 kPa para as concentrações de polímeros 0; 0,5; 1,0 e 1,5 g kg⁻¹ de solo foram elaboradas as curvas de retenção de água para o latossolo Amarelo Distrocoeso (LAdx) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) (Figura 6), ajustando à equação (2) os valores de umidade volumétrica obtidos.

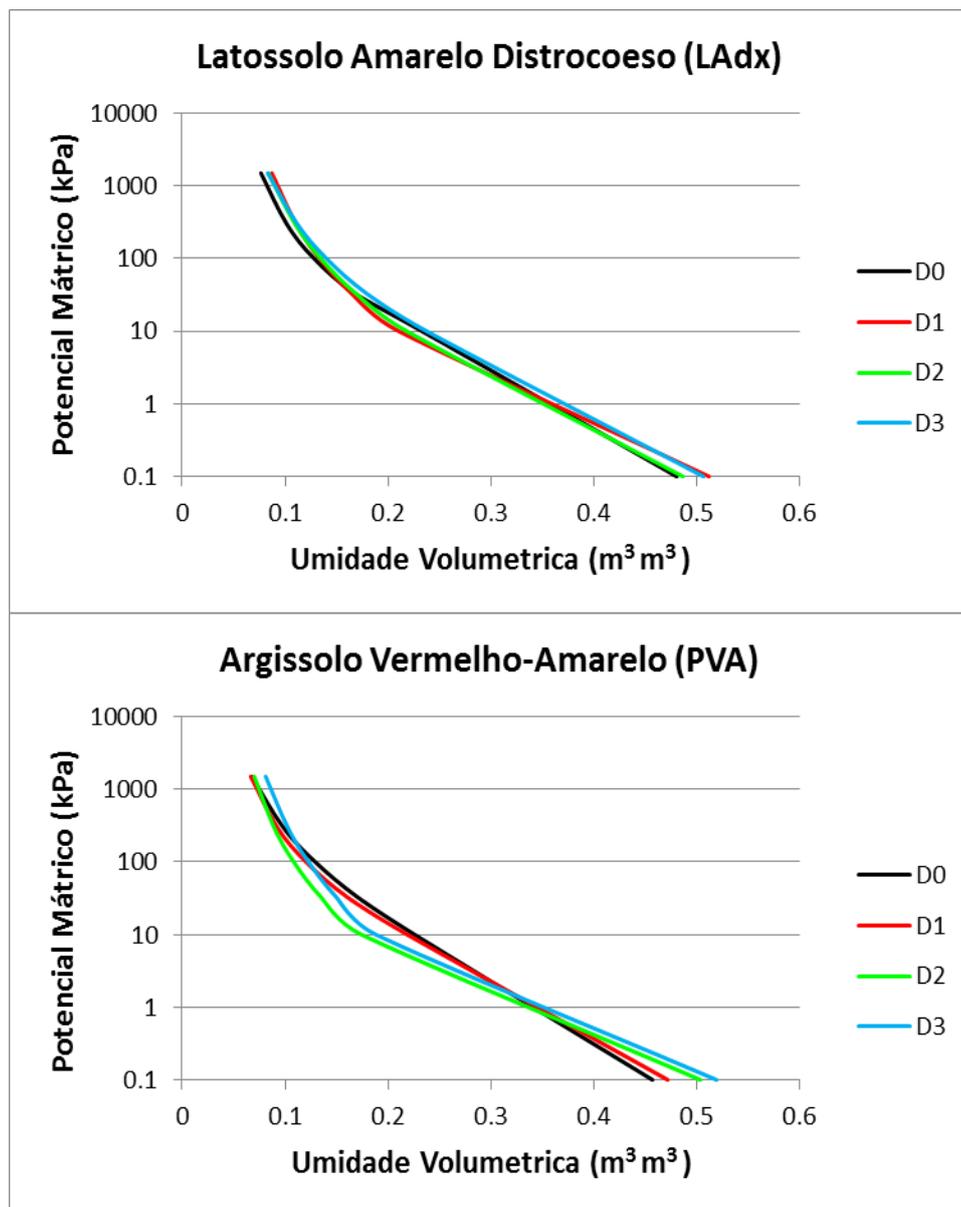


Figura 6. Curvas características de retenção de água no latossolo Amarelo Distrocoeso (LAdx) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) misturados com o polímero hidroabsorvente, em diferentes concentrações.

Como visto na Tabela 2 e Figura 6, os dois solos apresentaram o mesmo

comportamento, em termos de retenção de água, quando misturados com o polímero hidroabsorvente. Além disso, não ocorreu aumento da retenção de água com o aumento das doses de hidrogel em ambos os solos, na faixa entre a CC e o PMP, o que pode ser atribuído às baixas concentrações do produto utilizadas. WILLINGHAM e COFFEY (1981), ao avaliarem o efeito de diferentes doses de hidrogel na produção de mudas de tomate, puderam deduzir que maior parte do volume de água aplicado foi utilizada na hidratação do polímero. Portanto, quanto maior a quantidade de hidrogel no solo maior é a quantidade de água necessária para hidratá-lo (EKEBAFE et al., 2011) e, após hidratação, o polímero inicia a liberação lenta da água no solo (PREVEDELLO e LOYOLA, 2007).

Apesar da não influência do hidrogel na retenção de água entre a CC e o PMP, a figura 6 evidencia o aumento da umidade em tensões abaixo de 1 kPa, ou seja, próximo à saturação. Isso deixa a entender que o hidrogel retarda o processo de secamento do solo após a chuva ou irrigação, disponibilizando assim maior umidade para as plantas na faixa de tensão próxima à saturação. Isso pode ser confirmado nos dados de plantas, onde as variáveis MSPA e MSR se destacaram nos tratamentos com hidrogel em relação à testemunha. Segundo Vieira e Pauletto (2009) aumento na retenção de água foi observado ao avaliarem o efeito de polímero condicionador hidroabsorvente sobre atributos físicos da casca de arroz carbonizada, quando concluíram que a adição do polímero condicionador aumentou a porosidade total, diminuiu o espaço aéreo, não afetou disponibilidade hídrica e proporcionou aumento do volume de água de reserva do substrato. Os autores completam ainda que isso na prática, em viveiros de produção de plantas durante períodos de déficit hídrico, pode contribuir para a economia de água e maior sobrevivência das plantas.

