

**JOSÉ BENJAMIN MACHADO COELHO**

**APLICAÇÃO DE DOSES DO POLÍMERO *HIDRATASSOLO*  
SOBRE A CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DE  
SOLOS E DESENVOLVIMENTO DA BETERRABA, EM  
CONDIÇÕES SALINAS**

RECIFE – PE  
2004

**JOSÉ BENJAMIN MACHADO COELHO**

**APLICAÇÃO DE DOSES DO POLÍMERO *HIDRATASSOLO*  
SOBRE A CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DE  
SOLOS E DESENVOLVIMENTO DA BETERRABA, EM  
CONDIÇÕES SALINAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

RECIFE – PE  
2004

Catálogo na Fonte  
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

C672a Coelho, José Benjamin Machado  
Aplicação de doses do polímero hidratassolo sobre a  
capacidade de retenção de água de solos e desenvolvimento da  
beterraba, em condições salinas / José Benjamin Machado  
Coelho. -- 2004.  
70 f.: il.

Orientador: Ronaldo Freire de Moura  
Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia.  
Inclui bibliografia e anexo.

CDD 631.51

1. Solo – Manejo
  2. Condicionador de solo
  3. Polímero
  4. Salinidade
  5. Beterraba
- I. Moura, Ronaldo Freire de
  - II. Título

**JOSÉ BENJAMIN MACHADO COELHO**

**APLICAÇÃO DE DOSES DO POLÍMERO *HIDRATASSOLO*  
SOBRE A CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DE  
SOLOS E DESENVOLVIMENTO DA BETERRABA, EM  
CONDIÇÕES SALINAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Dissertação aprovada em 28 de maio de 2004.

Presidente da Banca

---

Ronaldo Freire de Moura, D. Sc.

Examinadores da Banca

---

Vera Lúcia Antunes de Lima, D. Sc.

---

Maria de Fatima Cavalcanti Barros, D. Sc

---

José Ramon Barros Cantalice, D. Sc.

*Aos meus pais, José e Olívia,  
à minha tia Maria da Conceição,  
à minha esposa, Izis e  
aos meus filhos, Renato e Patrícia.*

**OFEREÇO**

*À minha inesquecível irmã Ana Cristina  
Machado Coelho (in memoriam).*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela perseverança e ânimo concedidos para a realização deste trabalho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de realização deste curso e ao Departamento de Tecnologia Rural, em especial ao diretor Prof. Romero Falcão e à secretária Sônia Pontual, por possibilitar conciliar às atividades funcionais com as acadêmicas.

Ao Orientador Professor Ronaldo Freire de Moura, pela orientação e valiosas sugestões. Aos co-orientadores Prof. José Júlio Vilar Rodrigues e Prof<sup>a</sup>. Maria de Fatima Cavalcanti Barros pelas experiências e contribuições repassadas.

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

Ao Programa de Pós-Graduação em Solo, nas pessoas do seu coordenador Prof. Fernando José Freire e dos funcionários Socorro, Noca, Josué e Camilo, pela atenção e agradável convivência.

A Biblioteca Central da UFRPE, na pessoa da funcionária Waldetrudes Pinto Jansen pelas revisões na bibliografia citada

Aos colegas da UFRPE engenheiros agrônomos Luciano Enéas e Ricardo Wanderley pela inestimável contribuição técnica e logística à realização deste trabalho. Ao laboratorista Anacleto pelas colaborações nas determinações laboratoriais.

Ao Prof. Fernando Cartaxo e engenheiros agrônomos Cirdes Nunes Moreira e Jorge Luiz da Cruz Figueredo pelas sugestões e contribuições durante o desenvolvimento desse estudo.

Aos colegas do Mestrado pela amizade e cooperação.

À minha mãe Olívia, a minha tia Conceição, aos meus irmãos Armindo, Ângela, Fernando, José Júnior, aos meus filhos Renato e Patrícia e à minha esposa Izis, pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

A todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

### CAPÍTULO 1: CARACTERIZAÇÃO DO POLÍMERO *HIDRATASSOLO* E SEU EFEITO SOBRE PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE SOLOS

Página

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO .....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1. Características gerais dos polímeros hidro-absorventes .....	03
2.2. Capacidade de absorção e retenção hídrica de polímeros .....	04
2.3. Influência dos sais na capacidade de absorção hídrica de polímeros .....	06
2.4. Influência de polímeros na condutividade hidráulica saturada de solos .....	07
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1. Caracterização do <i>hidratassolo</i> .....	08
3.1.1. Capacidade de retenção hídrica do <i>hidratassolo</i> .....	08
3.1.2. Curva característica de retenção hídrica do <i>hidratassolo</i> .....	09
3.1.3. Curva de absorção do <i>hidratassolo</i> em função do tempo .....	09
3.1.4. Capacidade de absorção do <i>hidratassolo</i> em diferentes tipos e concentrações de sais .....	10
3.1.5. Re-hidratações, com água deionizada, em <i>hidratassolo</i> previamente saturado em solução salina .....	10
3.1.6. Capacidade de absorção hídrica do <i>hidratassolo</i> sob diferentes valores da Relação de Adsorção de Sódio (RAS) .....	10
3.1.7. Capacidade de absorção hídrica do <i>hidratassolo</i> para diferentes valores de pH .....	11
3.2. Caracterização dos solos .....	11
3.3. Descrição dos tratamentos .....	12

3.3.1. Capacidade de armazenamento d'água dos solos para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	12
3.3.2. Curvas características de retenção de umidade dos solos com a aplicação de doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	13
3.3.3. Condutividade hidráulica saturada para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	13
3.3.4. Capacidade de recipiente dos solos com a aplicação de doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	13
3.4. Análise estatística .....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
4.1. Capacidade de retenção hídrica do <i>hidratassolo</i> .....	15
4.2. Capacidade de absorção do <i>hidratassolo</i> em diferentes tipos e concentrações de sais .....	18
4.3. Re-hidratações, com água deionizada, em <i>hidratassolo</i> previamente saturado em solução salina .....	19
4.4. Capacidade de absorção hídrica do <i>hidratassolo</i> sob diferentes valores de RAS .....	20
4.5. Capacidade de absorção hídrica do <i>hidratassolo</i> para diferentes valores de pH .....	21
4.6. Capacidade de retenção hídrica dos solos para doses crescentes de <i>hidratassolo</i>	
4.6.1. Capacidade de campo .....	22
4.6.2. Umidade de murcha permanente .....	24
4.6.3. Água disponível .....	25
4.6.4. Capacidade de recipiente dos solos com a aplicação de doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	26
4.6.5. Curvas características de retenção hídrica dos solos com a aplicação de doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	29
4.7. Condutividade hidráulica saturada dos solos para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	31
5. CONCLUSÕES .....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35

**CAPÍTULO 2: EFEITO DE DOSES DO POLÍMERO *HIDRATASSOLO* NO DESENVOLVIMENTO DA BETERRABA (*Beta vulgaris*, L) SOB CONDIÇÕES SALINAS**

Página

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO .....	41
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1. Salinidade dos solos .....	42
2.2. Sodicidade dos solos .....	44
2.3. Polímeros Agrícolas .....	45
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1. Caracterização do solo .....	47
3.2. Descrição dos tratamentos .....	49
3.3. Correção da sodicidade do solo .....	49
3.4. Instalação e condução do experimento .....	50
3.5. Avaliações na cultura.....	51
3.6. Análise estatística .....	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
4.1. Extrato saturado do solo .....	52
4.2. Produção de biomassa .....	54
4.2.1. Folhas .....	54
4.2.2. Raízes .....	56
5. CONCLUSÕES .....	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
ANEXOS .....	63

## INTRODUÇÃO GERAL



Um dos maiores desafios que o planeta enfrentará nas próximas décadas é a preservação dos seus recursos naturais, concomitantemente à crescente necessidade de produzir alimentos. De toda a água existente na Terra, aproximadamente 1% está efetivamente disponível para o consumo humano, a irrigação e o uso industrial.

A água é considerada como um dos principais fatores que influenciam a produção de alimentos. Um estudo realizado pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação - FAO (2003), destaca que 69% da água utilizada no mundo (2.500 km<sup>3</sup>/ano) está direcionada à atividade agrícola.

Esforços no sentido de racionalizar o uso da água têm sido empreendidos no setor agrícola, através da utilização de sistemas de rega mais eficientes (localizados), controle adequado dos volumes de água aplicados e proteção do solo para minimizar perdas por evaporação.

Nesse contexto, foram lançados no mercado, na década de 80, os polímeros super-absorventes, com o intuito de proporcionar uma maior economia de água e colheitas agrícolas rentáveis, em áreas de limitado potencial produtivo pela escassez de água.

Os polímeros hidro-absorventes são bastante conhecidos e usados em diversos países, tais como, Estados Unidos, Canadá e França, principalmente em cultivos de hortaliças, plantas ornamentais, reflorestamentos e na produção de mudas. No Brasil há relatos de seu uso na produção de hortaliças, na formação de mudas (café, eucalipto, etc) e até mesmo em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, entretanto, o uso desses produtos na agricultura extensiva ainda não se firmou devido à falta de resultados conclusivos quanto à viabilidade técnica e econômica para essas situações de cultivo.

Dentre os produtos disponíveis no mercado agrícola que se propõem a melhorar as propriedades físicas de solos, tem-se o *hidratassolo*, que é um polímero artificial, produzido na França, à base de acrilato de sódio, com capacidade de absorver centenas de vezes o seu peso em água. Em estado seco, esse polímero se

apresenta na forma granular. Quando a água se incorpora ao mesmo, sua expansão é promovida através da formação de um gel insolúvel (HIDRATASSOLO, 1998).

Em regiões áridas e semi-áridas, caracterizadas pela escassez de recursos hídricos e pela elevada evapotranspiração, os polímeros absorvem a água fornecida pela irrigação e/ou chuva e a libera para as plantas, de modo gradativo, possibilitando o emprego de turnos de rega mais espaçados. Além disso, atuam na diminuição do potencial osmótico de solos salinos em decorrência do aumento da disponibilidade de água dos mesmos. Os polímeros super-absorventes podem ainda incrementar a capacidade de armazenamento de água e reduzir perdas por percolação em solos arenosos, aumentando assim a eficiência do uso da água e dos fertilizantes pelas plantas.

Este trabalho teve como objetivos caracterizar e avaliar o polímero *hidratassolo* aplicado em diferentes solos, e no cultivo da beterraba em condições salinas, visando contribuir para o uso mais eficiente da água, sob os pontos de vista quantitativo e qualitativo, além de viabilizar o cultivo no solo em condições de salinidade, restabelecendo, por conseguinte, o seu potencial produtivo.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01	Capacidade de retenção hídrica do <i>hidratassolo</i> em tensões correspondentes à capacidade de campo e à umidade de murcha permanente (em água deionizada) ..... 16
Figura 02	Curva de absorção hídrica do <i>hidratassolo</i> em função do tempo ..... 17
Figura 03	Curva característica do <i>hidratassolo</i> para tensões entre 0 e 100 cm ..... 17
Figura 04	Curvas de retenção hídrica do <i>hidratassolo</i> em diferentes tipos e concentrações de sais ..... 18
Figura 05	Curvas de reabsorção hídrica do <i>hidratassolo</i> previamente hidratado em soluções salinas ..... 20
Figura 06	Curva de absorção hídrica do <i>hidratassolo</i> sob diferentes valores de RAS e concentração eletrolítica de 2,0 dS/m ..... 21
Figura 07	Capacidade de absorção de água do <i>hidratassolo</i> para diferentes valores de pH ..... 22
Figura 08	Capacidade de campo dos solos para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> ..... 24
Figura 09	Capacidade de recipiente e de campo para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> aplicadas em Neossolo Quartzarênico ..... 27
Figura 10	Capacidade de recipiente e de campo para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> aplicadas em Latossolo Amarelo ..... 28
Figura 11	Capacidade de recipiente e de campo para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> aplicadas em Neossolo Flúvico ..... 28
Figura 12	Curvas características de retenção hídrica do Neossolo Quartzarênico com a aplicação de doses crescentes de <i>hidratassolo</i> ..... 29
Figura 13	Curvas características de retenção hídrica do Latossolo Amarelo com a aplicação de doses crescentes de <i>hidratassolo</i> ..... 30
Figura 14	Curvas características de retenção hídrica do Neossolo Flúvico com a aplicação de doses crescentes de <i>hidratassolo</i> ..... 30
Figura 15	Condutividade hidráulica saturada dos solos com a aplicação de doses crescentes de <i>hidratassolo</i> ..... 32
Figura 16	Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo após a correção do solo ..... 52

Figura 17	Teores de sódio, cálcio e magnésio presentes no extrato de saturação do solo após a correção do solo .....	53
Figura 18	Pesos médios das folhas (g) .....	54
Figura 19	Dimensões médias das folhas (cm) .....	55
Figura 20	Quantidade média de folhas por planta .....	56
Figura 21	Pesos médios das raízes (g) .....	56
Figura 22	Dimensões médias das raízes (cm) .....	57

## 1. INTRODUÇÃO

Os microporos do solo, com suas propriedades capilares e capacidade de retenção, fazem o solo funcionar como um reservatório de água para as plantas.

Diversas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de encontrar alternativas que possibilitem incrementar a capacidade de retenção hídrica de solos com limitado potencial produtivo, especialmente aqueles com predominância de partículas grosseiras, ou localizados em regiões áridas e semi-áridas.

Nesse contexto, surgiram os hidrogéis super-absorventes, capazes de armazenar centenas de vezes o seu peso em água e liberando a água gradativamente para a planta, possibilitando assim maiores intervalos entre as irrigações. Sua utilização se baseia na aplicação direta em solos, dentro da zona explorada pelas raízes das plantas, melhorando as propriedades físicas, principalmente em solos com uma baixa capacidade de retenção hídrica e uma alta percolação.

O *hidratassolo*, polímero artificial à base de acrilato de sódio, quando seco é disposto em forma de grãos de poucos milímetros. Após saturação em água deionizada, o mesmo se transforma em um gel insolúvel, capaz de absorver uma quantidade de água equivalente a 254 vezes o seu peso. Entretanto, quando saturado em soluções salinas, o mesmo mostrou-se sensível à presença de sais de cálcio, potássio e sódio. De acordo com especificação do fabricante, o produto é projetado para durar período superior a cinco anos no solo, de modo ativo.

Os hidrogéis são usados amplamente na horticultura, paisagismo e produção de mudas (eucalipto, cafeeiro, etc), proporcionando uma maior eficiência do uso da água. Entretanto, algumas pesquisas evidenciaram que a presença de íons

essenciais às plantas, tais como cálcio, magnésio e ferro, dentre outros, na solução do solo, diminuem o desempenho desses produtos.

Este trabalho teve como objetivos: caracterizar o polímero *hidratassolo* no que se refere a sua capacidade de absorção em água deionizada, em soluções salinas e em diferentes valores de pH; e avaliar a capacidade de retenção hídrica e drenagem interna de três solos, submetidos a doses crescentes desse polímero.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Características gerais dos polímeros hidro-absorventes**

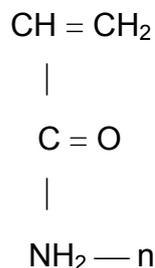
Os polímeros agrícolas super-absorventes, também chamados de hidrogéis, são aditivos utilizados para melhorar as propriedades físicas de solos, no que se refere ao aumento de sua capacidade de armazenamento d'água e a uma maior eficiência no uso da água pelas plantas (Tittonell, et al., 2002).

Os primeiros polímeros condicionadores de solos surgiram nos anos 50, dentre os quais o Krilium, um polímero orgânico sintético, com uso direcionado para 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 bastantes atacados pelos microorganismos do solo. Wallace & Wallace (1986), citado por Resende (2000).

Pesquisas foram desenvolvidas em diversas partes do mundo, culminando, no início dos anos 80, com o surgimento de uma 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 o seu próprio peso em água, os polímeros agrícolas têm sido utilizados principalmente na produção de hortaliças, flores, gramados e essências florestais, visando aumentar a disponibilidade de água no solo para as plantas (Azevedo et al., 2000).

Fonteno & Bilderback (1993), verificaram que grânulos de hidrogéis secos, após saturação e expansão livre em água destilada, durante 24 horas, passaram a pesar 317 a 372 vezes em relação aos seus pesos secos.

Dentre os condicionadores sintéticos de solos, destacam-se os polímeros de poli(acrilamida) (PAMs), formados por monômeros de acrilamida, que apresentam a seguinte estrutura química (Barvenik, 1994).



Os diferentes formatos nas estruturas químicas dos PAMs afetam sua capacidade de absorver, armazenar e liberar a água. Os co-polímeros de propenoato-propenamida, insolúveis em água, apresentam elevada habilidade para absorver e armazenar água deionizada, devido ao grande número de ligações cruzadas presentes em suas moléculas, porém são bastante sensíveis à presença de sais. Por outro lado, os polímeros de poli(acrilamida), solúveis em água, apresentam pouca capacidade de retenção hídrica e, maior tolerância aos sais, sendo empregados como agentes agregantes de solos (Johnson, 1984; Sojka & Lentz, 1996).

O processo de absorção de água em cada molécula do polímero é químico. A água é absorvida e retida pelo produto devido a um processo de repulsão eletrostática que ocorre entre as cargas na estrutura do polímero e o mesmo torna-se um gel (Varenes et al., 1997). A água pode ser retirada do gel por pressão de sucção realizada pelas raízes de plantas ou por evaporação atmosférica, havendo nestes casos uma redução gradual do tamanho do gel (Johnson, 1984). Os polímeros à base de poli(acrilamida) não sofrem ação microbiana, porém são degradados pela incidência direta dos raios ultravioletas do sol e por sucessivos fracionamentos dos cultivos, sendo assim decompostos em produtos inócuos tais como o dióxido de carbono, amônia e água (Azzam, 1983).