Wofford Jr (1992) destaca que as raízes das plantas crescem por dentro dos grânulos do polímero hidratado, havendo grande desenvolvimento de pêlos radiculares, proporcionando assim maior superfície de contato das raízes com a fonte de água e nutrientes e facilitando sua absorção. Segundo Fonteno e Bilderback (1993), a quantidade de água do polímero disponível para as plantas está muito em função do contato das raízes com os grânulos na forma de gel hidratado no solo. Flannery e Buscher (1982), trabalhando com as culturas de azaléia e centeio, demonstraram que, ao adicionar polímero no substrato de cultivo, se elevou a capacidade de retenção de água desse substrato e que a maioria dessa água armazenada, principalmente pelo polímero, estava prontamente disponível para as plantas, além de contribuir com a diminuição da frequência e quantidade total das irrigações.

Embora sem atingir significância estatística (Tabela 2), ocorreu tendência de a porosidade total e a microporosidade do solo aumentaram com o aumento dose do hidrogel

aplicada, sendo maior no PVA em relação ao la (Figura 7). Esse aumento da porosidade com a adição do hidrogel ocorreu provavelmente devido à formação de pequenos grânulos de partículas de solo com o hidrogel, compondo partículas maiores. Já o aumento da microporosidade pode ser atribuído ao fato de o experimento ter sido conduzido em vasos e os ciclos de irrigação podem ter gerado maior acomodação das partículas. A macroporosidade variou pouco entre as doses em ambos os solos

Segundo Pill e Stubbolo (1986), com a incorporação de polímero agrícola no solo houve uma expansão de 16% no volume de substrato, ocorrendo aumento no volume de poros na medida em que aumentaram as doses de polímero. Os mesmos autores afirmaram que, dependendo do grau de hidratação do polímero, o mesmo possui a capacidade de se expandir e contrair favorecendo o aparecimento de poros que melhoram a aeração do sistema radicular das plantas.

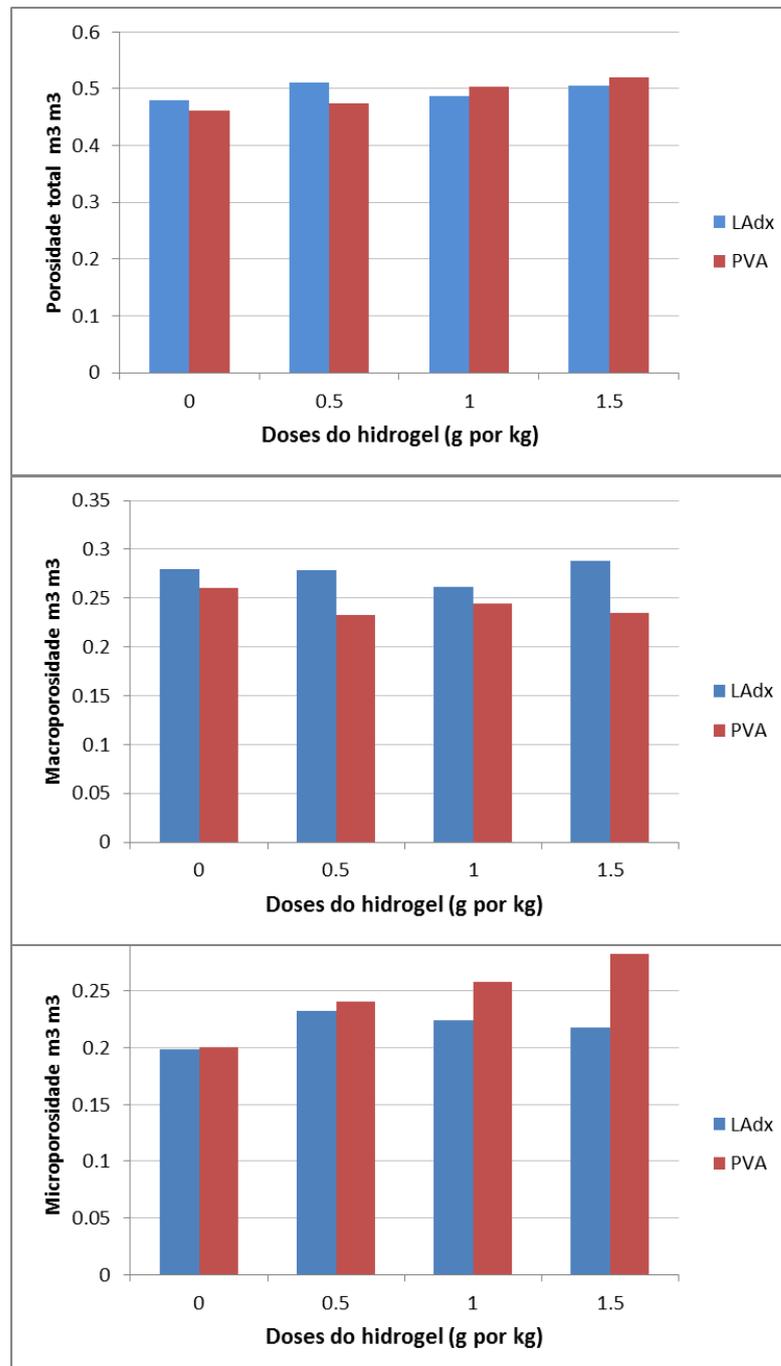


Figura 7. Porosidade total, macro e microporosidade no latossolo Amarelo Distrocoeso (LAdx) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) misturados com o polímero hidroabsorvente, em diferentes concentrações.

Apesar da análise estatística revelar efeito não significativo do hidrogel na densidade do solo (Tabela 2), observou-se tendência de redução da mesma com o aumento da dose do hidrogel (Figura 8), mais evidente no solo 2, o que pode ser atribuído à absorção de água pelo hidrogel aumentando o espaço poroso e reduzindo a densidade do solo. Os resultados obtidos podem ser atribuídos, dentre outros fatores, ao fato de o polímero ter sido aplicado no solo seco (em pó), conforme constataram Vale, Carvalho e Paiva (2006).

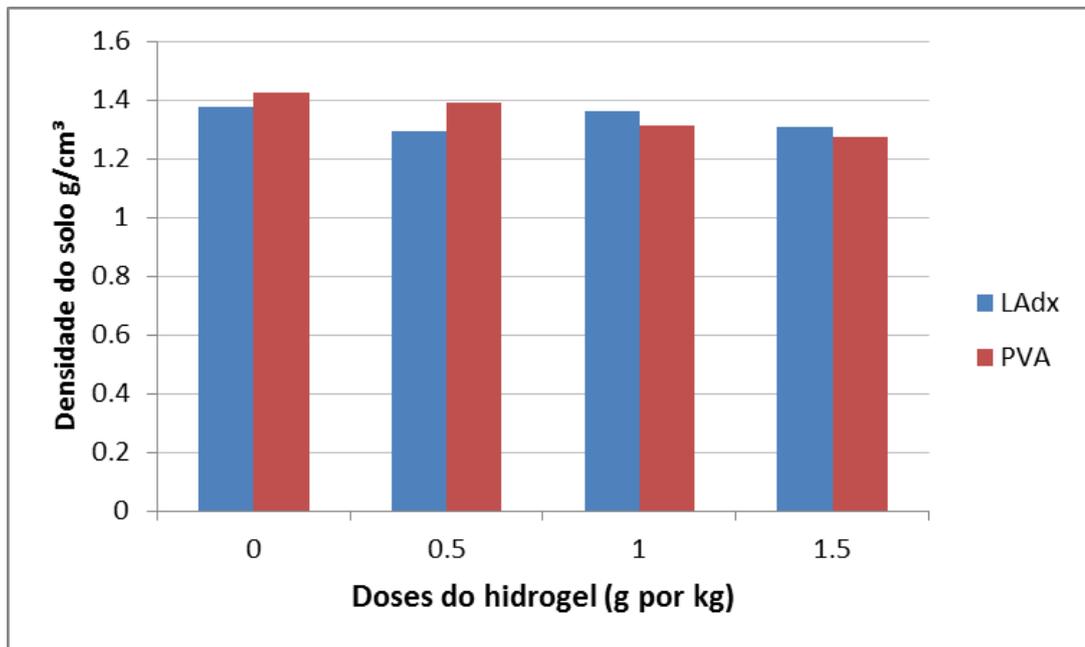


Figura 8. Densidade do solo no latossolo Amarelo Distrocoeso (LAdx) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) misturados com o polímero hidroabsorvente, em diferentes concentrações.

4.3. Desenvolvimento e crescimento vegetal

A análise estatística para os dados de planta revelou que todas as variáveis analisadas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos com as doses de hidrogel, exceto para clorofilas A e B (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de Variância para os atributos biométricos e fisiológicos das plantas avaliados para as diferentes doses de hidrogel.

Fontes de variação	MSPA ⁽¹⁾	MSR	DC	AP	N°F	Cla	CIB
--------------------	---------------------	-----	----	----	-----	-----	-----

	F						
Cultura	0,1422 ^{ns}	0,1372 ^{ns}	0,0001 ^{**}	0,0716 ^{ns}	0,0001 ^{**}	0,0001 ^{**}	0,0001 ^{**}
Solo	0,001 ^{**}	0,0001 ^{**}	0,0001 ^{**}	0,0195 [*]	0,0082 ^{**}	0,1015 ^{ns}	0,0038 ^{**}
Dose	0,0003 ^{**}	0,0142 ^{**}	0,0001 ^{**}	0,2056 ^{ns}	0,2483 ^{ns}	0,3468 ^{ns}	0,1815 ^{ns}
Cultura x Solo	0,0031 ^{**}	0,1885 ^{ns}	0,0001 ^{**}	0,0195 [*]	0,0082 ^{**}	0,1015 ^{ns}	0,0038 ^{**}
Cultura x Dose	0,1843 ^{ns}	0,3725 ^{ns}	0,3483 ^{ns}	0,1731 ^{ns}	0,0923 ^{ns}	0,3493 ^{ns}	0,3454 ^{ns}
Solo x Dose	0,0004 ^{**}	0,0065 ^{**}	0,0526 [*]	0,1434 ^{ns}	0,0216 [*]	0,4652 ^{ns}	0,2761 ^{ns}
CV%	11,95	35,77	11,26	45,26	21,6	11,94	23,93

⁽¹⁾MSPA = massa seca parte aérea; MSr = massa seca raiz; DC = diâmetro caulinar; AP = altura de plantas; CLA = clorofila A; CIB = clorofila B; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade; e ns = não significativo pelo teste F.

Observa-se que houve efeito significativo do hidrogel no aumento da parte aérea, com interações significativas entre cultura x dose e solo x dose. (Tabela 3). As respostas às doses de hidrogel foram diferenciadas entre solos (quadrática não significativa no la e significativa no PVA) (Figura 8). HAFLETER et al. (2008) comentaram que os efeitos do hidrogel adicionado ao substrato são devidos a maior retenção de água e disponibilidade dos nutrientes, devido às características do hidrogel de absorver água e permitir que ela seja usada de forma gradativa pelas plantas como explicado por PREVEDELLO e BALENA (2000); OLIVEIRA et al. (2004); AKHTER et al. (2004) e VALE et al. (2006).