## **2.2. Capacidade de absorção e retenção hídrica de polímeros**

Trabalhos desenvolvidos por diversos pesquisadores comprovam a eficiência dos hidrogéis como condicionadores físicos de solos, proporcionando melhorias no

armazenamento de água nos solos (Prevedello & Balena, 2000; Rezende, 2000; Azevedo et al., 2002).

Fonteno & Bilderback (1993) ao avaliarem o efeito da adição de hidrogel de poli(acrilamida) em substratos arenosos, constataram que pelo menos 95% da água retida nos polímeros em tensões superiores a  $-1,5$  MPa, estavam disponíveis para as plantas. Verificaram ainda que a efetividade em absorver água dos géis de poli(acrilamida), em substrato arenosos, é influenciada por restrições físicas à expansão. Varennes et al. (1997) também verificaram incremento da água disponível para as plantas, a qual aumentou três vezes quando se adicionou a um solo arenoso hidrogéis de poli(acrilato de sódio), a uma concentração de 0,2%. Os mesmos autores constataram também que a retenção de água no solo aumentou linearmente com os níveis de polímeros incorporados.

Prevedello & Balena (2000), estudando o efeito de um polímero hidrorretentor (TerraCottem), sobre dois meios porosos, constataram que a partir da concentração de  $8 \text{ kg/m}^3$  as propriedades físico-hídricas dos mesmos foram dominadas pelo efeito dos polímeros. Ainda, segundo esses autores, para a concentração de  $32 \text{ kg/m}^3$  a capacidade de retenção hídrica de um Latossolo Argiloso foi acrescida em 2,0 vezes, enquanto que a de um Neossolo Quartzarênico, foi aumentada em 7,5 vezes.

O *hidratassolo* é um polímero artificial, produzido na França, à base de acrilato de sódio, que apresenta grande capacidade para absorver e reter água a baixos potenciais matriciais. Quando saturado e submetido à tensão de  $-0,01$  MPa, o mesmo chegou a reter 90 vezes o valor do seu próprio peso em água (Rezende, 2000).

Por outro lado, alguns trabalhos não têm apresentado resultados satisfatórios com o uso dos polímeros. Sivapalan (2001) ao aplicar pequenas taxas de um co-polímero sintético aniônico (0,03 e 0,07%, à base de massa) em um solo arenoso, na tensão  $-0,01$  MPa, constatou um aumento da retenção hídrica de 23 e 95%, respectivamente. Entretanto, ao avaliar a retenção entre  $-0,01$  a  $-1,5$  MPa, verificou não haver diferença significativa da água disponível entre os tratamentos. Bruxel et al. (2002) estudando os efeitos da adição de doses do condicionador de solos (AQUASORB-3005) em substrato comercial, sobre a produção de mudas de tomate industrial, para diferentes lâminas de irrigação, concluíram que as doses do condicionador tiveram pouca influência no desenvolvimento das mudas, no que se refere à altura e massa seca total.

White & Mastalerz (1966), definiram a capacidade de recipiente como sendo a percentagem de água, à base de volume, armazenada por um substrato em um recipiente com uma determinada altura, após saturação (tensão hídrica zero), deixando-se drenar na ausência de evapotranspiração, sendo esse o limite máximo de água para aquele substrato e para aquele tipo e profundidade de recipiente. Fonteno & Bilderback (1993) estudando o impacto da adição de hidrogel de poliácridamida em propriedades físicas de substratos hortícolas arenosos, verificaram que a capacidade de recipiente foi aumentada com taxas crescentes de hidrogel nos substratos. Comparando a capacidade de campo determinada em laboratório com a capacidade de água retida em vasos pelo método gravimétrico direto, Souza et al. (2002), constataram que a faixa de água disponível no solo, determinada pelo método direto em condições de vaso, supera a obtida pelo método de laboratório.

### **2.3. Influência dos sais na capacidade de absorção hídrica de polímeros**

Pesquisas mostraram que a presença de sais dissolvidos na água tem influência variada na efetividade de absorção de água dos polímeros. Pequenos aumentos de sais solúveis na água reduzem a capacidade de absorção de determinados polímeros. Estudo realizado por Bowman et al. (1990), com três polímeros hidrófilos à base de poliácridamida, constatou que a hidratação foi inibida por concentrações salinas de fertilizantes, e que sua capacidade de absorção, na presença de cátions divalentes ( $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ), e cátions monovalentes ( $\text{K}^+$  e  $\text{NH}_4^+$ ), a 20 mmol/L, foi reduzida a aproximadamente 10% e 20%, respectivamente. Os autores ainda observaram, que apenas os polímeros saturados em sais de sódio recuperaram plenamente sua capacidade de absorção, após sucessivas lavagens com água deionizada. Woodhouse & Johnson (1991) estudando o efeito de sais e fertilizantes sobre hidrogéis à base de poliácridamida, também verificaram que as propriedades de armazenamento de água dos polímeros foram modificadas por sais solúveis presentes em águas de irrigação. Varennes et al. (1997), trabalhando com dois polímeros à base de acrilato de sódio, constataram que os mesmos possuíam grande habilidade de absorção em água deionizada. Entretanto, quando saturados em soluções salinas contendo cátions monovalentes (NaCl e KCl, a 0,10 mol/L), diminuíram sua capacidade de absorção em torno de 80%.

#### **2.4. Influência de polímeros na condutividade hidráulica saturada dos solos**

A condutividade hidráulica é a propriedade de um meio poroso se deixar atravessar pela água (Brasil, 2002). A determinação da condutividade hidráulica saturada pode ser feita através de métodos de laboratório e de campo. As metodologias de laboratório mais usuais são: permeâmetro de carga constante e de carga variável (Barreto et al., 2001).

Prevedello & Balena (2000) ao avaliarem os efeitos dos hidrogéis nas propriedades físicas de um Neossolo Quartzarênico Marinho e de um Latossolo Argiloso, observaram que o aumento na concentração dos polímeros acarretou numa redução nos valores da condutividade hidráulica saturada para ambos os solos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Estudo foi realizado, em laboratórios do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, visando avaliar a capacidade de absorção do polímero *hidratassolo* em água deionizada, em soluções salinas e em soluções com diferentes valores de pH. Também, avaliou-se o efeito de doses do *hidratassolo* sobre propriedades físico-hídricas de três solos.

#### 3.1. Caracterização do *hidratassolo*

O *hidratassolo*, polímero artificial à base de acrilato de sódio, tal qual é comercializado, apresenta-se na forma granular, possuindo uma umidade residual em torno de 10% e uma distribuição por tamanho de grânulos de acordo com as seguintes classes: menores que 1,0mm → 4,1%; de 1,0 a 2,0mm → 29,5%; de 2,0 a 4,0mm → 66,1%; e maiores que 4mm → 0,3%.

##### 3.1.1. Capacidade de retenção hídrica do *hidratassolo*

A retenção hídrica em potenciais matriciais equivalentes à capacidade de campo (CC) e a umidade de murcha permanente (UMP) foram determinadas por gravimetria, no extrator de placa e pressão de RICHARDS, segundo metodologias propostas pela EMBRAPA (1997). Grânulos de *hidratassolo*, com 1g, foram colocados diretamente nos anéis da placa do referido extrator, para saturação por

24h. A determinação dos potenciais matriciais equivalentes à capacidade de campo foram obtidos após equilíbrio às tensões de -0,01 MPa e -0,03 MPa, enquanto que o potencial matricial equivalente a umidade de murcha permanente foi obtido após equilíbrio à tensão de -1,5 MPa.

O teor de umidade correspondente à água disponível para as plantas, foi calculado pela diferença entre as umidades equivalentes à capacidade de campo e a umidade de murcha permanente, sendo expresso em dag/kg.

### **3.1.2. Curva característica de retenção hídrica do *hidratassolo***

A curva característica do *hidratassolo* foi determinada nos potenciais matriciais: 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 75 e 100 cm, usando o funil de placa porosa, segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

Grânulos de *hidratassolo* foram colocados diretamente nos anéis de pvc (53 cm<sup>3</sup>) contidos nas placas porosas dos Funis de Buckner, para saturação em água, por um período de 24 horas.

Após o equilíbrio à tensão de 100 cm, as amostras foram pesadas e colocadas em estufa à 105°C para determinação dos teores de umidade à base de massa.

### **3.1.3. Curva de absorção hídrica do *hidratassolo* em função do tempo**

A curva de absorção de água do *hidratassolo* em função do tempo, foi determinada utilizando-se amostras com 1 grama do produto comercial, colocadas em recipientes e submetidas à hidratação em 500 mL de água deionizada por tempos pré-estabelecidos de: 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 240 min e 24h. Decorridos os tempos propostos, as amostras em processo de hidratação, foram colocadas em peneiras (malha de 0,5 mm) para possibilitar a drenagem da água gravitacional. Cessada totalmente a drenagem natural, as amostras foram novamente pesadas.

#### **3.1.4. Capacidade de absorção do *hidratassolo* em diferentes tipos e concentrações de sais**

Soluções salinas foram preparadas a partir de cloreto de cálcio e cloreto de sódio, nas condutividades elétricas de: 0; 0,5; 1; 2; 4 e 8 dS/m a 25°C.

Amostras de *hidratassolo*, com 1g, foram colocadas em recipientes e submetidas à saturação em 500 mL de soluções de cloreto de cálcio e de cloreto de sódio, por um período de 24 h. Durante o processo de saturação, os recipientes foram cobertos com filmes plásticos para impedir a evaporação da solução. Concluída a saturação, as amostras foram colocadas em peneiras de malha de 0,5 mm para drenagem da água gravitacional e posterior avaliação gravimétrica.

#### **3.1.5. Re-hidratações, com água deionizada, em *hidratassolo* previamente saturado em solução salina**

Amostras de *hidratassolo*, inicialmente saturadas em soluções salinas de cloreto de cálcio e de cloreto de sódio, nas concentrações correspondentes a 8 dS/m, foram submetidas a saturações por períodos de 24h com água deionizada (300 mL). Após cada dia de hidratação, as amostras foram drenadas e pesadas (procedimento descrito no item 3.1.4). Em seguida, novos volumes de água deionizada foram adicionados às amostras, até a obtenção de peso constante do *hidratassolo*.

#### **3.1.6. Capacidade de absorção hídrica do *hidratassolo* sob diferentes valores da Relação de Adsorção de Sódio (RAS)**

Soluções salinas foram preparadas a partir de sais de cálcio e de sódio, para avaliação da capacidade de absorção do *hidratassolo*, nos seguintes valores da RAS: 0, 8, 16, 24 e 32. Para todas as RAS, foi mantida uma condutividade elétrica em torno de 2,0 dS/m.

Amostras de *hidratassolo*, com 1g, foram colocadas em recipientes com 500 mL de cada solução salina, para saturação por 24h. A avaliação do desempenho do polímero foi feita por gravimetria, conforme descrito no item 3.1.4.

### **3.1.7. Capacidade de absorção hídrica do *hidratassolo* para diferentes valores de pH**

Soluções foram preparadas a fim de avaliar a capacidade de retenção hídrica do *hidratassolo*, nos pH: 1;4;7;10 e 13.

Para a obtenção dos valores de pH utilizou-se, na faixa ácida, o ácido sulfúrico, enquanto que, na faixa neutra e alcalina, usou-se o hidróxido de sódio.

Amostras de *hidratassolo*, com 1g, foram colocadas em recipientes com 500 mL das referidas soluções, para saturação por 24h, sendo a avaliação do desempenho do polímero feita por gravimetria, conforme descrito no item 3.1.4.

### **3.2. Caracterização dos Solos**

Foram utilizadas amostras de dois solos da Zona da Mata e um solo da Zona do Sertão do Nordeste brasileiro, conforme a seguinte descrição:

O horizonte A de um Neossolo Quartzarênico, classe textural areia, localizado no município de Caaporã-PB, coletado a uma profundidade de 0 a 30cm;

O Bw1 de um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, localizado no município de Sirinhaém-PE, coletado em horizonte subsuperficial, à uma profundidade de 70 a 155 cm; e,

Um Neossolo Flúvico, de textura franca, coletado na profundidade de 0 a 40 cm, situado no município de Custódia-PE.

Após coletadas, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). Com a TFSA foram realizadas algumas análises para caracterização física do solo de acordo com EMBRAPA (1997). A densidade global foi determinada pelo método da proveta para o Neossolo Quartzarênico e pelo método do torrão parafinado para o Latossolo Amarelo e para o Neossolo Flúvico; a densidade das partículas realizada pelo método do balão volumétrico e a análise granulométrica determinada pelo método do densímetro de Boyoucos, com dispersão química pelo uso do hexametáfosfato de sódio, seguida de agitação mecânica, em amostras retiradas das profundidades específicas. A porosidade total ( $P_t$ ) foi calculada levando-se em consideração as densidades, conforme a seguinte expressão:  $P_t = 1 - (d_g / d_p)$ , onde  $d_g$  = densidade

global e  $d_p$  = densidade das partículas; a umidade residual foi determinada por gravimetria. Os resultados obtidos constam no quadro 01.

Quadro 01: Caracterização física dos solos utilizados.

Classe de solo	Granulometria			Classe Textural	Densidade		Porosidade Total (%)	Umidade residual ( $\text{dag.kg}^{-1}$ )
	Areia	Silte	Argila		Partícula	Global		
	( $\text{dag.kg}^{-1}$ )				( $\text{g.cm}^{-3}$ )			
Neos. Quartzarênico	91,1	4,2	4,7	Areia	2,60	1,58	39,2	2,06
Latossolo Amarelo	25,9	3,3	70,8	Muito argiloso	2,68	1,10	58,9	3,11
Neossolo Flúvico	45,0	33,8	21,2	Franco	2,47	1,37	44,5	2,00

### 3.3. Descrição dos tratamentos

O ensaio foi composto por quatro tratamentos, incluindo três concentrações do polímero e a testemunha. Os tratamentos foram os seguintes:  $T_0 = 0$ ;  $T_1 = 0,05$ ;  $T_2 = 0,10$  e  $T_3 = 0,20$   $\text{dag/kg}$ , referindo-se ao peso seco do *hidratassolo* (com umidade tal qual é comercializado) e do solo.

#### 3.3.1. Capacidade de armazenamento d'água dos solos para doses crescentes de *hidratassolo*

Valores de capacidade de campo e de umidade de murcha permanente dos solos foram determinados, em amostras deformadas, para cada tratamento.

As estimativas da capacidade de campo e umidade de murcha permanente foram determinadas por gravimetria, no extrator de placa e pressão de RICHARDS, segundo metodologias propostas pela EMBRAPA (1997). A capacidade de campo foi obtida após equilíbrio às tensões de  $-0,01$  MPa (para o Neossolo Quartzarênico) e  $-0,03$  MPa (para o Latossolo Amarelo e Neossolo Flúvico), enquanto que, a umidade de murcha permanente foi obtida após equilíbrio à tensão de  $-1,5$  MPa. A água disponível foi calculada pela diferença entre a capacidade de campo (CC) e a umidade de murcha permanente (UMP), expressa em  $\text{dag/kg}$ .

### **3.3.2. Curvas características de retenção de umidade dos solos com a aplicação de doses crescentes de *hidratassolo***

Foram determinadas curvas referentes a baixos potenciais matriciais: 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 75 e 100 cm, usando o funil de placa porosa, segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

As curvas características foram obtidas para cada tratamento. Os tratamentos foram preparados de forma que obedecessem as concentrações previamente definidas e preenchessem os volumes totais dos anéis.

Após o equilíbrio à tensão de 100 cm, as amostras foram pesadas e encaminhadas à estufa a 105°C para determinação dos teores de umidade à base de massa.

### **3.3.3. Condutividade hidráulica saturada para doses crescentes de *hidratassolo***

A metodologia utilizada para determinação da condutividade hidráulica saturada foi a do permeâmetro de carga constante, proposta pela EMBRAPA (1997), utilizando-se amostras deformadas.

Como recipientes, para realização do ensaio, foram utilizadas colunas de PVC com diâmetros internos de 4,7cm e alturas de 20 cm. Estas colunas foram preenchidas até uma altura de 18 cm, para todos os tratamentos.

Para possibilitar a plena expansão dos polímeros no interior das colunas, as misturas foram previamente saturadas por um período de 24 horas.

Na preparação das misturas, os polímeros foram incorporados a uma profundidade de 5 cm da superfície do solo, a fim de evitar a sua exposição acima do solo.

### **3.3.4. Capacidade de recipiente dos solos com a aplicação de doses crescentes de *hidratassolo*.**

As capacidades de recipientes dos solos foram obtidas para cada tratamento, conforme metodologia proposta por Pragana (2000).

Como recipientes foram utilizadas colunas de pvc com diâmetros internos de 10cm e alturas de 20cm. Essas colunas foram preenchidas até uma altura de 18 cm, para todos os tratamentos. Na parte inferior de cada coluna foi colocada uma camada de cascalho, com granulometria entre 2 e 4 mm para evitar possíveis perdas de material e facilitar o processo de drenagem da água.

Volumes de água foram adicionados repetidas vezes às colunas com a finalidade de se obter a máxima saturação possível. Em seguida, as colunas drenaram livremente por um período de 24 horas, até cessar totalmente o fluxo d'água. A água utilizada para saturação das amostras apresentou uma condutividade elétrica de 89,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

A capacidade de recipiente na base de massa ( $\Theta_m$ ), expressa em dag/kg, foi determinada pela equação:

$$\Theta_m = \frac{(PMU - PMS) \cdot 100}{PMS}$$

Onde:

PMU = peso da mistura úmida após cessada a drenagem natural (g);

PMS = peso da mistura seca em estufa a 105 °C (g).

### **3.4. Análise estatística**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram interpretados por meio da análise de variância, através do Teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Capacidade de retenção hídrica do *hidratassolo*

A figura 01 relaciona o peso do *hidratassolo* saturado e submetido às tensões acima citadas em relação ao seu peso seco. Desta forma, verificou-se que cada grama de *hidratassolo* seco, após saturação e aplicação das tensões de -0,01, -0,03 e -1,5 MPa, passaram a pesar 98,81; 67,02 e 16,25 g, respectivamente. Esses resultados são coerentes com os obtidos por Rezende (2000), onde o *hidratassolo*, nos potenciais matriciais de -0,01 e -1,5 MPa, reteve cerca de 90 vezes e 17 vezes o seu próprio peso em água, respectivamente.

Os resultados obtidos mostraram elevada capacidade de armazenamento d'água por parte do produto. No extrator de RICHARDS, quando o *hidratassolo*, inicialmente saturado, foi submetido às tensões de -0,01 e -0,03 MPa, equivalentes à capacidade de campo, e -1,5 MPa, correspondente à umidade de murcha permanente, apresentou retenções hídricas de 10.984, 7.705 e 2.232 dag/kg, para as respectivas tensões. Com isso, o teor de água disponível para as plantas foi de 8.752 e 5.473 dag/kg, considerando valores de capacidade de campo de -0,01 e -0,03 MPa, respectivamente.

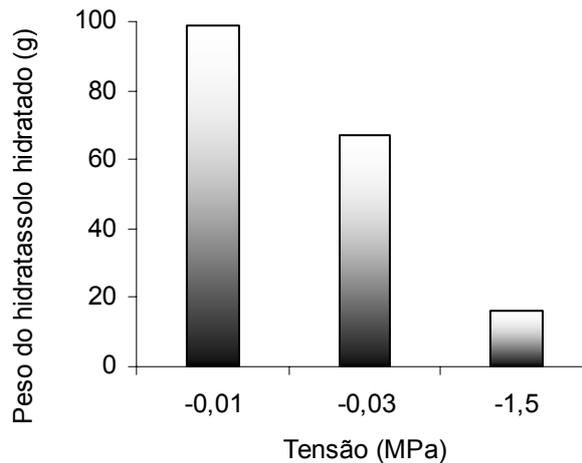


Figura 01: Capacidade de retenção hídrica do *hidratassolo* em tensões correspondentes à capacidade de campo e à umidade de murcha permanente (em água deionizada).

A figura 02 mostra os resultados da curva de absorção de água do *hidratassolo* em função do tempo, usando-se água deionizada ( $5 \mu\text{S}/\text{cm}$  a  $25^\circ\text{C}$ ). Os dados revelam uma rápida absorção da água pelo polímero nas primeiras horas do teste. Esses resultados são coerentes com Gervásio (2003), que verificou uma intensa absorção hídrica do polímero TerraCottem, nas duas primeiras horas de teste, o qual inferiu a rápida absorção inicial do produto a uma característica intrínseca dos polímeros hidroabsorventes.

Com 240 min de teste, o *hidratassolo* aumentou cerca de 225 vezes o seu peso, quando comparado com o seu peso inicial. Já quando saturado por um período de 24 horas, o mesmo aumentou cerca de 254 g por grama do produto seco. Os resultados obtidos estão de acordo com Bowman et al. (1990) que observaram uma elevada capacidade de absorção de géis de poliácridamida em água deionizada, chegando a reter de 340 a 420 g por grama do gel. Prevedello & Balena (2000) também relataram a expressiva capacidade de retenção hídrica de polímero (TerraCottem) quando saturado em água deionizada, o qual aumentou mais de 200 vezes, em relação ao seu peso inicial.

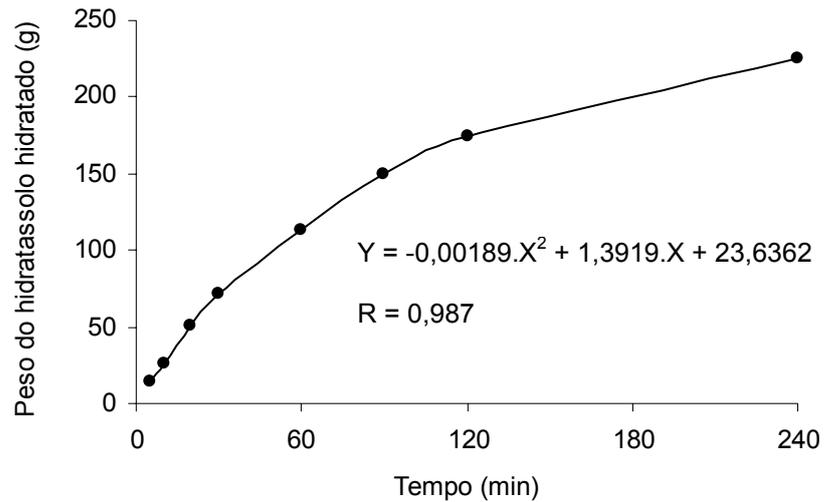


Figura 02: Curva de absorção hídrica do *hidratassolo* em função do tempo.

Na figura 03, temos a curva característica do *hidratassolo* submetida a tensões, variando de 1 a 100 cm. Os resultados obtidos na figura 03 mostram que a umidade diminuiu com o aumento das tensões e que maior parte da água retirada das amostras de *hidratassolo* ocorreu nos primeiros 10 cm de sucção, provavelmente devido as águas acumuladas entre os géis do produto. A partir daí, a sucção exercida praticamente não conseguiu retirar água do interior dos polímeros. Ao ser aplicada uma sucção de 100 cm o polímero reteve 18.279 dag/kg, valor este superior aos 10.984 dag/kg obtidos no extrator de RICHARDS (pressão positiva) a -0,01 MPa.

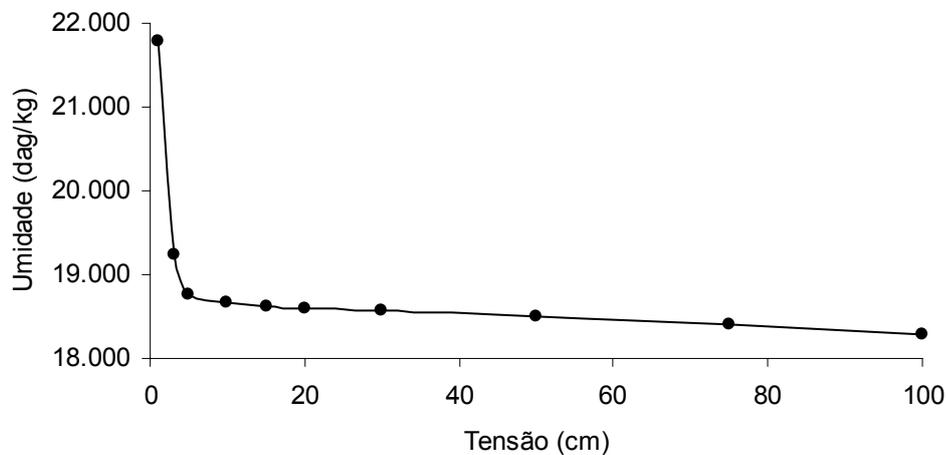


Figura 03: Curva característica do *hidratassolo* para tensões entre 0 e -100 cm.

## 4.2. Capacidade de absorção do *hidratassolo* em diferentes tipos e concentrações de sais

A figura 04 mostra a capacidade de absorção do *hidratassolo* quando saturado em água deionizada e em diferentes tipos e concentrações salinas, para períodos de saturação de 24 h.

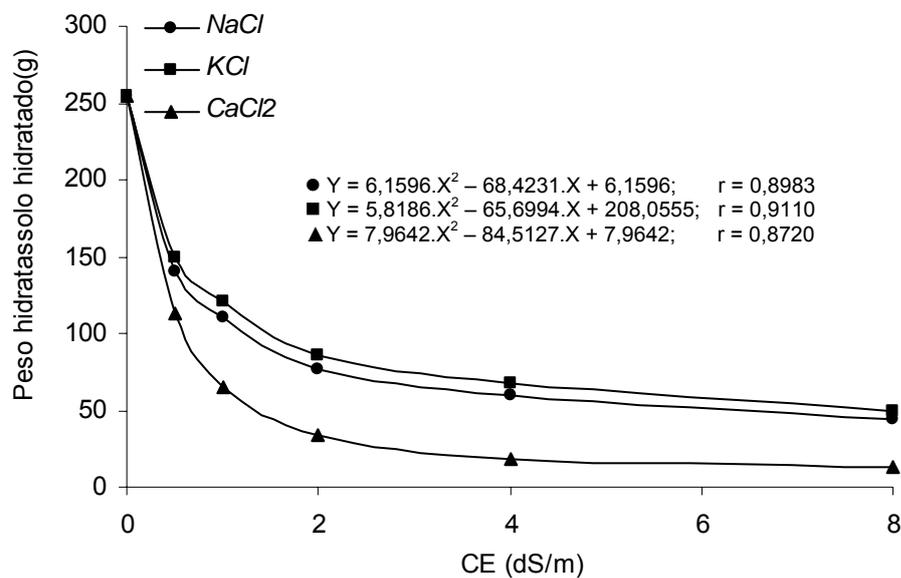


Figura 04: Curvas de retenção hídrica do *hidratassolo* em diferentes tipos e concentrações de sais.

Observando a figura 04 verifica-se que a capacidade de armazenamento d'água do polímero foi reduzida pela presença de sais, tomando como referência a absorção em água deionizada. Os sais de cálcio (cátion bivalente) promoveram uma menor absorção de água do polímero do que os de sódio e de potássio (cátions monovalentes). James & Richards (1986), concluíram que os cátions divalentes ( $Ca^{2+}$ ;  $Mg^{2+}$ ) desenvolvem interações fortes com os géis do polímero e podem deslocar moléculas de água encontradas dentro do polímero. Embora cátions monovalentes ( $Na^+$ ) também possam substituir moléculas de água, o efeito não é tão pronunciado quanto com os divalentes, havendo reversibilidade do processo quando o mesmo é saturado repetidas vezes com água deionizada.

Quando se utilizou uma condutividade elétrica de 8 dS/m, de cloretos de cálcio, sódio e potássio, respectivamente, a redução na capacidade de absorção do *hidratassolo* foi de 94,7% na presença de sal de cálcio, 82,8% para sal de sódio e 80,7% para sal de potássio. Esses resultados são compatíveis com os obtidos por Bowman et al. (1990), os quais relataram que a intensidade de redução de absorção está relacionada com a valência do íon presente na solução, e que a absorção foi mais afetada pela presença do cátion bivalente ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Varennes et al. (1997) também observaram elevada capacidade de absorção em polímeros de poliacrilato de sódio, quando aplicados em água deionizada, mas que esta capacidade foi reduzida em cerca de 80% quando em solução de NaCl ou KCl a 0,10 mol/L. Resultados semelhantes foram obtidos por Gervásio (2003), onde a hidratação de um polímero à base de acrilamida, em solução fertilizante, com condutividade elétrica de 9,0 dS/m, reduziu a capacidade de absorção do polímero em 79,45% da alcançada em água destilada. Esses resultados indicam limitações de uso desse polímero em ambientes com solos afetados por sais.

#### **4.3. Re-hidratações, com água deionizada, em *hidratassolo* previamente saturado em solução salina**

Os resultados das curvas de reabsorção hídrica do *hidratassolo* previamente hidratado em soluções salinas é visto na figura 05. Nesta, pode-se verificar uma tendência à estabilização da capacidade de absorção do polímero já a partir do terceiro dia da re-hidratação, tanto para o sal de cálcio como para o sal de sódio. Verifica-se ainda que o *hidratassolo* saturado na solução de cloreto de sódio (43,7 g) recuperou plenamente a sua capacidade de absorção, tomando como referência a água deionizada, mostrando neste caso a reversibilidade do processo, enquanto que o *hidratassolo* saturado na solução de cloreto de cálcio recuperou apenas 30,2% da sua capacidade máxima de absorção, obtida em água deionizada. Isso possivelmente deve-se as reações químicas ocorridas no interior do polímero, impedindo a expansão e absorção d'água por parte do polímero devido a uma forte união ocorrida das ligações com tais sais. Estes resultados são coerentes com os apresentados por Bowman et al. (1990), em que géis re-hidratados com água deionizada reverteram completamente a sua capacidade expansiva para cátions monovalentes, mas não para cátions divalentes ( $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ).

Desta forma, a aplicação de condicionadores químicos de solos como o gesso e o calcário, usados para correção de solos sódicos/salino-sódicos e ácidos, respectivamente, poderão acarretar reduções irreversíveis de sua capacidade de absorção.

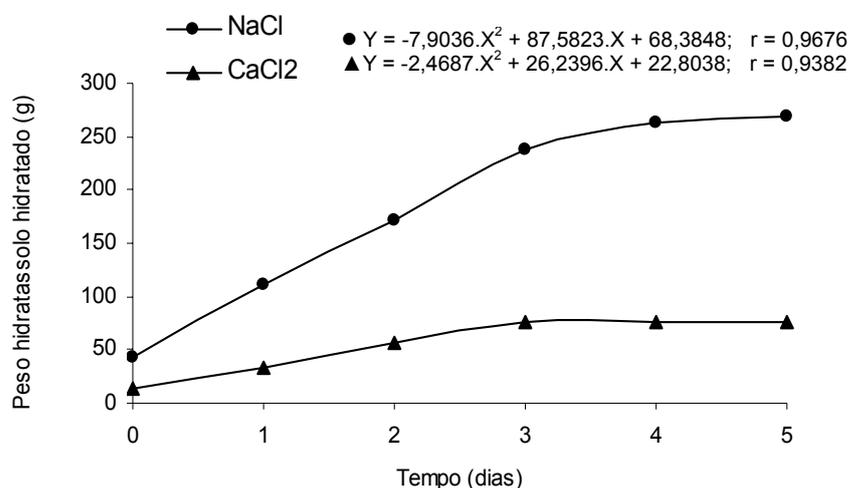


Figura 05: Curvas de reabsorção hídrica do *hidratassolo* previamente hidratado em soluções salinas.

#### 4.4. Capacidade de absorção hídrica do *hidratassolo* sob diferentes valores da Relação de Adsorção de Sódio (RAS)

A figura 06 mostra os resultados da capacidade de absorção hídrica do *hidratassolo* submetido a diferentes valores de RAS e concentração eletrolítica de 2,0 dS/m, para períodos de saturação de 24 h. Quando o *hidratassolo* foi saturado em solução salina com valor de RAS próximo a zero, o mesmo aumentou seu peso em 35,81 vezes, em relação ao seu peso seco, enquanto que, para RAS igual a 32, esse valor foi de 74,53 vezes. Constata-se assim que a taxa de absorção de água do polímero cresce à medida que diminuiu a quantidade de cálcio e aumentou a de sódio na solução salina. Isso se deve ao fato do cálcio desenvolver interações mais fortes com os géis do polímero do que o sódio, deslocando mais moléculas de água para fora do produto (James & Richards, 1986).

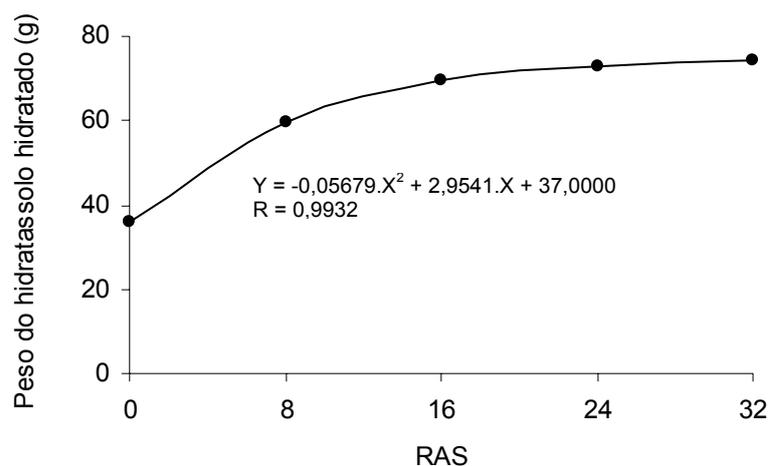


Figura 06: Capacidade de absorção hídrica do *hidratassolo* sob diferentes valores de RAS e concentração eletrolítica de 2,0 dS/m.

#### 4.5. Capacidade de absorção hídrica do *hidratassolo* para diferentes valores de pH

A figura 07 mostra a capacidade de absorção hídrica do *hidratassolo* saturado em soluções com diferentes valores de pH, para períodos de 24 h. Verifica-se que para valores de pH igual a: 4, 7 e 10, o polímero absorveu 244,29; 244,20 e 243,71 vezes o seu peso em água, respectivamente, em relação ao seu peso. Esses valores não se diferenciaram estatisticamente entre si, e representaram cerca de 96% da absorção máxima, obtida pelo polímero em água deionizada. Entretanto quando a saturação foi feita em soluções com pH = 1 e pH = 13, ocorreu uma brusca redução da efetividade de retenção hídrica do *hidratassolo*, absorvendo nesses casos, apenas 7,96 e 39,62 vezes o seu peso em água, respectivamente, quando comparado com o seu peso seco.