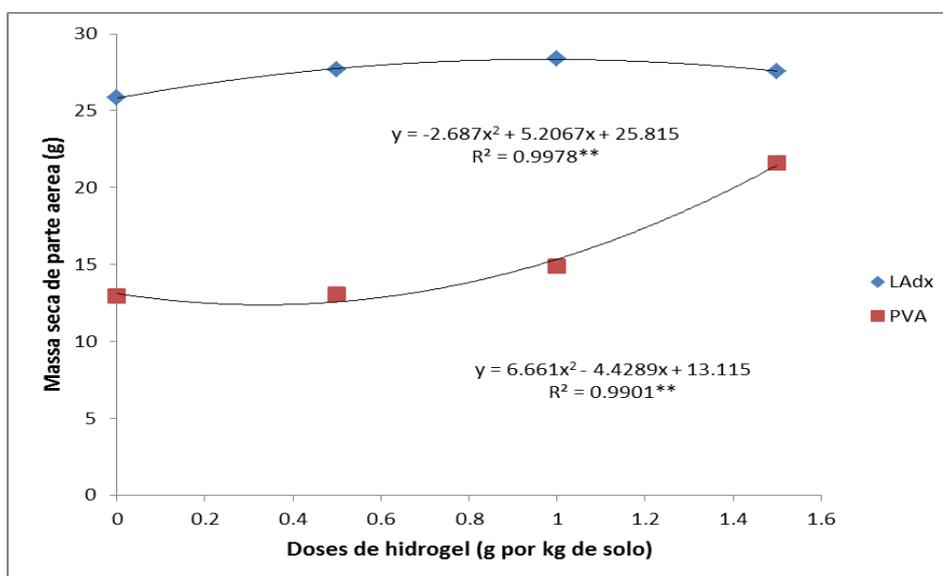


Figura 9. Massa seca da parte aérea para a variável solo em relação às doses de hidrogel testadas aos 60 dias após o início da emergência.

O aumento da parte aérea com o aumento da dose do hidrogel resultou do fato de aquele condicionador ter promovido maior número de folhas e maior altura de plantas. Bearce e McCollum (1993) encontraram um ganho significativo no peso de massa seca de plantas de crisântemo quando cultivadas com polímero agrícola, havendo aumento na disponibilidade de água no solo, quando tratado com polímero. Para os mesmos autores, no cultivo de lírio, além

do ganho de peso de massa seca, houve também aumento significativo no número de brotações, atribuído ao maior desenvolvimento do sistema radicular, maior absorção da água armazenada pelo polímero e maior aeração do solo proporcionado pelos grânulos de polímero.

Para a variável número de folhas observou-se houve diferença significativa para as doses analisadas na interação com as culturas, com ajuste quadrático para o feijão e linear para o girassol (Figura 10). O maior número de folhas por planta sugere maior potencial fotossintético delas; segundo Livramento (2010), o fornecimento adequado de carboidratos para a formação de grãos é influenciado diretamente pela quantidade de folhas.

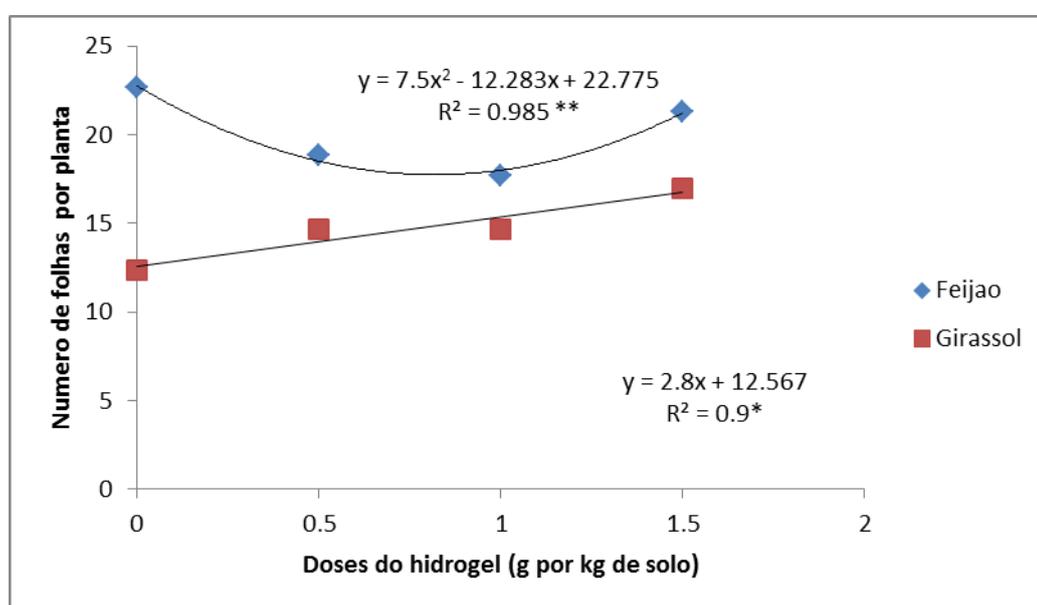
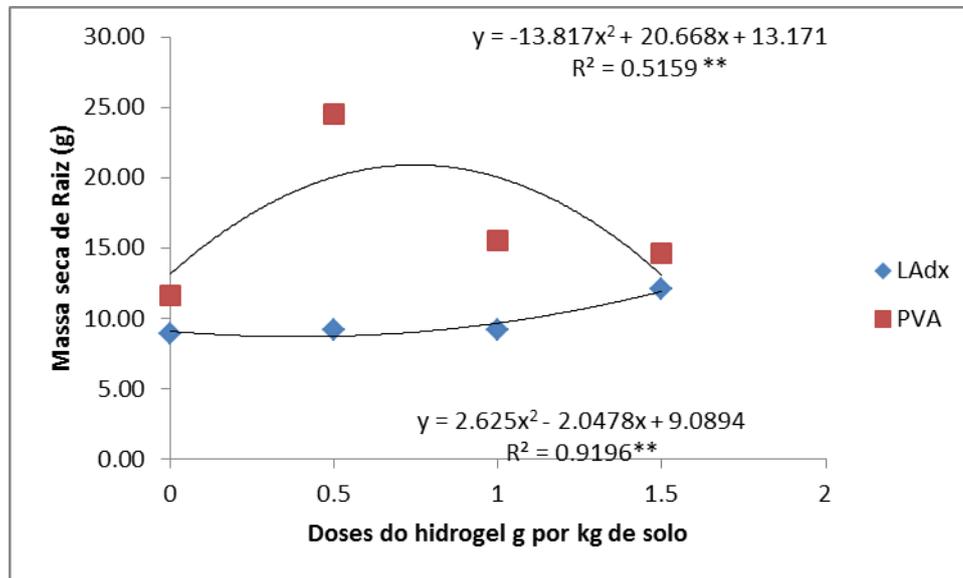


Figura 10. Número de folhas por planta das culturas de feijão e girassol para as doses de hidrogel testadas aos 60 dias após o início da emergência.