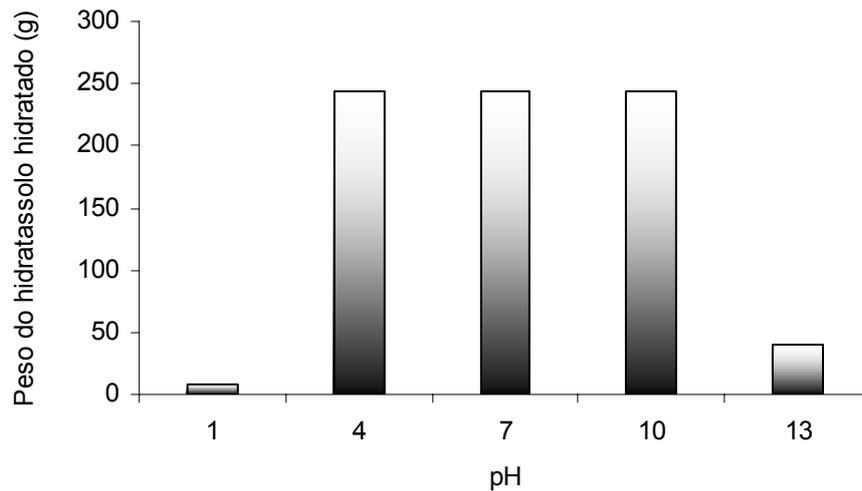


Figura 07: Capacidade de absorção de água do *hidratassolo* para diferentes valores de pH.

#### 4.6. Capacidade de retenção hídrica dos solos para doses crescentes de *hidratassolo*

##### 4.6.1. Capacidade de campo (CC)

No quadro 02 estão apresentadas médias dos tratamentos, referentes à capacidade de campo dos solos, para doses crescentes de *hidratassolo*. A análise estatística mostrou haver diferenciação entre valores de capacidade de campo, em função das doses do *hidratassolo*, para todos os tratamentos do Neossolo Quartzarênico e do Latossolo Amarelo, e entre os tratamentos com polímero, do Neossolo Flúvico. Neste último, apenas entre a menor dosagem do polímero e a testemunha, não houve diferenças.

Ao se comparar os valores de retenção hídrica na CC, referentes a maior dosagem do polímero (0,20 dag/kg) com a testemunha, observa-se haver acréscimos da ordem de 3,29 vezes; 1,37 vez e 1,16 vez, para o Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e Neossolo Flúvico, respectivamente, em relação ao peso do *hidratassolo* seco. A expressiva ação do polímero no Neossolo Quartzarênico está relacionada à baixa capacidade de campo da testemunha, sem polímero, (7,17 dag/kg), onde o solo está constituído por 91,1% de areia e a tensão utilizada de -0,01 MPa, indicada para solos de texturas arenosas, que proporcionou

uma maior retenção de água no polímero do que a tensão de -0,03 MPa, aplicada nos demais solos. Já o acréscimo de apenas 16% verificado no Neossolo Flúvico, entre os mesmos tratamentos, se deveu não só a elevada capacidade de campo de testemunha (20,27%), mas também a presença de elevada concentração salina no referido solo (8 dS/m), a qual reduziu a absorção de água por parte do polímero.

Quadro 02: Capacidade de campo dos solos para doses crescentes de *hidratassolo* – Média de 4 repetições.

DOSE (dag/kg)	CAPACIDADE DE CAMPO (dag/kg)		
	Neossolo Quartzarênico	Latossolo Amarelo	Neossolo Flúvico
0	7,187 d	27,717 d	20,272 c
0,05	11,265 c	29,722 c	20,635 c
0,10	15,327 b	32,310 b	21,557 b
0,20	23,687 a	38,067 a	23,517 a
DMS	1,13	1,65	0,48
CV (%)	3,74	2,46	1,06

Tratamentos com letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade (Teste de Tukey).

Verifica-se ainda no quadro 02 que a capacidade de campo do Neossolo Quartzarênico, para a maior dosagem do polímero, chegou se a igualar com a capacidade de campo do Neossolo Flúvico, caracterizando, neste caso, o domínio do polímero sobre a retenção hídrica no solo arenoso. Resultado semelhante foi obtido por Prevedello & Balena (2000), os quais verificaram que a partir da concentração de  $8 \text{ kg.m}^{-3}$  as propriedades físico-hídricas de um Neossolo Quartzarênico Marinho e de um Latossolo Argiloso foram dominadas pela ação de polímeros hidro-retentores.

A figura 08 apresenta o gráfico da capacidade de campo em função de doses crescentes de *hidratassolo*, para os 3 solos em estudo. Pode ser observado que a retenção hídrica aumentou de forma linear com o aumento da concentração do polímero, para os 3 solos. Varennes et al. (1997) também encontraram correlações lineares entre doses de polímeros de poliacrilato de sódio, aplicados em solos arenosos, e a capacidade de retenção hídrica.

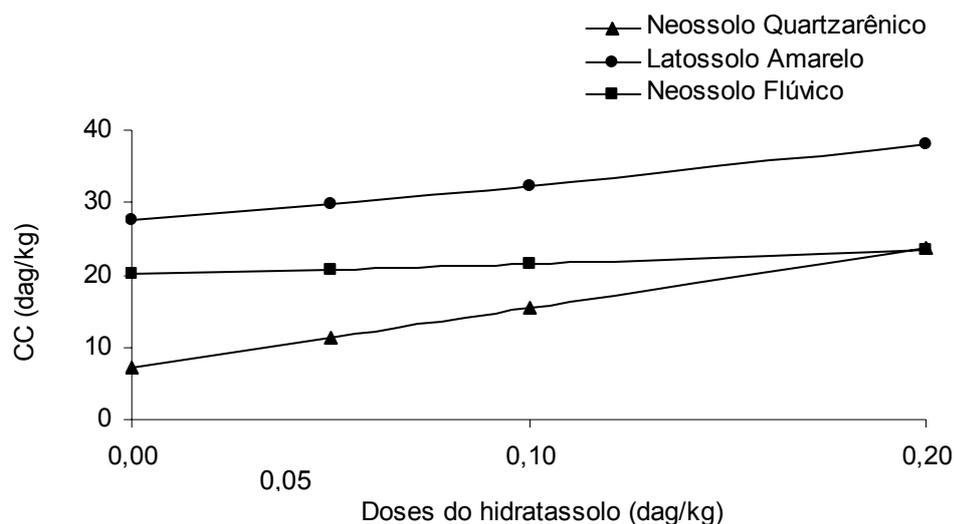


Figura 08: Capacidade de campo dos solos para doses crescentes de *hidratassolo*.

#### 4.6.2. Umidade de murcha permanente (UMP)

No quadro 03, estão apresentadas as médias dos tratamentos referentes à umidade de murcha permanente para doses crescentes de *hidratassolo*. A análise estatística mostrou que houve diferenciação entre valores de umidade de murcha permanente em função das doses do *hidratassolo*, para todos os tratamentos do Neossolo Quartzarênico. No Latossolo Amarelo e no Neossolo Flúvico, apenas a dose de menor concentração do polímero (0,05 dag/kg) não diferenciou da testemunha.

Ao se comparar os valores de retenção hídrica na UMP, referentes à maior dosagem do polímero (0,20 dag/kg) com a testemunha, observa-se haver acréscimos da ordem de 5,94 vezes; 1,14 vez e 1,25 vez, para o Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e Neossolo Flúvico, respectivamente, em relação ao peso do *hidratassolo* seco. Os notáveis valores de UMP verificados no Neossolo Quartzarênico, mais uma vez, confirmam o domínio da ação do polímero sobre a retenção hídrica no referido solo, cuja UMP da testemunha é de apenas 2,58 dag/kg. Isso evidencia uma condição muito desfavorável, ou seja: mesmo a -1,5 MPa o *hidratassolo* mantém retida em sua estrutura uma grande quantidade de água, que, possivelmente, estará indisponível para as plantas. No caso do Latossolo Amarelo, devido à testemunha já possuir elevada UMP (20,44%), a aplicação da maior dose de *hidratassolo*, quando comparada à testemunha, aumentou a retenção hídrica, à -

1,5 MPa, em apenas 14%, Mesmo assim, observou-se diferenças significativas entre as 3 doses do polímero. Já com referência ao Neossolo Flúvico, que possui uma UMP de 7,65%, a elevada concentração salina (8 dS/m) presente neste solo, limitou, possivelmente, a retenção de água no polímero.

Quadro 03: Umidade de murcha permanente dos solos para doses crescentes do *hidratassolo* – Média de 4 repetições.

DOSE Dag/kg	UMIDADE DE MURCHA PERMANENTE (dag/kg)		
	Neossolo Quartzarênico	Latossolo Amarelo	Neossolo Flúvico
0	2,585 d	20,440 c	7,657 c
0,05	5,710 c	20,887 c	7,932 c
0,10	8,720 b	21,617 b	8,512 b
0,20	15,360 a	23,330 a	9,612 a
DMS	0,98	0,59	0,45
CV (%)	5,79	1,30	2,54

Tratamentos com letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. (Teste de Tukey)

#### 4.6.3. Água disponível (AD)

No quadro 04, estão apresentadas as médias dos tratamentos referentes à água disponível para as plantas para doses crescentes de *hidratassolo*. De acordo com a análise estatística, Observou-se que o teor de água disponível para o Neossolo Quartzarênico, na maior dosagem, superou as demais ( $P < 5\%$ ). No entanto, a dosagem 0,10 dag/kg não diferenciou da dosagem 0,05 dag/kg, nem esta da testemunha.

Ao se comparar os valores de água disponível, referentes à maior dosagem do polímero (0,20 dag/kg) com a testemunha, observa-se haver acréscimos da ordem de 1,81 vez; 2,02 vezes e 1,10 vez, para o Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e Neossolo Flúvico, respectivamente, em relação ao peso do *hidratassolo* seco. Quanto ao Neossolo Quartzarênico, considerando que sua capacidade de campo, na maior dosagem do polímero superou à testemunha em 239%, o aumento do teor de água disponível em apenas 81%, sugere grande quantidade de água retida a -1,5 MPa, e, possivelmente, indisponível para as plantas. Sivapalan (2001)

encontrou resultados semelhantes ao adicionar a um solo arenoso taxas de 0,03 e 0,07% de um polímero, aumentando a retenção hídrica na capacidade de campo em 23 e 95%, respectivamente. Entretanto, o polímero não aumentou significativamente a quantidade de água disponível entre -0,01 e -1,5 MPa.

Dentre os três solos estudados, o Neossolo Flúvico foi o menos influenciado pelo *hidratassolo*, ocorrendo o acréscimo de apenas 10% no teor de água disponível, quando se comparou a maior dosagem utilizada do polímero com a testemunha. Isso ocorreu em consequência da redução da capacidade de absorção do polímero, devido à elevada concentração salina (8 dS/m) e ao considerável teor de água disponível presente na testemunha (12,6%).

Novos estudos poderão comparar a eficiência do método do extrator de RICHARDS na determinação da água disponível para as plantas, quando se usam polímeros, visto que a raiz do vegetal penetra diretamente no interior do hidrogel à procura da água. Neste sentido Coelho et al. (2003), trabalhando com doses de *hidratassolo* em solo arenoso, verificaram resultados superiores da umidade de murcha permanente, determinado pelo método do extrator de RICHARDS, em relação ao método fisiológico, para a cultura do pepino.

Quadro 04: Água disponível dos solos para doses crescentes do *hidratassolo* – Média de 4 repetições.

DOSE Dag/kg	ÁGUA DISPONÍVEL (dag/kg)		
	Neossolo Quartzarênico	Latossolo Amarelo	Neossolo Flúvico
0	4,605 c	7,277 c	12,617 b
0,05	5,555 bc	8,840 c	12,705 b
0,10	6,607 b	10,692 b	13,050 b
0,20	8,330 a	14,740 a	13,902 a
DMS	1,60	1,78	0,71
CV (%)	12,11	8,18	2,61

Tratamentos com letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade (Teste de Tukey).

#### 4.6.4. Capacidade de recipiente dos solos com a aplicação de doses crescentes de *hidratassolo*.

O quadro 05 mostra valores médios de capacidade de recipiente dos solos obtidos para cada solo, correspondente aos referidos tratamentos. Verifica-se que a

capacidade de recipiente foi aumentada em função de taxas crescentes do polímero para todas as dosagens no Neossolo Quartzarênico e no Latossolo Amarelo, e, para as três concentrações do polímero no Neossolo Flúvico.

Na comparação da capacidade de recipiente dos solos entre a maior dosagem do polímero (0,20 dag/kg) e a testemunha, verifica-se um incremento na retenção hídrica, de 63,8; 43,3 e 14,0 dag/kg, para o Neossolo Quartzarênico, o Latossolo Amarelo e o Neossolo Flúvico, respectivamente.

Quadro 05: Capacidade de recipiente dos solos para doses crescentes de *hidratassolo* – Média de 4 repetições.

DOSE Dag/kg	CAPACIDADE DE RECIPIENTE (dag/kg)		
	Neossolo Quartzarênico	Latossolo Amarelo	Neossolo Flúvico
0	23,815 d	51,325 d	33,582 c
0,05	28,332 c	55,447 c	34,215 c
0,10	32,395 b	62,222 b	35,752 b
0,20	39,015 a	73,540 a	38,300 a
DMS	1,69	3,99	1,32
CV (%)	2,61	3,13	1,78

Tratamentos com letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade (Teste de Tukey).

As figuras 09, 10 e 11 apresentam valores de capacidade de recipiente comparados com a capacidade de campo, obtida em laboratório, para os solos e dosagens de *hidratassolo* correspondentes.

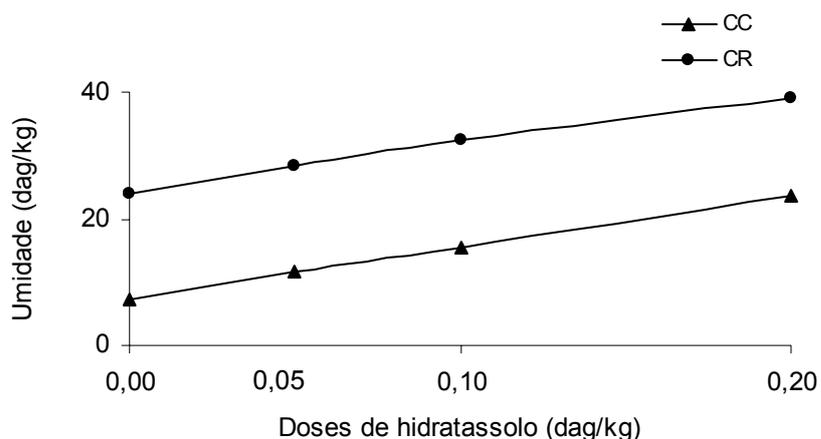


Figura 09: Capacidades de recipiente (CR) e de campo (CC) para doses crescentes de *hidratassolo* aplicadas em Neossolo Quartzarênico (dag/kg).

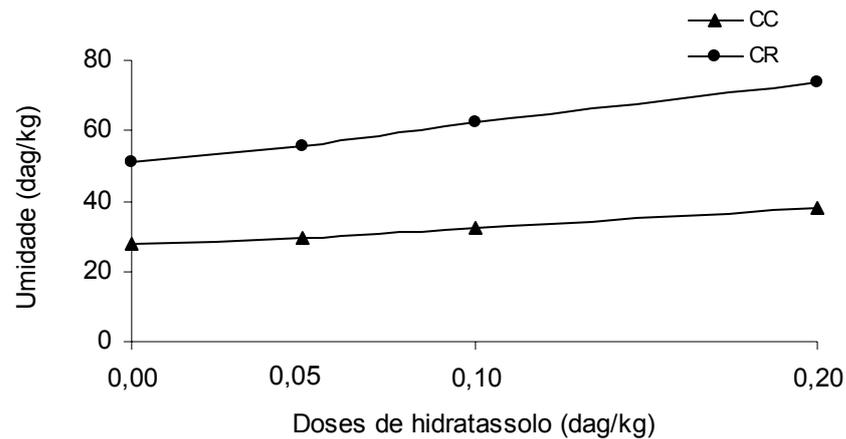


Figura 10: Capacidades de recipiente (CR) e de campo (CC) para doses crescentes de *hidratassolo* aplicadas em Latossolo Amarelo (dag/kg)

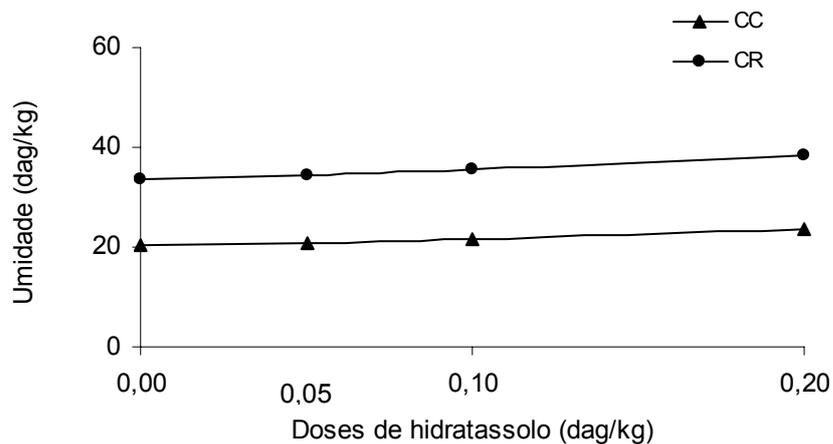


Figura 11: Capacidades de recipiente (CR) e de campo (CC) para doses crescentes de *hidratassolo* aplicadas em Neossolo Flúvico (dag/kg)

Os resultados apresentados nas figuras 09, 10 e 11 mostraram comportamentos semelhantes entre as referidas curvas, com valores de capacidade de recipiente superiores aos de capacidade de campo, para todos os tratamentos. Isso se deve ao fato da umidade dos recipientes, neste caso, estar submetida a uma variação de potencial total de apenas -20 cm, sucção esta bastante superior às utilizadas no extrator de RICHARDS, para a determinação da capacidade de campo. Souza et al. (2002), também encontraram valores de capacidade de recipiente, em

substratos, superiores a valores de capacidade de campo, obtidos em laboratório, pelo método gravimétrico direto.

#### 4.6.5. Curvas características de retenção hídrica dos solos com a aplicação de doses crescentes de *hidratassolo*

Os gráficos demonstrados pelas figuras 12, 13 e 14 mostram o comportamento das curvas características de retenção hídrica para os três tipos de solos estudados, em função de doses de *hidratassolo*. De um modo geral, verificou-se aumento da retenção de umidade com o aumento da concentração do polímero. Dentre os solos estudados, o Latossolo Amarelo foi o que apresentou a maior capacidade de armazenamento d'água para todos os tratamentos, chegando a reter 63,4 dag/kg, para uma dosagem de 0,20 dag/kg, à uma sucção de -100 cm.

Na comparação entre a maior dosagem do polímero (0,20 dag/kg) e a testemunha, a 100 cm de sucção, verifica-se um incremento na retenção hídrica, na base de massa, de 4,86 vezes no Neossolo Quartzarênico, de 2,0 vezes para o Latossolo Amarelo e de 1,64 vez para o Neossolo Flúvico, estando este último afetado pela presença de sais.

Considerando as curvas características das referidas figuras, verifica-se que o *hidratassolo* possui grande capacidade de armazenamento d'água a baixíssimos potenciais matriciais, contra a ação da gravidade. Esta característica possibilita ao produto um armazenamento adicional de água facilmente disponível para as plantas, proporcionando turnos de rega mais espaçados.

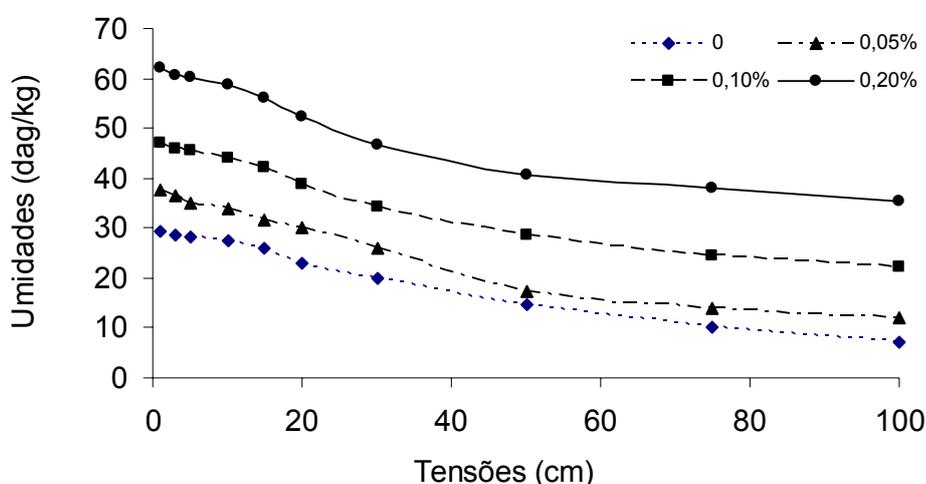


Figura 12: Curvas características de retenção hídrica do Neossolo Quartzarênico com a aplicação de doses crescentes de *hidratassolo*.

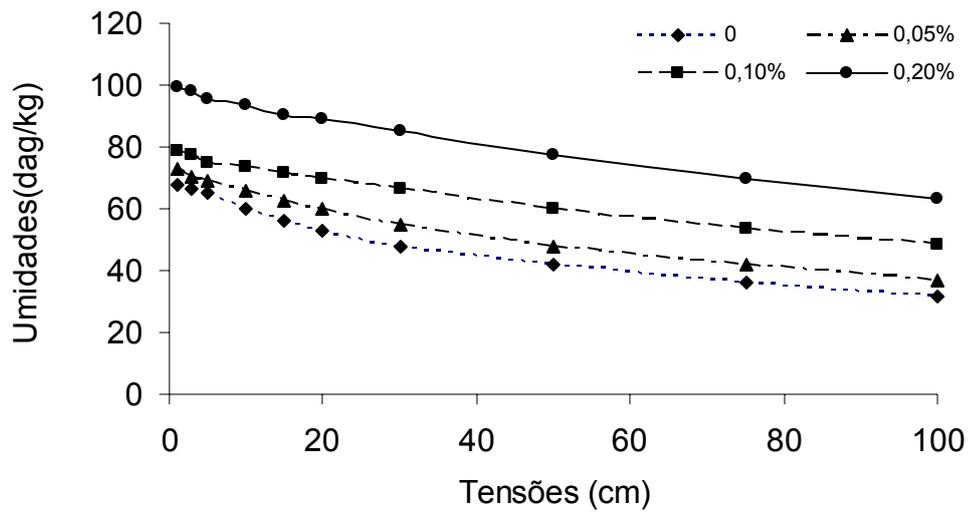


Figura 13: Curvas características de retenção hídrica do Latossolo Amarelo com a aplicação de doses crescentes de *hidratassolo*.

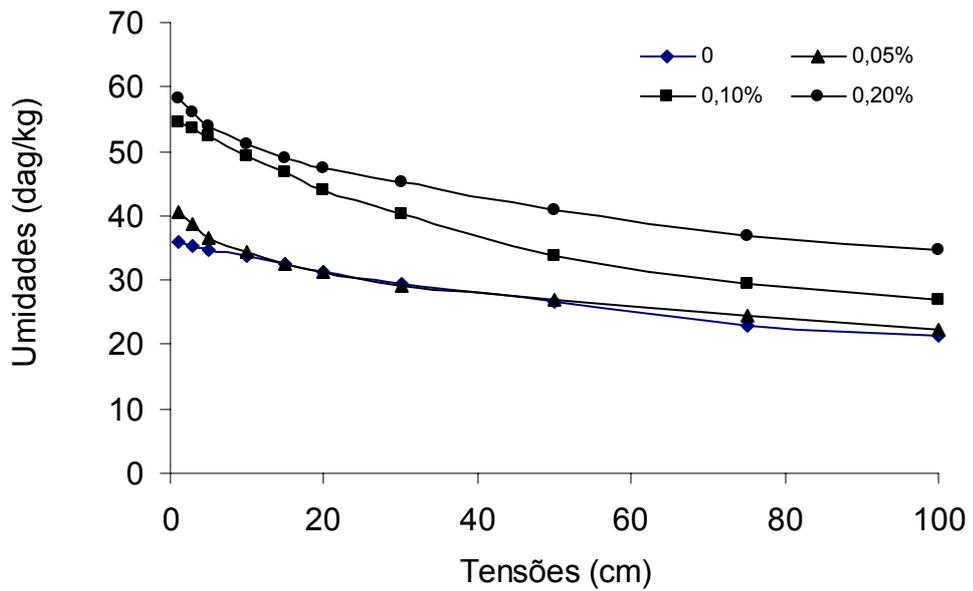


Figura 14: Curvas características de retenção hídrica do Neossolo Flúvico com a aplicação de doses crescentes de *hidratassolo*.

#### 4.7. Condutividade hidráulica saturada dos solos para doses crescentes de *hidratassolo*

No quadro 06, estão apresentadas as médias dos tratamentos referentes às condutividades hidráulicas saturadas (Ksat) para doses crescentes de *hidratassolo*. Verifica-se uma redução progressiva dos valores da condutividade hidráulica saturada nos três solos, em função do aumento de doses do polímero. A maior concentração do polímero ocasionou uma redução da Ksat, em relação ao solo sem polímero, da ordem de: 40,7%, 59,1% e 37,8% para o Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e Neossolo Flúvico, respectivamente. Isso ocorre, devido à absorção de água pelo polímero promover a sua expansão, provocando uma diminuição dos espaços porosos do solo, com conseqüente diminuição da permeabilidade.

Quadro 06: Condutividade hidráulica saturada dos solos para doses crescentes de *hidratassolo* – Média de 6 repetições.

DOSE dag/kg	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA (cm/h)		
	Neossolo Quartzarênico	Latossolo Amarelo	Neossolo Flúvico
0	116,98 a	46,72 a	5,29 a
0,05	102,82 ab	38,60 ab	5,12 a
0,10	85,74 bc	33,08 b	4,77 a
0,20	69,34 c	19,12 c	3,67 b
DMS	17,82	9,39	0,90
CV (%)	10,49	15,09	10,59

Tratamentos com letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade (Teste de Tukey).

A partir dos resultados obtidos, considera-se ser o *hidratassolo* mais indicado para uso em solos arenosos, por possibilitar redução de perdas por percolação. Por outro lado, seu uso em solos com deficiência de drenagem natural, por causas físicas ou pela presença de sódio, pode agravar ainda mais o problema. Esse comportamento pode ser melhor visualizado na figura 15.

Prevedello & Balena (2000), também observaram decréscimo da condutividade hidráulica saturada em dois meios porosos devido à ação de polímero. Ainda segundo esses autores, no Latossolo Argiloso o decréscimo ocorreu de forma mais gradual que no Neossolo Quartzarênico Marinho. Da mesma forma,

Gervásio (2003) constatou redução da condutividade hidráulica saturada com o aumento de doses do polímero TerraCottem, sendo esta diminuição motivada pela expansão do polímero, com conseqüente redução da macroporosidade e permeabilidade do material.

A baixa condutividade hidráulica saturada verificada no Neossolo Flúvico (sem polímero), de 5,29 cm/h, é atribuída, principalmente, à composição granulométrica do solo proveniente de ambiente flúvico e à dispersão de argilas pela presença de sódio. Já a ocorrência da elevada concentração salina verificada nesse solo, reduziu a capacidade de armazenamento d'água do *hidratassolo*, provocando limitação de sua expansão.

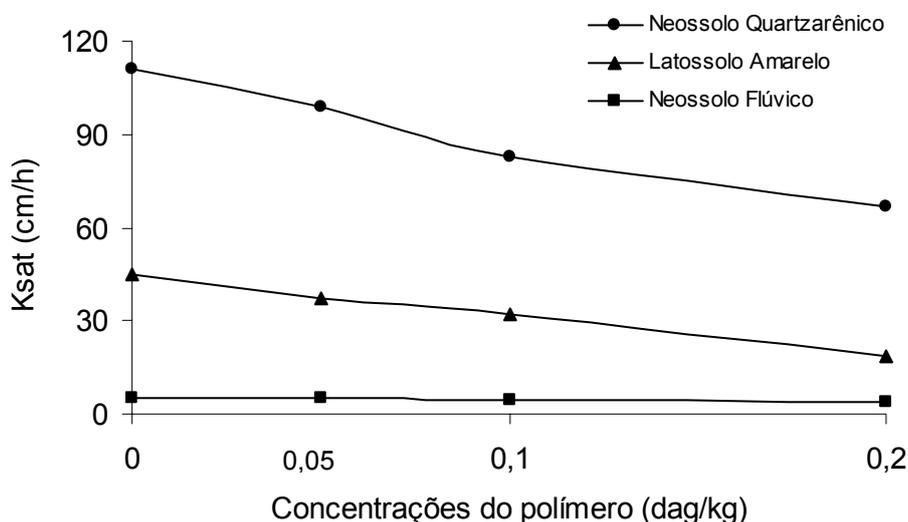


Figura 15: Condutividade hidráulica saturada dos solos com a aplicação de doses crescentes de *hidratassolo*.

## 5. CONCLUSÕES

- Quando saturado em água deionizada, o polímero *hidratassolo* apresenta grande capacidade de retenção hídrica para potenciais equivalentes à capacidade de campo, chegando a reter 96,8 vezes e 67,02 vezes o seu peso em água, para as tensões de -0,01 e -0,03 MPa, respectivamente;
- A capacidade de retenção de água do polímero foi reduzida pela presença de sais. Os sais de cálcio, sódio e potássio promoveram diminuições na capacidade de retenção hídrica do *hidratassolo* de: 94,7%; 82,8% e 80,7%, respectivamente, quando comparada à retenção em água deionizada. Desta forma, o uso desses polímeros pode ser muito afetado, quando utilizados em águas com elevados teores de sais, predominantes em regiões áridas e semi-áridas;
- O *hidratassolo*, inicialmente saturado com uma solução de cloreto de sódio, recuperou plenamente a sua capacidade máxima de absorção, após sucessivas re-hidratações com água deionizada, mostrando neste caso a reversibilidade do processo, enquanto que, quando saturado em solução de cloreto de cálcio, o mesmo só recuperou 30,2% da sua capacidade máxima de armazenamento d'água;
- A capacidade de absorção hídrica do *hidratassolo* não foi afetada significativamente quando o mesmo foi saturado com soluções a pH = 4, 7 e 10;

- O uso do *hidratassolo* proporcionou uma maior disponibilidade de água para as plantas, quando aplicado no Neossolo Quartzarênico e no Latossolo Amarelo, enquanto que a presença de sais no Neossolo Flúvico, reduziu a capacidade de absorção hídrica do polímero;
- A adição de doses crescentes de *hidratassolo* promoveu uma redução progressiva dos valores da condutividade hidráulica saturada nos três solos estudados;
- Valores de capacidade de recipiente apresentaram significativas correlações com valores de capacidade de campo, obtidos no extrator de RICHARDS, para doses crescentes de *hidratassolo*, nos três solos estudados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, T.L.F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A.C.A. Utilização de polímero agrícola no substrato de transplante de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Tupi. 2000. Disponível em: <<http://www.cca.uem.br/anu9100.htm>>. Acesso em: 23.mar.2004.
- 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.
- AZZAM, R.A.I. Polymeric conditioners gels for desert soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal**, New York, v.14, p.739-760, 1983.
- BARRETO, A.N. et al. Condutividade hidráulica saturada em um solo aluvial do perímetro irrigado de São Gonçalo-PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.152-155, 2001.
- BARVENIK, W.F. Polyacrylamide characteristics related to soil applications. **Soil Science**, Baltimore, v.158, p.235-243, 1994.
- BOWMAN, D.C.; EVANS, R.Y.; PAUL, J.L. Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amended container media. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.115, p.382-386, 1990.
- BRASIL.Ministério do Meio Ambiente. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos**. Brasília, 2002.
- BRUXEL, D. et al. Efeito de lâminas de irrigação e doses de um polímero hidroabsorvente sobre a produção de mudas de tomateiro grupo agroindustrial (2) . **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, jul, 2002. Suplemento.
- COELHO, J.B.M. et al. Determinação do ponto de murcha permanente: fisiológico e indireto, em solo arenoso submetido a diferentes doses de condicionadores físicos de solo. **IV Simpósio de Pesquisa e Pós-Graduação da UFRPE**. Recife, 11 a 12 de dezembro de 2003.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p.:IL. (EMBRAPA - CNPQ. Documentos; 1).

FAO – Gestión del agua: hacia el 2003. **Agricultura 21**, Rome. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/esp/revista/0303sp1.htm>> Acesso em 08.abr.2004.

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

GERVÁSIO, E.S. **Efeito de lâminas de irrigação e doses de condicionador, associados a diferentes tamanho de tubetes, na produção de mudas de cafeeiro**.2003. 105 f. Tese (Doutorado em Irrigação e drenagem), Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

HIDRATASSOLO: a solução definitiva para a escassez de água. **Manchete Rural**, Ed. Bloch. Rio de Janeiro, n. 130, p.69-70, 1998.

JAMES E.A.; RICHARDS D. The influence of iron source on the water holding properties of potting media amended with water-absorbing polymers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.28, p.201 – 208, 1986.

JOHNSON, M.S. Effect of soluble salts on water absorption by gel-forming soil conditioners. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.35, n.10, p.1063-1066, 1984.

PRAGANA, R.B. **Potencial do resíduo da extração da fibra de coco como substrato na produção agrícola**, 1999. 87 f: Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

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

REZENDE, L.S. **Efeito da incorporação de polímeros hidroabsorventes na retenção de água de dois solos**, 2000. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG..

SIVAPALAN, S. **Effect of polymer on soil water holding capacity and plant water use efficiency**. In: AUSTRALIAN AGRONOMY CONFERENCE, 10., 2001, Hobart, 2001.

SOJKA, R.E.; LENTZ R.D. **A brief history of PAM and PAM-related issues**. In: **PROCEEDINGS**. College of Southern Idaho, 1996. Disponível em: <<http://www.watersorb.com/pam.htm>> Acesso em: 10.mar.2004.

SOUZA, C.C. et al. Avaliação de métodos de determinação de água disponível em solo cultivado com algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.337-341, mar. 2002.

TITTONELL, P.A.; DE GRAZIA, J.; CHIESA, A. Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para la producción de plantines de pimiento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.641-645, dez, 2002.

VARENNE, A de; BALSINHAS, A. de; CARQUEJA, M.J. Effects of two Na polymers on the hydrophysical and chemical properties of a sandy soil, and on plant growth and water economy. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.20, n.4, 1997.

WHITE, J.W.; MASTALERZ, J.W. Soil moisture as related to "Container Capacity". Proceedings of the **American Society for Horticultural Science, Beltsville**, v.89, n.1, p.758-765, 1966.

WOODHOUSE, J.M.; JOHNSON, M.S. Effects of soluble salts and fertilizers on water storage by gelforming soil conditioners. **Acta Horticulturae**, v.294, p.261-270, 1991. Disponível em: <[http://www.actahort.org/books/294/294\\_28.htm](http://www.actahort.org/books/294/294_28.htm)> Acesso em: 05.mar.2004.

## CAPÍTULO 2

### EFEITO DE DOSES DO POLÍMERO *HIDRATASSOLO* NO DESENVOLVIMENTO DA BETERRABA (*Beta vulgaris*, L) SOB CONDIÇÕES SALINAS

**COELHO**, José Benjamin Machado Coelho; Ms; Universidade Federal Rural de Pernambuco; maio de 2004; **Aplicação de doses do polímero *hidratassolo* sobre a capacidade de retenção de água de solos e desenvolvimento da beterraba, em condições salinas**; Professor-Orientador: Ronaldo Freire de Moura; Professores-Conselheiros: Maria de Fatima Cavalcanti Barros e José Júlio Vilar Rodrigues.