Estes resultados concordam com AZEVEDO et al. (2002) e PETERSON (2006) que concluíram que a adição de hidrogel ao solo otimiza a disponibilidade de água, reduz as perdas por percolação e lixiviação de nutrientes e melhora a aeração e drenagem do solo, acelerando o desenvolvimento aéreo das plantas. ZONTA et al. (2009) comentaram que o aumento da absorção e retenção da água pelo hidrogel tornará a água mais facilmente disponível para as plantas, possibilitando melhor desenvolvimento destas.

A presença de hidrogel também proporcionou efeito significativo na massa seca das raízes para a interação solo x dose (Figura 11), com efeito quadrático não significativo para o la e significativo para o PVA, com ponto de máximo na dose de $0,75 \text{ g kg}^{-1}$ e massa de raiz de 20,9 g. A maior umidade do solo na presença do hidrogel pode ter proporcionado maior

absorção de água pelas raízes e, conseqüentemente, maior MSR. Segundo Azevedo (2000), as raízes têm a capacidade de crescer dentro dos grânulos do polímero hidrorretentor,



promovendo maior superfície de contato entre as raízes e a água. Moraes (2001) ressaltou que a umidade mantida no solo por maior período de tempo, pelo uso do polímero hidrorretentor hidratado, auxiliou na otimização do crescimento das plantas de alface (*lactuca sativa* L.). Resultados semelhantes foram encontrados por Henderson e Hensley (1986), onde a adição do polímero hidrorretentor ao solo contribuiu para o crescimento e desenvolvimento das plantas do tomateiro.

Figura 11. Massa seca de raiz para os dois solos avaliados e para as doses de hidrogel testadas, aos 60 dias após o início da emergência.

Houve efeito quadrático significativo para o diâmetro de caule, à medida que se aumentou a dose do polímero hidrorretentor aplicado às plantas até a dose de $1,5 \text{ g kg}^{-1}$; para o LAdx o ajuste foi linear não significativo.

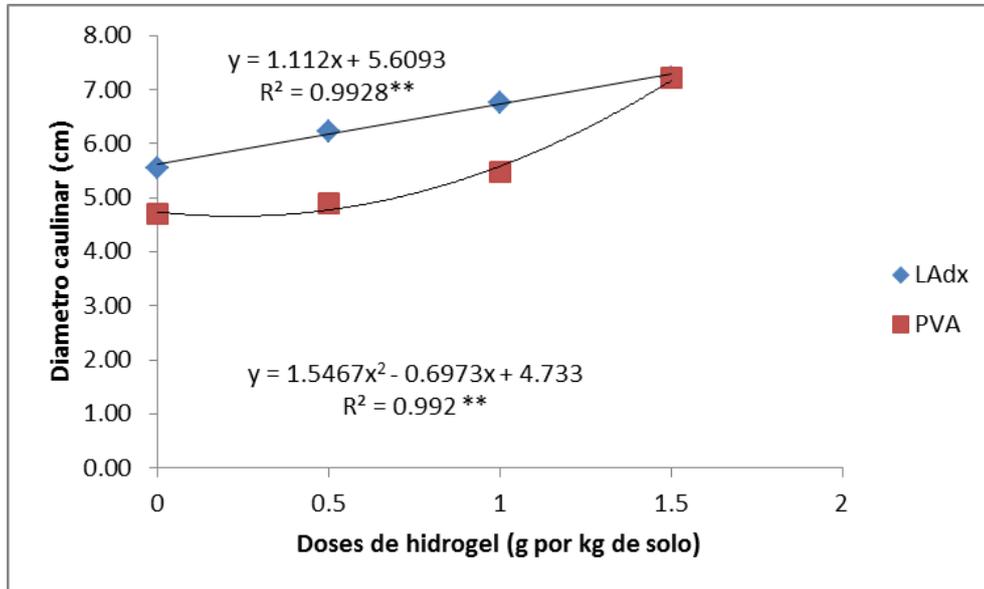


Figura 12. Diâmetro caulinar para os dois solos avaliados e para as doses de hidrogel testadas, aos 60 dias após o início da emergência.

O efeito produzido pelo polímero no diâmetro das plantas é desejável, pois segundo Livramento *et al.* (2002) as plantas que apresentam caules mais vigorosos podem acumular maior quantidade de carboidratos, apresentando, como consequência, maior desenvolvimento vegetativo e conseqüentemente reprodutivo.

Não houve interação significativa para as variáveis clorofilas A e B e altura de planta para as doses de hidrogel avaliadas.

4 CONCLUSÃO

O uso do hidrogel proporcionou melhor desenvolvimento das plantas de feijão caupi e girassol, pelo aumento da massa seca da parte aérea e da raiz e diâmetro caulinar resultando em plantas de melhor qualidade com melhor aproveitamento da água.

As doses de hidrogel utilizadas não influenciaram os atributos físicos avaliados (porosidade total, macro e microporosidade, densidade do solo e retenção de água nas tensões de 10 a 1.500 kPa.

O aumento da umidade no solo em tensões abaixo de 1 kPa deixou a entender que o hidrogel retarda o processo de secamento do solo após a chuva ou irrigação, disponibilizando assim maior umidade para as plantas em tensões próximas à saturação.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL – Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP consultoria e comércio. 2005. 520p.

AKHTER J.; MAHMOOD K.; MALIK K.; MARDAN A.; AHMAD M.; IQBAL M. M. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. **Plant Soil and Environment**, v.50, n.10. p.463-469, 2004.

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, V. L. A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C. A. V; DANTAS NETO, J.; SILVA JÚNIOR, J. G. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.671–679, 2009.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.17-20, 2002.

AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliácridamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Tupi**. 2000. 38p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2000.

AZEVEDO, T. L. F. et al. Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n.5, p. 1239-1243, 2002.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; GONCALVES, A. C. A.; REZENDE, R.; DELlaCORT, R.; BERTONHA, L. C. Retenção de soluções de sulfatos por hidrogéis de poliácridamida. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 287-290, 2006.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A. Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1239-1243, 2002b.