#### RESUMO

Os polímeros super-absorventes têm sido utilizados com o intuito de proporcionar um melhor aproveitamento da água, principalmente em áreas com limitado potencial produtivo, como as regiões áridas e semi-áridas. Além disso, atuam na diminuição do potencial osmótico de solos salinos em decorrência do aumento da disponibilidade de água dos mesmos. O experimento foi conduzido em vasos, dispostos em casa-de-vegetação, com o objetivo de avaliar o efeito de doses crescentes do polímero *hidratassolo* sobre o desenvolvimento da beterraba (*Beta vulgaris*, L.) cultivar Early Wonder, desenvolvida em solo salino. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, onde constaram os seguintes tratamentos: testemunha (sem polímero); 0,05; 0,10, 0,15 e 0,20 dag/kg de *hidratassolo*, referindo-se aos pesos secos do *hidratassolo* e do solo. A adição de corretivos químicos à base de cálcio reduziu o valor da RAS de 157,4 para 10,0; e a aplicação de lâminas de lixiviação de 2,5 vezes o volume de poros, reduziu a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de 23,5 dS/m, para 8,01 dS/m. As características vegetativas da cultura, tais como, número de folhas por planta, comprimento e largura das folhas, além dos pesos úmidos e secos das folhas, não aumentaram com as doses crescentes do *hidratassolo*, ao nível de 5% de probabilidade. Com relação aos pesos (úmidos e secos) das raízes, verificou-se diferenciação apenas entre a maior dosagem do *hidratassolo* e a testemunha. Quanto às dimensões das túberas, a altura não foi influenciada pelas doses do polímero, enquanto que, para o diâmetro, o tratamento com a maior concentração de *hidratassolo*, superou a dosagem de 0,05% e testemunha ( $p > 5\%$ ).

## CAPÍTULO 2

### **EFFECT OF THE *HIDRATASSOLO* POLYMER IN THE RED BEET (*Beta vulgaris*, L.) GROWTH UNDER SALTY CONDITIONS**

**COELHO**, José Benjamin Machado Coelho; Ms; Universidade Federal Rural de Pernambuco; maio de 2004; **The effects of hidratassolo polymer dosages on soil water retention capacity and beet development under saline conditions**; Guiding: Ronaldo Freire de Moura; Advisers: Maria de Fatima Cavalcanti Barros e José Júlio Vilar Rodrigues.

#### **ABSTRACT**

Super-absorbent polymers have been used with the purpose of providing a better utilization of water, specially in areas with limited yield potential, such as arid and semi-arid regions. Further, they play a role in the decrease of the osmotic potential in saline soils arising from the increase of the water availability. An experiment was carried out in pots, placed out in a greenhouse, in order to evaluate the effects of increasing dosages of the hidratassolo polymer upon the development of beet (*Beta vulgaris*, L.) Early Wonder cultivar, grown on a saline soil. The experimental design used was a completely casualized, with the following treatments: control (no polymer); 0,05; 0,10, 0,15 e 0,20 dag/kg of hidratassolo, based on the dry weight of polymer and soil. The addition of chemical amendments based up on calcium reduced the SAR value from 157,4 to 10,0; the application of leaching depths of 2,5 times the the pore volume, reduced the electrical conductivity of the saturation extract from 23,5 dS/m to 8,01 dS/m. The vegetative characteristics of the crop such as, the number of leaves per plant, length and width of leaves, besides the wet and dry weight of the leaves, did not increase with increaing dosages of hidratassolo, at the 5% probability level. In respect to the weights (wet and dry) of the roots, there was differences only between the highest dosage and the control. In relation to the tuber dimentions, the height was not influenced by the polymer dosages, whereas for the diameter, the treatment with the highest hidratassolo concentration, was higher than the 0,05% dosage and control ( $p > 5\%$ ).

## 1. INTRODUÇÃO

O semi-árido brasileiro é caracterizado, dentre outros fatores, por apresentar regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período do ano, conferindo à irrigação um papel muito importante na produção agrícola. Grande parte dos mananciais hídricos dessa região, principalmente poços e açudes, possuem águas com elevados teores de sais, sendo o manejo inadequado das irrigações, um importante fator de degradação de áreas anteriormente produtivas.

Os polímeros hidro-absorventes foram inicialmente lançados no mercado, com o intuito de proporcionar melhores colheitas em regiões com pouca disponibilidade hídrica, como às regiões áridas e semi-áridas. Nessas condições, os polímeros armazenam a água fornecida pela chuva ou irrigação, e a libera para as plantas de forma gradativa, reduzindo perdas com percolação e evaporação. Quando hidratados esses produtos chegam a armazenar centenas de vezes o seu peso em água deionizada, porém, a presença de soluções salinas de sódio, potássio e, principalmente, cálcio, fez reduzir a sua efetividade em absorver água.

Este trabalho teve como objetivo quantificar a produção da beterraba, quando cultivada em solo salino, submetido a doses crescentes do polímero *hidratassolo*.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Salinidade de solos

A salinidade de solos agrícolas é atribuída à presença de níveis de sais solúveis no solo capazes de afetar economicamente o rendimento das plantas cultivadas. Os solos salinos e sódicos ocorrem com maior frequência nas regiões áridas e semi-áridas, onde os processos de salinização e sodicidade são frequentemente acelerados por irrigações pouco eficientes e insuficiente drenagem (Cordeiro et al., 1999). Muitas dessas áreas encontram-se praticamente abandonadas devido a problemas com salinidade/ sodicidade de solos, sendo a baixa qualidade da água apontada como a principal fonte de degradação desses solos (Oliveira et al., 2002).

Segundo Lins (1989), o Nordeste do Brasil possui 895.931,3 km<sup>2</sup> de sua superfície caracterizada pela região semi-árida. A água usada para a irrigação pode variar extremamente sua qualidade dependendo do tipo e da quantidade de sais nela dissolvidos. Solos normais podem se tornar improdutivos se receberem sais solúveis em excesso, devido ao uso de irrigações com águas salinas.

Dentre os critérios de classificação para fins de irrigação, um dos mais aceitos é o proposto pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (Richards, 1954). Esta classificação baseia-se na condutividade elétrica da água de irrigação (CE<sub>ai</sub>) e na Relação de Adsorção de Sódio (RAS), como indicadores de perigo de salinização e sodificação do solo, respectivamente (Ferreira, 1998).

Os solos afetados por sais podem ser classificados, conforme quadro 07, de acordo com a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE<sub>es</sub>),

percentagem de sódio trocável (PST) e pela Relação de Adsorção de Sódio (RAS) (McNeal, 1976, citado por Pereira, 1983).

SOLO	CE <sub>ES</sub> dS/m	RAS	PST %
Normal	< 4	< 13	< 15
Salino	> 4	< 13	< 15
Sódico	< 4	> 13	> 15
Salino-sódico	> 4	> 13	> 15

Quadro 07: Classificação de solos afetados por sais conforme McNeal, 1976

Cada tipo de planta manifesta de maneira específica sua sensibilidade ou tolerância a teores de sais no solo (Richards, 1954; Ayers & Westcot, 1991; BRASIL, 2002). A salinidade pode afetar a fisiologia das culturas pelo aumento da pressão osmótica do solo e pela toxidez por íons específicos, tais como: cloro, sódio e boro (Bernstein & Hayward, 1958 citado por Singh & Chatrath, 2001; Ayers & Westcot, 1991).

A beterraba é classificada como uma cultura moderadamente tolerante à salinidade, não sofrendo nenhuma redução de produtividade para uma condutividade elétrica da água de irrigação (CE<sub>Ei</sub>) até 2,7 dS/m ou do extrato de saturação do solo (CE<sub>Ees</sub>) inferior a 4,0 dS/m. A partir desses níveis salinos há uma gradativa redução da produção atingindo a produção nula quando CE<sub>Ei</sub> = 10 dS/m ou CE<sub>Ees</sub> ≥ 15 dS/m (Ayers & Westcot, 1991).

Quando o acúmulo de sais solúveis no solo é excessivo para as plantas, faz-se necessária a sua remoção, por meio de lavagens, a fim de afastar parte desses sais para baixo da zona radicular (Richards, 1954; Ferreira, 1998).

Rhoades & Merrill (1976), propuseram uma equação para estimar a exigência do requerimento de lixiviação (NL), baseada na salinidade da água de irrigação (CE<sub>Ei</sub>) e na condutividade elétrica do extrato saturado do solo (CE<sub>Ees</sub>), tolerados para a cultura, conforme apresentação abaixo.

$$NL = \frac{CE_{Ei}}{5.CE_{Ees} - CE_{Ei}}$$

Diversos trabalhos evidenciam redução no rendimento das culturas por níveis excessivos de sais presentes no solo (Ayers.& Westcot, 1991; Moura, 2000; Santana et al. 2003).

## **2.2. Sodicidade de solos**

A degradação de solos pela sodificação tem-se tornado um problema cada vez mais freqüente em regiões áridas e semi-áridas, onde a reduzida precipitação não é suficiente para promover a lixiviação e retirada dos sais de sódio da zona de das raízes (Freire et al., 2003). Devido à utilização de águas com elevados teores de sais de sódio, o uso da irrigação tem contribuído significativamente para o aumento da sodicidade nessas áreas (Framji, 1976).

A percentagem de Sódio Trocável (PST) é usada para identificar solos sódicos, significando a proporção deste cátion no complexo de troca do solo (Richards, 1954).

Em solos sódicos, o maior problema ocorre sobre as características físicas do solo devido à dispersão da argila, criando problemas de infiltração, além do efeito tóxico do sódio. Freire et al. (2003), trabalhando com três meios porosos distintos verificaram redução da condutividade hidráulica saturada com o incremento da Percentagem de Sódio Trocável (PST) e com a Relação de Adsorção de Sódio (RAS) na água de irrigação.

No estudo de solos afetados por sais são de grande interesse as correlações entre a composição dos cátions trocáveis e solúveis. Richards (1954), Bower (1959) e Elseewi et al. (1977), citados por Pereira et al. (1982), e Barros & Magalhães (1989), encontraram significativas correlações entre o sódio solúvel e o trocável, proporcionando a estimativa da PST, de forma indireta, por meio de equações empíricas.

Para Richards (1954) a correção da sodicidade pode ser feita por meio da adição de sais solúveis de cálcio (sulfato e cloreto de cálcio), ácidos ou formadores de ácidos (ácido sulfúrico, enxofre) e sais de cálcio de baixa permeabilidade (calcário). Barros & Magalhães (1989), estudando a necessidade de gesso em solos salino-sódicos, verificaram que o método Schoonover M-1 apresentou valores próximos aos do sódio trocável do solo.

Diversos trabalhos fazem referências ao uso de produtos à base de cálcio como uma técnica eficaz de correção de solos salinos-sódicos (Barros & Magalhães, 1989; Leite, 1990; Santos, 1995; Gheyi et al., 1995; Oliveira et al., 2002).

Ferreira H. & Coelho (1986), estudando problemas de sodicidade em solo vértico do Ceará, verificaram que o teor de sais solúveis da solução do solo aumentou após a aplicação de gesso e diminuiu gradativamente durante o decorrer do experimento. Esses autores observaram também redução nos valores da RAS, atribuindo-se esses comportamentos à solubilização do gesso e à baixa taxa de infiltração do solo.

Zahow & Amrhein (1992) avaliaram o uso de polímeros sintéticos solúveis em água, à base de poliacrilamida, na recuperação de solos salinos-sódicos. Os tratamentos não mostraram efeito significativo no aumento da condutividade hidráulica saturada do solo para valores de PST > 15.

Estudos realizados visando à recuperação de solos salino-sódicos, do estado do Rio Grande do Norte, concluíram que a aplicação fracionada de uma lâmina d'água, pouco superior ao volume de poros do solo, eliminou a maior parte dos sais no perfil de lixiviação (Sampaio & Ruiz, 1996),

### **2.3. Polímeros agrícolas**

Polímeros à base de poliacrilamida (PAMs), passaram a ter importância para a agricultura, por possibilitar grande elevação da capacidade de retenção hídrica de solos, através da adição de quantidades relativamente pequenas desses produtos (Peterson, 2002).

Azevedo et al. (2002) relataram efeitos benéficos dos hidrogéis, no aumento da retenção de água no solo, na redução da lixiviação de nutrientes, melhoria na CTC (capacidade de troca catiônica) e na maior disponibilidade de água para as plantas, que responderam de forma satisfatória quando cultivadas com o polímero. Entretanto, experimento com gel hidrófilo de poliacrilamida, em soluções com 20 mmol/L de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , mostrou uma redução de sua capacidade de hidratação máxima, obtida em água deionizada, para menos de 10%. Repetida a saturação com água deionizada para remover os sais solúveis, ocorreu o restabelecimento da hidratação em aproximadamente 30% de sua capacidade máxima (Bowman & Evans, 1991).

Varenes et al. (1997) trabalhando com polímeros à base de acrilato de sódio em cultivos de feijão, constataram a efetividade dos polímeros no solo após nove ciclos de hidratação e desidratação, embora tivesse ocorrido uma redução da capacidade de retenção de água com o aumento do número de ciclos.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido, em casa-de-vegetação e Laboratórios da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife-PE, durante um período de 102 dias. Foi utilizado um Neossolo Flúvico salino e, um condicionador físico de solo, o polímero hidroabsorvente *hidratassolo*.

A temperatura e a umidade relativa do ambiente experimental oscilaram entre 22,5°C a 49,0°C, com média das máximas de 43,37°C e média das mínimas de 24,44 °C. No caso da umidade relativa, esta registrou média de máximas de 91,71% e média das mínimas de 37,14%.

#### **3.1. Caracterização do solo**

O solo utilizado no presente trabalho foi classificado como Neossolo Flúvico, de textura franca, coletado no perímetro irrigado de Custódia-PE, à uma profundidade de 0 a 40 cm. O mesmo foi seco ao ar, destorroado, peneirado e utilizado na forma de TFSA.

As análises físicas e químicas do solo, antes da correção quanto à sodicidade, estão apresentadas nos quadros 08, 09 e 10.

Quadro 08: Caracterização físico-hídrica do solo

Granulometria			Classe	Densidade		Condutiv.	Porosidade	Umidade	
Areia	Silte	Argila	Textural	Partícula	Global	Hidráulica	Total	CC	UMP
----- (dag.kg <sup>-1</sup> ) -----			-	----- (g.cm <sup>-3</sup> ) -----		cm/h	(%)	. (dag.kg <sup>-1</sup> ) -	
45,0	33,8	21,2	Franco	2,47	1,37	0,00	44,50	23,12	9,09

Quadro 09: Caracterização química do extrato da pasta saturada do solo

CE	pH	Cátions solúveis (mmol <sub>e</sub> /dm <sup>3</sup> )				RAS
dS/m	-	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	-
23,50	8,40	2,40	1,57	221,60	0,47	157,40

A análise granulométrica foi determinada pelo método do densímetro de BOYOUCOS, enquanto que as estimativas da capacidade de campo (CC) e da umidade de murcha permanente (UMP) foram determinadas por gravimetria no extrator de RICHARDS, após equilíbrio às tensões de -0,03 e -1,5 MPa, respectivamente. Já a densidade global do solo foi obtida pelo método do torrão parafinado. Todas essas determinações seguiram metodologias propostas pela EMBRAPA (1997).

A pasta saturada do solo foi preparada de acordo com metodologia proposta por Richards (1954). Com o extrato obtido da pasta, foram determinados: a condutividade elétrica e os cátions solúveis: cálcio e magnésio, por espectrofotometria de absorção atômica; sódio e potássio, por fotometria de chama, conforme metodologias propostas pela EMBRAPA (1997).

Os valores da Relação de Adsorção de Sódio (RAS) foram calculados usando as concentrações de cálcio, magnésio e sódio do extrato saturado do solo (meq/L), através da equação:

$$RAS = Na / \sqrt{(Ca + Mg) / 2}$$

Os cátions trocáveis, quadro 10, foram extraídos a partir de uma solução de acetato de amônio 1 mol/L a pH 7,0. Em seguida, o sódio e o potássio foram determinados por fotometria de chama, enquanto que o cálcio e o magnésio foram obtidos por espectrofotometria de absorção atômica.

A CTC foi determinada pelo método do acetato de sódio. A determinação da percentagem de sódio trocável (PST) foi feita através da equação:  $PST = (Na.100) / CTC$ .

Quadro 10: Cátions trocáveis e CTC (Richards, 1954)

Cátions Trocáveis (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )				CTC	PST
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	(%)
1,80	0,67	12,47	0,51	12,76	97,60

### 3.2. Descrição dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições. O ensaio foi composto por cinco tratamentos, incluindo quatro concentrações do polímero e a testemunha. Os tratamentos foram os seguintes: T<sub>0</sub> = 0; T<sub>1</sub> = 0,05; T<sub>2</sub> = 0,10; T<sub>3</sub> = 0,15 e T<sub>4</sub> = 0,20 dag/kg, referindo-se ao peso seco do *hidratassolo* e do solo. Estes valores incluem a faixa de recomendação do fabricante.

### 3.3. Correção da sodicidade do solo

Os recipientes utilizados para receber o solo foram vasos plásticos com capacidade para 12 litros, contendo uma abertura (registro) em sua parte inferior para controle do lixiviado. Cada vaso foi preenchido com 10 kg de solo, tendo na sua base interna uma camada de cascalho, com espessura de 4 cm, para facilitar a drenagem do excedente da solução do solo.

A metodologia utilizada para determinação da necessidade de gesso, visando à recuperação do solo em estudo, foi a Schoonover (M-1), proposta por (Barros & Magalhães, 1989), tendo sido necessários 17,8 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> de gesso para promover a recuperação do solo. Esta quantidade de corretivo foi dividida em duas aplicações: metade na forma de cloreto de cálcio di-hidratado (CaCl<sub>2</sub> .2H<sub>2</sub>O), na concentração de 40 mmol/L, devido à condutividade hidráulica saturada, no solo estudado, ser nula (quadro 08). Neste caso optou-se, inicialmente, pelo uso de um corretivo mais solúvel que o gesso, o que promoveu uma troca mais rápida do sódio pelo cálcio. O corretivo foi aplicado ao solo dos vasos, dissolvido na água, em quantidade correspondente a 2,5 vezes o volume de poros (VP) do solo, sendo 1,0 VP (3200

mL) necessário à saturação do solo e 1,5 volume de poros (4800 mL) para lixiviação dos sais.

A saturação do solo foi realizada de forma ascendente a fim de favorecer uma melhor uniformidade do fluxo e evitar possíveis caminhos preferenciais da água de lixiviação. A solução eletrolítica foi colocada em garrafas PET de 2 litros, suspensas e conectadas ao registro instalado na base dos vasos. A aplicação foi feita de forma parcelada com volumes de 800 mL/vaso. O restante do corretivo foi aplicado na forma de sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), o qual foi posteriormente incorporado ao solo. Ao final do processo de correção, o valor obtido para a RAS foi de 10,0, enquanto que a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, ficou em torno de 8 dS/m.

### **3.4. Instalação e condução do experimento**

Após a realização da correção da sodicidade do solo, fez-se a aplicação nos vasos, das doses do *hidratassolo*, na camada situada a 10 cm da superfície do solo dos vasos.

Como cultura indicadora dos efeitos da salinidade do solo, foi utilizada a Beterraba (*Beta vulgaris*, L.) cv. Early Wonder Tall Top, quenopodiácea bianual, semeada em bandejas de isopor (de 200 células) com substrato orgânico. A germinação ocorreu do 3º ao 6º dia, sendo as mudas transplantadas para os vasos, em número de quatro, por ocasião da emissão da 2ª folha definitiva, com cerca de 10 cm de altura. Logo no início do desenvolvimento da cultura foi observado um severo ataque de pulgão sobre as folhas, o qual foi controlado por meio do uso de inseticida *Aktara*, através de duas pulverizações quinzenais.

O suprimento hídrico da cultura foi atendido mediante a aplicação de volumes de água suficientes para repor a evapotranspiração da cultura, a cada quatro dias, fechando-se os balanços hídricos a cada oito dias.

Durante toda a realização do experimento a concentração salina dos tratamentos se manteve constante, por meio da reutilização dos volumes lixiviados e coletados nas garrafas PET.

O suprimento nutricional da cultura, em nitrogênio e potássio, foi realizado através da adubação em cobertura, por meio da adição de 4,3g por vaso, de nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ).

A colheita do experimento foi realizada 90 dias após o transplante das mudas. Concluída a colheita, amostras do solo, de cada vaso, foram retiradas para determinar a condutividade elétrica e os cátions (cálcio, magnésio e sódio), presentes no extrato de saturação do solo, conforme metodologias propostas pela EMBRAPA (1997).

### **3.5. Avaliações na cultura**

O material vegetal colhido foi inicialmente separado em folhas e raízes para então ser quantificado. Foram estudados: Na PARTE AÉREA: produção de matéria úmida e seca, número de folhas por planta, comprimentos e larguras das folhas; nas RAÍZES: produção de matéria úmida e seca, alturas e diâmetros das raízes.

### **3.6. Análise estatística**

Os dados obtidos foram interpretados por meio da análise de variância, através do Teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Extrato saturado do solo

O processo de correção da sodicidade do solo, realizado por meio da aplicação de corretivo químico, seguido de sucessivas lixiviações, fez diminuir o valor da condutividade elétrica da solução do solo ( $CE_{ES}$ ) de 23,5 dS/m para 8,01 dS/m (média geral). Este valor não diferenciou estatisticamente entre os tratamentos, ao nível de 5% de probabilidade (figura 16).

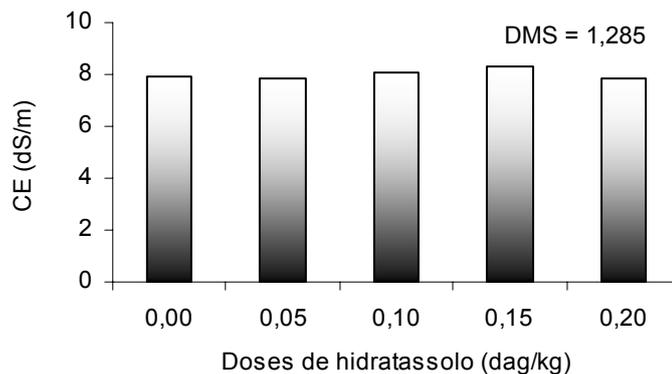


Figura 16: Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo após a correção do solo.

A figura 17 mostra os teores de sódio, cálcio e magnésio presentes no extrato de saturação do solo, referente à camada de 10 cm a partir da superfície do solo.

A concentração de cálcio verificada nos tratamentos foi de 28,49 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Este valor não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, tendo superado o seu teor inicial em 11,87 vezes, devido às trocas ocorridas entre o sódio presente no complexo de troca e o cálcio proveniente dos corretivos aplicados.

Quando ao teor de magnésio este passou de 1,57 para 1,16 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, após a correção do solo, não variando ao nível de 5% de probabilidade dos outros tratamentos. Esta redução possivelmente ocorreu devido a substituição de parte do magnésio pelo cálcio advindo dos corretivos aplicados..

Já o teor de sódio solúvel, devido ao processo de substituição do mesmo pelo cálcio, foi reduzido de 221,6 para 38,78 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Igualmente aos cátions anteriormente estudados, este também não diferenciou estatisticamente em função das doses do polímero. Quanto ao teor de potássio, o mesmo passou de 0,47 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> para 1,65 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, em decorrência da aplicação da adubação de cobertura, contendo potássio.

Desta forma, constata-se uma expressiva redução da Relação de Adsorção de Sódio (RAS) passando de 157,4, no solo não corrigido, para 10,0, após a correção. De posse desses resultados e fundamentando-se em critério de classificação de solos afetados por sais (McNeal, 1976, citado por Pereira, 1983), ou seja: para RAS<13, o solo em questão, classificado inicialmente como salino-sódico, passou a ser classificado apenas como salino, devido à correção dos níveis excessivos de sódio.

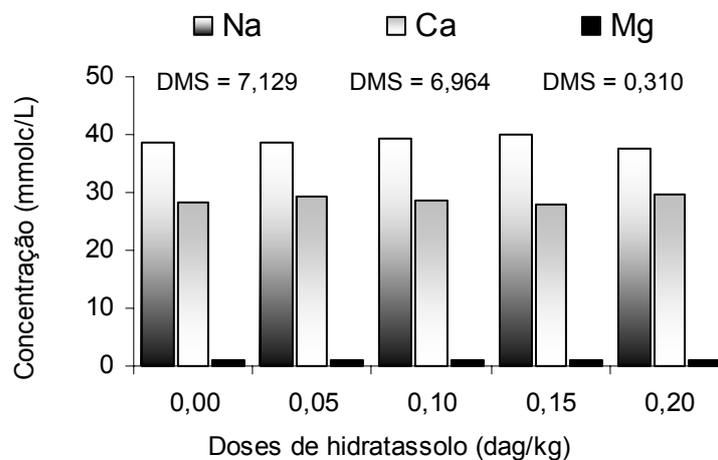


Figura 17: Teores de sódio, cálcio e magnésio presentes no extrato de saturação do solo após a correção do solo.

## 4.2. Produção de biomassa

### 4.2.1. Folhas

De uma maneira geral as folhas se desenvolveram satisfatoriamente, expressando elevado vigor e uniformidade. Entretanto, nas horas de maior demanda evapotranspirativa do dia, em que a temperatura máxima superava os 43°C, as folhas mais velhas apresentavam algum sintoma de perda de turgidez, recuperando-se com o declínio da temperatura.

A figura 18 apresenta os resultados referentes aos pesos úmidos e secos das folhas, incluindo limbos e pecíolos. Os resultados demonstraram um pequeno acréscimo de produção de massa foliar correspondente ao aumento nas doses do polímero, sem, contudo, exprimir estatisticamente diferenças significativas entre os tratamentos. O valor médio foi de 41,01g para o peso úmido e de 2,91g para o peso seco das folhas.

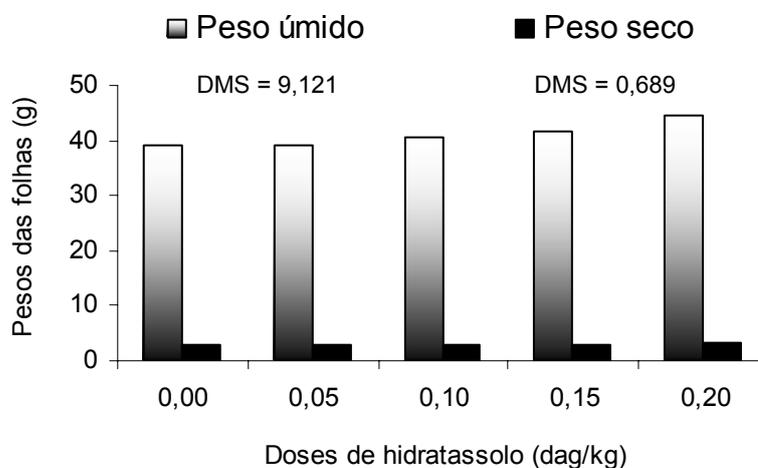


Figura 18: Pesos médios das folhas (g)

Moura (2000), trabalhando com a cultura da beterraba sob condições salinas, obteve um peso verde da folha da ordem de 61,07g para uma água de irrigação com 4,0 dS/m, submetida a lixiviações de 0,25 a 1,25 vez o volume de poros do solo. Para a lâmina de lixiviação equivalente a 1,25 vez o volume de poros o autor obteve um peso úmido de folhas igual a 48,48g.

A figura 19 exibe os resultados referentes às dimensões médias das folhas, no que diz respeito ao comprimento (dimensão longitudinal) e largura (dimensão transversal). A análise estatística não revelou diferenças significativas entre os tratamentos, os quais apresentaram um valor médio de 13,64 cm para comprimento e 7,75 cm para larguras das folhas.

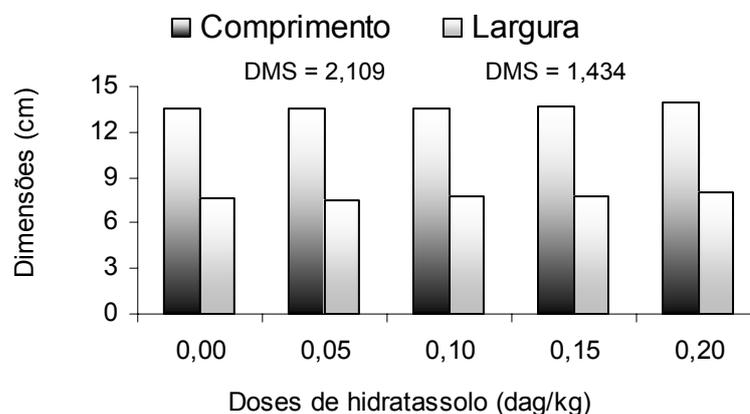


Figura 19: Dimensões médias das folhas (cm)

Na figura 20 são apresentadas as médias das quantidades de folhas por planta, por vaso, na ocasião da colheita. Os resultados obtidos mostram não haver diferenças significativas entre os tratamentos em função das doses crescentes do polímero. No decorrer do experimento algumas folhas se apresentaram secas e se desprenderam da planta. A quantidade média de folhas efetivas por planta foi de 6,6 unidades.

Moura (2000), em condições de lisímetros, obteve um número mínimo de 13 folhas de beterraba ao utilizar águas de irrigação com condutividade elétrica entre 1,0 e 4,0 dS/m.

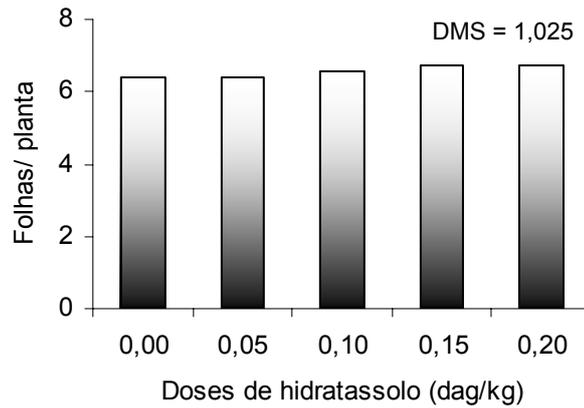


Figura 20: Quantidade média de folhas por planta.

#### 4.2.2. Raízes

A figura 21 apresenta os resultados referentes aos pesos úmidos e secos das raízes, nos respectivos tratamentos. De acordo com a análise estatística, apenas a maior dosagem do *hidratassolo* (0,20 dag/kg) diferenciou estatisticamente da testemunha ao nível de 5% de probabilidade, tanto para o peso úmido, quanto para o peso seco. Neste caso, o peso úmido passou de 16,03 g (sem polímero) para 19,90 g (a 0,20 dag/kg), enquanto que o peso seco passou de 1,52 g (sem polímero) para 1,83 g (a 0,20 dag/kg).

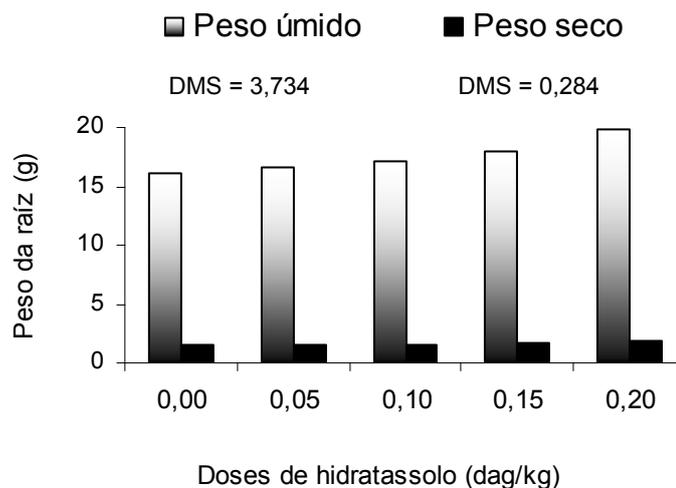


Figura 21: Pesos médios das raízes (g)

A figura 22 exhibe os resultados referentes às dimensões médias das raízes, para os respectivos tratamentos. Quanto às alturas (dimensões longitudinais), obtiveram valores de: 3,40; 3,42; 3,41; 3,48 e 3,63 cm para as doses *hidratassolo* de: 0; 0,05; 0,10; 0,15 e 0,20 dag/kg, respectivamente. A análise estatística não revelou diferenças significativas entre esses tratamentos. Já com relação aos diâmetros (dimensões transversais), ocorreram diferenças entre a maior dosagem do polímero, com relação a menor dosagem e a testemunha, passando de 2,93 cm (testemunha) para 3,39 cm (0,20 dag/kg).

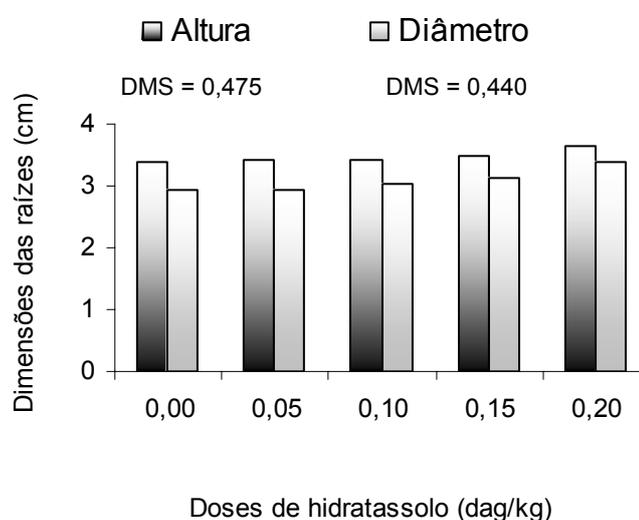


Figura 22: Dimensões médias das raízes (cm)

De uma forma geral, os resultados obtidos nesse experimento estão aquém dos alcançados em condições mais favoráveis de cultivo, cabendo, nesse caso, alguns comentários adicionais. Segundo Ayers & Westcot (1991), o cultivo da beterraba hortícola, sob condutividade elétrica do extrato de saturação do solo com valores de 5,1; 6,8 e 9,6 dS/m, resulta em reduções de rendimento de 10, 25 e 50%, respectivamente. Os autores ressaltam ainda que a fase mais sensível para a cultura é a germinação, onde a condutividade elétrica do extrato de saturação não deve superar os 3,0 dS/m. Some-se a isso, o efeito adicional das altas temperaturas verificadas na casa-de-vegetação, durante o período de desenvolvimento da cultura, o que favoreceu o processo de ascensão capilar dos sais presentes nos solos dos vasos.

Por outro lado, o polímero *hidratassolo* não pôde expressar toda a sua efetividade, no que se refere à retenção hídrica, devido à elevada condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (8,01 dS/m), com predominância de sais à base de cálcio. Isto pôde ser constatado em ensaio prévio realizado para determinação da capacidade de recipiente dos tratamentos. Para doses crescentes do polímero (0; 0,05; 0,10 e 0,20 dag/kg) obtiveram-se retenções hídricas de: 33,58; 34,21; 35,75 e 38,30 dag/kg, respectivamente. Em outro ensaio, a água disponível para as plantas, não diferenciou estatisticamente entre a testemunha (sem polímero) e doses de 0,05 e 0,10 dag/kg de *hidratassolo* aplicados em Neossolo Flúvico, no extrator de RICHARDS. Estes resultados estão de acordo com Bowman et al. (1990), Varennes et al. (1997) e Gervásio (2003), os quais relataram redução da capacidade de retenção hídrica de polímeros pela presença de sais, especialmente os sais de cálcio.