AZEVEDO, T.L.F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliácridamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L) cv. Tupi**. Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2000. 38p. (Dissertação Mestrado).

AZEVEDO, T.L.F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A.C.A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.1, n.1, p.23-31, 2002.

BALENA, S. P. **Efeito do polímero hidrorretentores nas propriedades físicos e hidráulicos de dois meios porosos**. Dissertação. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1998.

BARRETO, H. B. F.; BATISTA, R. O.; FREIRE, F. G. C.; SANTOS, W. O.; COSTA, F. G. B. Análises de indicadores de retenção e armazenamento de água no solo do perímetro irrigado Gorutuba, em Janaúba-MG. **Revista Verde**, v.6, n.5, p.189-192, 2011.

BARVENIK, F. W. Polycrylamide characteristics related to soil applications. **Soil Science**, v.158, p.235-243, 1994.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Boletim agrometeorológico do ano de 2008 para o município de Teresina, PI. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 37p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 181

BEARCE, B.C.; McCOLLUM, R.W. **A comparison of peat-lite and noncomposted hardwood-bark mixes for use in pot and bedding-plant production and the effects of a new hydrogel soil amendment on their performance** (on line). Virginia, 1993. [cited nov. 1998]. Disponível em: <http://www.hydrosorce.com>

BENITES, V. de M.; MADARI, B.; BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. Matéria orgânica do solo. In: WALT, P. G. S (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. p.93-120.

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. p.25-32.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SOUZA, Z. M.; ANDRIOLI, I; ROQUE, C.G. Retenção de água em dois tipos de latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.3, p.829-834, 2002.

BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. dos. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agrônômica**, v.34, n.1, p.13-18, 2003.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman, 2013.

CAMPBELL, G.S. Soil water potential measurement: An overview. **Irrigation Science**, v. 9, n. 1, p. 265-273, 1988.

CARDOSO, M. J. (Org.) **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 264p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).

CASTRO, C. de. **Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol em casa-de-vegetação**. 1999. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CASTRO, C., CASTIGLIONI, V. B. R., BALLA, A. A cultura do girassol: tecnologia de produção. Documentos, EMBRAPA-CNPSO, n.67, 1996 a, 20 p.

COOPER, M. **Influência das condições físico-hídricas nas transformações estruturais entre horizontes B latossólico e B textural sobre diabásio**. 1999. 128p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

COSTA, M.M.M.N.; TÁVORA, F.J.A.F.; PINHO, J.L.N. de; MELO, F.I.O. Produção, componentes de produção e distribuição das raízes de caupi submetidos á deficiência hídrica.

Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v2, n.1 p43-50, 1997.

COTTHEM, W. van. **O papel de Terracottem como um absorvente universal**. Ghent. Bélgica, 1988.

COX, W. J.; JOLLIFF, G. D. Growth and yield of sunflower under soil water deficits. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 1, p. 226-230, 1986.

CRUZ, M.C.M.; HAFLE, O.M.; RAMOS, J.D. E RAMOS, O.S .Desenvolvimento do porta-enxerto de tangerineira 'Cleópatra'. **Revista Brasileira de Fruticultura** 30 (2): 471-475.

DEBNATH, P.; DEB, P.; SEN, D.; PATTANNAIK, S. K.; SAH, D.; GHOSH, S. K. Physico-chemical properties and its relationship with water holding capacity of cultivated soils along altitudinal gradient in Sikkim. **International Journal of Agriculture Environment & Biotechnology**, v. 5, n. 2, p. 161-166, 2012

DEXTER, A. R.; CZYZ, E. A.; GATE, O. P. Soil structure and the saturated hydraulic conductivity of subsoils. *Soil e Tillage Research*, 79: 185-189, 2004.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132)

EKEBAFE, L.O.; OGBEIFUN, D.E.; OKIEIMEN, F.E. **Polymer applications in agriculture**. *Biokemistri*, Nigeria, v.23, n.2, p.81-89, 2011.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

FAN, L.H; TAN, C.; WANG, L.B.; PAN, X.R.; CAO, M.; WEN, F.; XIE, W.G.; NIE, M. **Preparation, characterization and the effect of carboxymethylated chitosan-cellulose derivates hydrogels on wound healing**. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 128, n. 5, p. 2789-2796, 2013.

FERREIRA, M. M. **Caracterização física do solo**. In: **LIER, Q. de J. V. (Ed.). Física do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-27.

FLANNERY, R.L.; BUSSCHER, W.J. Use of a synthetic polymer in potting soil to improve water holding capacity. **Communication in Soil Science Plant**, v.13, n.2, p.103-111, 1982.

FOLEGATTI, M.V.; PAZ, V.P.S.; PEREIRA, A.S.; LIBARDI, V.C.M. **Efeito de diferentes níveis de irrigação e de déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*)**. In: CONGRESSO CHILENO DE ENGENHARIAAGRÍCOLA, 2., 1997, Chillán. **Anais...** Chillán: 1997. 1 CD-ROM.

FONTENO, W.C.; BILDERBACK, T.E. Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates. **Journal American Society Horticulture Science**, v.118, n.2, p.217-22, 1993.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. <<http://faostat.fao.org/faostat/>>. Dados de produção agrícola mundial. Última atualização em

2004. Acesso em 20 de jan. 2015.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. dos. **Melhoramento genético**. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.28-92.

GARRIDO, M.A.T. **Respostas do feijoeiro às lâminas de água e adubação nitrogenada**. 1998. 205f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

GAVANDE, S. **Física de suelos: principios y aplicaciones**. 1.ed. México: Limusa, 1976. 351p

GEE, G. W.; OR, D. Particle size analysis. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed). **Methods of soil analysis; Part4 Physical methods**. Madison: Soil Science Society of America, 2002. p. 255-294. (SSSA Book Series, 5).

GONÇALVES, M. C. P. B. **Características hidrodinâmicas dos solos:sua determinação e funções de pedo-transferência**. Lisboa, Portugal. 193p. Tese de Doutorado. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, 1994.

GROHMANN, F. Compacidade. In: MONIZ, A.C. (Ed.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p.93-99.

GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. Bulk density and linear compressibility. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed). **Methods of soil analysis; Part4 Physical methods**. Madison: Soil Science Society of America, 2002. p. 201-228. (SSSA Book Series, 5).

GUERIF, J. L'analyse de la porosité: Application à l'étude du compactage des sols. In: MONIER, G. e GROSS, M.J., eds. **Soil compaction and regeneration**. Roterdan, CEE, 1987. p.122-131.

HAFLE, O. M.; CRUZ, M. C. M.; RAMOS, J. D.; RAMOS, P. S.; SANTOS, V. A. Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor. **Agrária**, v.3, n.3, p.232-236, 2008.

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

HILLEL, D. 1982. Introduction to soil physics. **Academic Press**, San Diego, CA.

HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231p.

JOHNSON, M. S. **The effects of gel forming polyacrylamida on moisture in sandy soil**. University of Liverpool. **J. Sci. Food Agric.**, v.35, p.1196-1200, 1984.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

LANDIS, T. C.; HAASE, D. L. Applications of hydrogels in the nursery and during out planting. In: HAASE, D. L.; PINTO, J. R.; RILEY, L. E.; (Eds.). **National Proceedings:**

Forest and Conservation Nursery Associations, 2011. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2012. p.53-58.

LEITE, M. de L.; VIRGENS FILHO, J. S. das. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. **UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v.10, n.1, p.43-51, 2004.

LEITE, R.M.V.B.C.; CASTRO, C.; BRIGHENTI, A.M.; OLIVEIRA, F.A.; CARVALHO, C.G.P.; OLIVEIRA, A.C.B. Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 4p (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 78)

LIBARDI, P. L. Água no solo. In: VAN LIER, Q. de J. **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. p. 103-152.

LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; SOARES, W. A.; SILVA, I. F. Estimativa da evapotranspiração do feijão-caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith. **Irriga, Botucatu** v.11, p.477-491, 2006.

LIMA, L. M. L.; TEODORO, R. E. G.; FERNANDES, D. L.; CARVALHO, H. P.; MENDONÇA, F. C.; CARVALHO, J. O. M. Produção de mudas de café sob diferentes lâminas de irrigação e doses de um polímero hidroabsorvente. **Bioscience in Journal**, v.19, n.3, p.27-30, 2003.

LIVRAMENTO, D. E. do et al. Influência da produção nos teores de carboidratos e na recuperação de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) após “colheita”. In: Simpósio de Pesquisas Cafeeiras do Sul de Minas, 3., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 156-160.

LIVRAMENTO, D. E. Morfologia e fisiologia do cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café arábica: do plantio à colheita**. lavras: EPAMIG, 2010. p. 87-161.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; PITOMBEIRA, J. B. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Ciência Agrônômica**, v.38, p.95-103, 2007.

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. B.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, v.2, n.2, p.87-92, 2013.

MORAES, O. **Efeito do uso de polímero hidroretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface** (*Lactuca sativa* L.). 2001. 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MORAES, S.O. **Heterogeneidade hidráulica de uma terra roxa estruturada**. 1991. 141p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

MORAIS, F.A.; GURGEL, M.T.; OLIVEIRA, F.H.T.; MOTA, A.F.; SOUSA NETO, O.N. Evolução do sódio e percentagem de sódio trocável em um Argissolo cultivado com girassol e

irrigado com água salina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE, 2010, Fortaleza. 1 CD-ROM.

NASCIMENTO, J.T.; PEDROSA, M.B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.174-177, 2004.

NASCIMENTO, P. dos S. **Análise do uso da curva de retenção de água no solo determinada por diferentes métodos e planilha para manejo da irrigação**. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

NASCIMENTO, P. S.; BASSOI, L. H.; PAZ, V. P. S.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; MANIERI, J. M. Estudo comparativo de métodos para a determinação da curva de retenção de água no solo. **Irriga**, v.15, n.2, p.193-207, 2010.

OLIVEIRA, C. A. da S.; KATO, E. Modelos de ajuste e métodos para a determinação da curva de retenção de água de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 515-523, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000200006>

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia aplicada**. 2.ed. Piracicaba: Fealq, 2005. 574p.

OLIVEIRA, L. B. de. Determinação da macro e microporosidade pela mesa de tensão em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 39, p. 197-200, 1968.

OLIVEIRA, R.A. DE; REZENDE, L.S.; MARTINEZ, M.A.; MIRANDA, G.V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 160-163, 2004.

PAL, K.; BANTHIA, A.K.; MAJUMDAR, D.K. Polymeric hydrogels: characterization and biomedical applications. *Designed monomers and polymers*, v. 12, n. 3, p. 197-220, 2009.

PERAZA, J.E.S. **Retenção de água e pedofunções para solos do rio Grande do Sul**. 2003. 135p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UFSM, Santa Maria, RS, 2003.

PETERSON, D. Hydrophilic Polymers – Effects and Uses in the landscape. Disponível em: < <http://desertification.wordpress.com/2009/12/12/uses-of-hydrophilic-polymers-in-the-landscape-soviet-soilscience/>> Acesso em 26 de junho de 2006.

PILL, W.G.; STUBBOLO, M.R. Tomato seedling growth in peat and peat-lite blocks amended with hydrophilic polymer. **Soil Science Plant Anal**, v.17, n.1, p.45-61, 1986.

PRADO, R.M. ; LEAL, R.M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol-01. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, p.187-193, 2006.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: Discovery, 1996. 446p.

PREVEDELLO, C. L.; BALENA, S. P. Efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, p.251-258, 2000.

PREVEDELLO, C.L.; LOYOLA, J.M.T. Efeito de polímeros hidrorretentores na infiltração da água no solo. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.8, n.3, p.313-317, 2007.

REICHARDT, K. : Os processos. A água em equilíbrio. In: REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4ª edição revista e ampliada. Campinas: Fundação Cargil, 1985. p. 98-165.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.

REICHARDT, K. **A água: absorção e translocação**. In: Fisiologia Vegetal 1. FERRI, M.G. (coord.), EPU - EDUSP, São Paulo, 1979, 350p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos Processos e Aplicações. São Paulo: MANOLE, 478p, 2004.

REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo protótipos e testes. **Ci. Rural**, 36:1931-1935, 2006.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, S. A. Pedologia: base para distinção de ambientes. 4. ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338 p.

REZAEI, L.; SHABANPOUR, M.; DAVATGAR, N. Estimating the soil water retention curve from soil particle size distribution using the Arya and Paris model for Iranian soils. **Turkish Journal of Agriculture Forestry**, v. 35, p. 649-657, 2011. DOI: 10.3906/tar-1006-1095

RIGHES, A.; LOVATO, T. & SOARES, E. Caracterização física, química e microbiológica de um planossolo da unidade de mapeamento Vacacaí, RS. **Ciência Rural**, v.13, n.1, p.25-45, 1983.

RIQUELME, U.F.B. **Propriedades físicas e hídricas do solo em sistema de manejo do feijoeiro**. 2004. 79 . Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

SÁ, P. C. C. de; VALE, C. N. C. do; MAIA, C. E.; LEVIEN, L. A. Índice S de área sob a curva de retenção de água para avaliar qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 2, p. 110-114, 2010.

SÁ, P. C. C. de; VALE, C. N. C. do; MAIA, C. E.; LEVIEN, L. A. Índice S de área sob a curva de retenção de água para avaliar qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 2, p. 110-114, 2010.

SABADINI, R.C. Redes poliméricas de macromoléculas naturais como hidrogéis superabsorventes. Tese. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

SALUNKE, D. K.; DESAI, B. B. Sunflower. Postharvest biotechnology of oil seeds. **Boca Raton: CRC Press**, 1986. chap.4, p.57-69.

SAMPAT, A. G. **Física de suelos**; principios y aplicaciones. México: Limusa-Wiley, 1973. 351p.

SANTOS, C.A.F.; ARAÚJO, F.P. e MENEZES, E.A. Comportamento produtivo do caupi em regime irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, 35:2229-2234, 2000.

SAS INSTITUTE (Cary, NC). **SAS/STAT user's guide**: version 6. 4.ed. Cary, NC: 1990. v.2, 1686p.

SCHEAFFER, C. C., McNEMAR, J. H., CLEARK, N. A. Potencial of sunflower of silage in doublecropping systems following small grains. **Agronomy Journal**, 69:543-546, 1977.

Schwantes, A. P.; Armazenamento de água no solo de uma cultura de soja medido por tensiômetros de polímero e estimado por diferentes métodos agrometeorológicos. Piracicaba, 2013.78 p.

SILVA, A. M. da. **Banco de dados de curvas de retenção de água de solos brasileiros**. 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SILVA, A. P. da; TORMENA, C. A.; DIAS JUNIOR, M. de S.; IMHOFF, S.; KLEIN, V. A. Indicadores da qualidade física do solo. In: VAN LIER, Q. de J. Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. p. 241-281.

SILVA, E. T. do ; E, TOSCANI. Efeito da adição de polímero hidrorretentor na temperatura de três diferentes substratos, em uma casa de vegetação com controle de temperatura e umidade relativa do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBEA/UFC, 2000. CD-ROM.

SILVA, J. U. C.; WENDLING, B.; CAMARGO, R.; PRAZERES MENDONÇA, L. B.; FREITAS, M. C. M. Análise comparativa ente os sistemas de preparo do solo: aspectos técnicos e econômicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.7 n.12; p.1-11, 2011.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Irrigação. In: Vieira C, Paula Júnior TJ e Borém A (Eds.). Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas Gerais. Viçosa, UFV. 596p.

SIONIT, N.; GHORASHI, S.R.; KHERADNAN, M. Effect of soil water potencial on growth and yield of sunflower (*Helianthus annus L.*). **Journal of Agricultural Science**, v.81, p.113-116, 1973.

SOUZA, R. F. de. **Dinâmica de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica, cultivados com feijoeiro**. 2005. 141p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de lavras, lavras, 2005.

SZMIDT, R. A. K.; GRAHAM, N. B. The effect of poly (ethylene oxide) hydrogel on crop growth under saline condition. **Horticultural Acta**, v.287, p.211-218, 1991.

TAVARES FILHO, J. e MAGALHÃES, F.S. Dispersão de amostras de latossolo Vermelho

eutroférico influenciadas por pré-tratamentos para oxidação de matéria orgânica e pelo tipo de agitação mecânica. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1429-1435, 2008

TAVARES, M. H. F.; FELICIANO, J. J. da S.; VAZ, C. M. P. Análise comparativa de métodos para a determinação da curva de retenção de água em solos. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 417-524, 2008.

TERRACOTTEM. **Guia técnico1.0**. Pinhais-PR: 1998. 45p.

TITTONELL, P. A.; GRAZIA, J. de; CHIESA, A.. Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para la producción de plantines de pimento. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, 2002.

UNGARO, M.R.G. Girassol (*Helianthus annuus* L.). **Boletim Informativo do Instituto Agrônômico**, v.200, p.112-113, 1990.

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

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal, Madison**, v.44, p.892-898, 1980.

VARENNE, 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.4, p.13-27, 1997

VIEIRA, M.A.; PAULETTO, E.A. Evaluations on the physical attributes of the carbonized rind of rice (*Oryza sativa* L.) and treated of conditioning polymer. *Bioscience Journal*, v. 25, n. 1, p. 1-6, 2009.

WALLACE, A.; WALLACE, G. A. Effect of polymers soil conditions on emergence of tomato seedling. **Soil Science**, v.141, n5, p321-323, 1986

WILLINGHAM, Jr.; COFFEY, D. L. Influence of hydrophilic amended soil on growth of tomato transplants. **Horticulture Science**, v.16, n.3, p.289, 1981.

WOFFORD Jr., D.J. **Worldwide research suggestions for cross-linked polyacrilamide in agriculture** (*on line*). Virginia, September 1992. [cited nov. 1998]. Disponível em: <http://www.hydrosorce.com>

ZONTA, J.H; BRAUN, H; REIS, E.F; AULUCIO, D.; ZONTA, J.B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora* Pierre). **Idesia**, v. 27, n. 3, p. 29-34, 2009.