Um fato observado durante a colheita da beterraba fortalece essas constatações: a reduzida presença de raízes fixadas aos géis do polímero, à procura de água.

Já a incorporação do *hidratassolo* no Neossolo Flúvico, corrigido, cuja condutividade hidráulica saturada inicial era 5,3 cm/h, diminuiu ainda mais em função da dosagem do polímero, chegando até 3,7 cm/h para a concentração de 0,20 dag/kg. Prevedello & Balena (2000), também observaram decréscimo da condutividade hidráulica em dois meios porosos devido à ação dos polímeros.

## 5. CONCLUSÕES

- Tanto a quantidade necessária de corretivo químico aplicada recuperou o solo em termos de sodicidade (RAS = 10), como à aplicação de lâmina de lixiviação de 2,5 vezes o volume de poros, diminuiu a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de 23,5 dS/m para 8,01 dS/m;
- O polímero *hidratassolo* apresentou expressiva redução da sua capacidade de absorção hídrica, quando submetido à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de 8 dS/m;
- As características vegetativas da cultura, tais como, número de folhas por planta, comprimento e largura das folhas, e, pesos úmidos e secos das folhas, não aumentaram significativamente com as doses crescentes do *hidratassolo*, ao nível de 5% de probabilidade;
- Dentre as características das raízes da beterraba, a altura não diferenciou estatisticamente em função das doses crescentes do polímero. Entretanto, para o diâmetro, a maior dosagem do polímero superou a dosagem de 0,05% e a testemunha. Com relação aos pesos úmidos e secos das raízes, apenas a dose de 0,20 dag/kg foi superior à testemunha ( $p > 5\%$ ).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. Gheyi, H. R.; Medeiros de, J. F. & Damasceno, F. V. A., Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem), 29.

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.

BARROS, M. de F.C.; MAGALHÃES, A.F. Avaliação de métodos de determinação da necessidade de gesso em solos salino-sódicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.13, p.119-123, 1989.

BOWMAN, D.C.; EVANS, R.Y.; PAUL, J.L. Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amended container media. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.115, p.382-386, 1990.

BOWMAN, D.C.; EVANS, R.Y. Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partially reversible by potassium. **HortScience**, Alexandria, v.26, p.1063-1065, 1991.

BRASIL.Ministério do Meio Ambiente **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos**. Brasília, DF, 2002.

CORDEIRO, G. G. et al. Utilização de água salina e condicionador de solo na produção de beterraba no semi-árido brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.1, p.39-41, mar. 1999.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p. (EMBRAPA - CNPS. Documentos; 1).

FERREIRA, P.A. **Manejo de água-planta em solos salinos**. Viçosa-MG, UFV/DEA, 1998. 66p.

FERREYRA H., F.F.; COELHO, M.A. Efeito de doses de gesso e subsolagem na produtividade do arroz em solo sódico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.10, p.157-161, 1986.

FRAMJI, K.K. **Irrigation and Salinity: a World Wide Survey**, New Delhi International Commission on Irrigation and Drainage, 1976. 106 p.

FREIRE, M.B. G.S. et al. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.45-52, 2003.

GERVÁSIO, E.S. **Efeito de lâminas de irrigação e doses de condicionador, associados a diferentes tamanho de tubetes, na produção de mudas de cafeeiro**. 2003. 105 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Universidade de São Paulo- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GHEYI, H.R. et al. Comparação de métodos na recuperação de solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.19, p.173-178, 1995.

HIDRATASSOLO: a solução definitiva para a escassez de água. **Manchete Rural**, Ed. Bloch, Rio de Janeiro, n.130, p. 69-70, 1998.

LEITE, E.J. **Efeitos de diferentes níveis de gesso e matéria orgânica na recuperação de solo com problema de sódio**. 1990. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

LINS, C.C. **Região Semi-Árida**. Recife: SUDENE, 1989.

MOURA, R.F. **Efeito de lâminas de recuperação do solo e da salinidade da água de irrigação sobre os componentes de produção e coeficiente de cultivo da beterraba**. 2000. 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

OLIVEIRA, L.B. et al. Inferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.10, p.1477-1486, out, 2002.

PEREIRA, F.A.M. et al. Solos afetados por sais no Nordeste: Correlação entre o sódio solúvel e o intercambiável. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.6, p.167-170, 1982.

PEREIRA, J.R. Solos salinos-sódicos. IN: **Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 15 e SIMPÓSIO SOBRE ACIDEZ E CALAGEM NO BRASIL**. Campinas, SP, 1983, Anais ... Campinas SBCS, 1983. p. 127-143.

PETERSON, D. Hydrophilic polymers - Effects and uses in the landscape. **Student On-Line Journal (Hort 5015/5071)**, St. Paul, (USA), Vol. 7S, 2002. Disponível em :< <http://www.hort.agri.umn.edu/h5015/01papers/hydrogel.htm>> Acesso em: 15. jan.2003.

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

RHOADES, J.D.; MERRILL, S.D. **Assessing the suitability of water for irrigation: theoretical and empirical approaches**. Prognosis of Salinity and Alkalinity. FAO Soils Bull. v.31, p.69-109, 1976.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1954. (USDA. Handbook, 60).

SAMPAIO, R.A.; RUIZ, H.A. Características das soluções drenadas na recuperação de solos salino-sódicos com lixiviações parceladas **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.20, p.13-20, 1996.

SANTANA, M.J. et al. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), **Ciências Agrotécnica**, Lavras, v.27, n.2, p.443-450, mar.abr, 2003.

SANTOS, R.V. dos **Correção de um solo salino-sódico e absorção de nutrientes pelo feijoeiro Vigna (*Vigna unguiculata* (Walp.) L.)**, 1995, 120 f., Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SINGH, K.N.; CHATRATH, R. Salinity Tolerance. In: REYNOLDS, M.P.; ORTIZ-MONASTERIO, J.I.; MCNAB, A. (Ed.) **Application of Physiology in Wheat Breeding**. Mexico, 2001.

VARENNE, A de; BALSINHAS, A. de; CARQUEJA, M.J. Effects of two Na polymers on the hydrophysical and chemical properties of a sandy soil, and on plant growth and water economy. **Revista de Ciências Agrárias**. Lisboa, v.20, n.4, 1997.

ZAHOW, M.F.; AMRHEIN, C. Reclamation of a saline sodic soil using synthetic polymers and gypsum. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.56, p.1257-1260, 1992.

## ANEXOS

Anexo 1: Retenção hídrica em tensões equivalentes à capacidade de campo e à umidade de murcha permanente no *hidratassolo*.

TENSÃO (MPa)	Peso do hidratassolo (g)					Média
	----- repetições -----					
-0,01	94,97	100,13	103,40	96,73		98,81
-0,03	60,40	69,07	72,75	65,87		67,02
-1,50	13,87	17,70	16,27	17,18		16,25

Anexo 2: Curva de absorção hídrica do *hidratassolo* em função do tempo.

TEMPO (min)	Peso do hidratassolo (g)					média
	----- repetições -----					
5	12,89	14,80	13,50	15,10	12,40	13,74
10	25,72	30,01	25,70	24,86	23,90	26,04
20	58,63	49,43	57,65	43,90	47,04	51,33
30	69,17	68,91	75,80	75,20	66,53	71,12
60	119,70	119,24	108,84	102,12	113,40	112,66
90	136,36	164,95	151,13	146,76	148,48	149,54
120	175,85	183,90	162,24	174,06	175,20	174,25
240	225,57	226,68	226,18	225,44	221,57	225,09

Anexo 3: Capacidade de absorção do *hidratassolo* em diferentes tipos e concentrações de sais.

FONTE DE SAL	CE (dS/m)	Peso do hidratassolo (g)				média
		----- repetições -----				
NaCl	0,5	141,81	138,41	140,37	140,42	140,25
	1,0	109,72	109,09	111,48	110,50	110,20
	2,0	75,49	76,87	75,82	76,48	76,17
	4,0	59,64	60,42	59,63	60,00	59,92
	8,0	43,40	43,02	44,07	44,32	43,70
KCl	0,5	151,21	146,68	150,31	149,22	149,36
	1,0	120,90	119,50	122,10	119,78	120,57
	2,0	86,06	85,94	85,39	84,35	85,44
	4,0	67,55	68,39	67,06	67,80	67,70
	8,0	49,16	48,22	48,24	50,20	48,96
Ca Cl <sub>2</sub>	0,5	117,00	110,81	113,47	108,25	112,38
	1,0	64,81	68,70	63,21	64,38	65,28
	2,0	36,73	33,50	32,25	34,40	34,22
	4,0	18,72	18,54	18,05	19,58	18,72
	8,0	13,31	12,69	13,59	13,98	13,39

Anexo 4: Capacidade de absorção hídrica do *hidratassolo* sob diferentes valores de RAS.

RAS	Peso do hidratassolo (g)					média
	----- repetições -----					
0	36,58	36,44	37,18	34,05	34,81	35,81
8	58,54	58,54	59,10	59,48	61,41	59,41
16	68,74	67,60	68,83	71,02	71,98	69,63
24	72,61	71,95	71,61	73,21	75,13	72,90
32	73,85	74,21	75,72	73,20	75,68	74,53

Anexo 5: Capacidade de absorção hídrica do *hidratassolo* sob diferentes valores de pH.

pH	Peso do hidratassolo (g)					Média
	----- repetições -----					
1	7,17	7,20	8,80	8,22	8,41	7,96
4	245,10	246,10	244,40	243,13	242,72	244,29
7	241,91	243,57	245,72	241,44	248,38	244,20
10	240,09	248,9	241,98	247,5	240,09	243,71
13	44,24	41,40	32,10	38,5	41,84	39,62

Anexo 6: Capacidade de campo dos solos para doses crescentes de *hidratassolo* (dag/kg).

SOLOS	DOSES dag/kg	CAPACIDADE DE CAMPO (dag/kg)				
		----- Repetições -----				
		Média				
Neossolo Quartzarênico	0	7,57	7,11	7,30	6,77	7,19
	0,05	11,44	12,19	12,53	10,61	11,69
	0,10	14,47	15,03	15,67	16,14	15,33
	0,20	24,18	22,90	23,94	23,73	23,69
Latosolo Amarelo	0	27,24	28,06	27,44	28,13	27,72
	0,05	29,74	30,03	29,36	29,76	29,72
	0,10	30,54	32,91	31,88	33,91	32,31
	0,20	38,55	37,70	38,00	38,02	38,07
Neossolo Flúvico	0	20,18	20,61	20,10	20,20	20,27
	0,05	20,48	20,64	20,80	20,62	20,64
	0,10	21,61	21,49	21,41	21,72	21,56
	0,20	23,03	23,81	23,71	23,52	23,52

Anexo 7: Umidade de murcha permanente dos solos para doses crescentes de *hidratassolo* (dag/kg).

SOLOS	DOSES dag/kg	UMIDADE DE MURCHA PERMANENTE (dag/kg)				Média
		----- Repetições -----				
Neossolo Quartzarênico	0	2,25	3,10	2,57	2,42	2,59
	0,05	5,36	5,95	5,80	5,73	5,71
	0,10	8,97	9,04	8,42	8,45	8,72
	0,20	16,32	15,47	15,15	14,50	15,36
Latossolo Amarelo	0	20,71	20,38	20,30	20,37	20,44
	0,05	21,24	20,76	20,96	20,59	20,89
	0,10	21,38	21,52	21,95	21,62	21,62
	0,20	23,00	23,23	23,88	23,21	23,33
Neossolo Flúvico	0	7,58	7,68	7,72	7,65	7,65
	0,05	7,97	7,59	8,19	7,98	7,93
	0,10	8,50	8,57	8,69	8,29	8,51
	0,20	9,63	9,63	9,23	9,96	9,61

Anexo 8: Água disponível dos solos para doses crescentes de *hidratassolo* (dag/kg).

SOLOS	DOSES dag/kg	ÁGUA DISPONÍVEL (dag/kg)				Média
		----- Repetições -----				
Neossolo Quartzarênico	0	5,33	4,01	4,73	4,35	4,60
	0,05	6,07	5,68	5,59	4,88	5,55
	0,10	5,50	5,99	7,25	7,69	6,61
	0,20	7,87	7,43	8,79	9,23	8,33
Latossolo Amarelo	0	6,53	7,68	7,14	7,76	7,28
	0,05	8,50	9,28	8,40	9,18	8,84
	0,10	9,16	11,39	9,93	12,29	10,69
	0,20	15,55	14,47	14,13	14,81	14,74
Neossolo Flúvico	0	12,61	12,93	12,38	12,55	12,62
	0,05	12,51	13,05	12,61	12,65	12,70
	0,10	13,11	12,92	12,73	13,44	13,05
	0,20	13,39	14,18	14,48	13,56	13,90

Anexo 9: Condutividade hidráulica saturada (Ksat) dos solos para doses crescentes de *hidratassolo* (cm/h).

SOLOS	DOSES dag/kg	Ksat (cm/h)					Média
		Repetições					
Neossolo Quartzarênico	0	110,3	108,8	113,9	136,6	115,3	116,98
	0,05	107,1	94,9	96,1	112,7	103,3	102,8
	0,10	81,0	79,6	77,8	99,3	91,0	85,7
	0,20	76,1	79,9	75,3	60,6	54,8	69,3
Latossolo Amarelo	0	40,6	48,3	54,9	45,2	44,6	46,7
	0,05	44,3	34,5	42,7	32,8	38,7	38,6
	0,10	30,8	35,9	24,2	33,1	41,4	33,1
	0,20	20,1	19,9	20,4	22,5	12,7	19,1
Neossolo Flúvico	0	5,6	5,1	5,3	5,6	5,0	5,3
	0,05	5,2	4,7	5,4	5,8	4,5	5,1
	0,10	4,2	4,5	4,6	6,1	4,4	4,8
	0,20	3,5	4,1	3,5	3,7	3,6	3,7

Anexo 10: Capacidade de recipiente dos solos para doses crescentes de *hidratassolo* (dag/kg).

SOLOS	DOSES dag/kg	CAPACIDADE DE RECIPIENTE (dag/kg)				
		Repetições				
Neossolo Quartzarênico	0	23,63	23,20	25,76	22,67	23,82
	0,05	28,99	28,03	27,93	28,38	28,33
	0,10	32,37	32,18	33,33	31,70	32,40
	0,20	38,86	38,72	39,19	39,29	39,02
Latossolo Amarelo	0	51,32	50,62	50,73	52,63	51,33
	0,05	56,02	55,12	56,40	54,25	55,45
	0,10	63,23	62,77	63,12	59,77	62,22
	0,20	69,80	72,18	75,40	76,78	73,54
Neossolo Flúvico	0	33,97	33,86	33,96	32,54	33,58
	0,05	34,91	33,95	34,28	33,72	34,21
	0,10	36,08	35,22	35,56	36,15	35,75
	0,20	38,63	38,72	38,75	37,10	38,30

Anexo 11: Curvas características dos solos para doses crescentes de *hidratassolo* (g/g).

SOLO	DOSE dag/kg	TENSÕES (cm)									
		1	3	5	10	15	20	30	50	75	100
Neossolo Quartzarênico	0	0,294	0,288	0,283	0,275	0,260	0,231	0,200	0,145	0,103	0,073
	0,05	0,377	0,365	0,349	0,341	0,316	0,300	0,259	0,173	0,138	0,121
	0,10	0,471	0,460	0,454	0,442	0,420	0,388	0,341	0,285	0,244	0,224
	0,20	0,620	0,607	0,601	0,587	0,562	0,522	0,468	0,408	0,379	0,354
Latosolo Amarelo	0	0,679	0,666	0,652	0,601	0,559	0,527	0,475	0,418	0,363	0,317
	0,05	0,732	0,706	0,690	0,656	0,624	0,601	0,550	0,479	0,418	0,365
	0,10	0,790	0,772	0,751	0,733	0,713	0,698	0,663	0,599	0,537	0,485
	0,20	0,995	0,980	0,956	0,932	0,905	0,888	0,851	0,775	0,695	0,634
Neossolo Flúvico	0	0,485	0,477	0,468	0,453	0,437	0,423	0,398	0,360	0,308	0,287
	0,05	0,484	0,461	0,437	0,408	0,386	0,373	0,348	0,320	0,291	0,267
	0,10	0,579	0,568	0,555	0,523	0,495	0,467	0,426	0,357	0,313	0,285
	0,20	0,520	0,500	0,482	0,456	0,437	0,423	0,402	0,364	0,328	0,311

Anexo 12: Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) do Neossolo Flúvico.

Hidratassolo dag/kg	CEes (dS/m)					Média
	----- Repetições -----					
0	8,83	8,02	8,42	6,49	7,94	
0,05	7,76	8,05	7,59	7,96	7,84	
0,10	7,37	8,54	7,94	8,48	8,08	
0,15	8,45	8,44	8,05	8,39	8,33	
0,20	8,63	7,39	7,92	7,53	7,87	

Anexo 13: Cálcio do extrato de saturação do Neossolo Flúvico.

Hidratassolo dag/kg	Cálcio solúvel (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )					Média
	----- Repetições -----					
0	28,63	30,37	28,59	24,83	28,11	
0,05	30,64	30,79	25,15	30,94	29,38	
0,10	23,69	28,69	26,35	36,03	28,69	
0,15	28,23	26,46	25,54	32,09	28,08	
0,20	30,40	28,59	29,34	30,55	29,72	

Anexo 14: Magnésio do extrato de saturação do Neossolo Flúvico.

Hidratassolo dag/kg	Magnésio solúvel (mmol <sub>e</sub> /dm <sup>3</sup> )				Média
	----- Repetições -----				
0	1,19	1,35	1,07	0,95	1,14
0,05	1,07	1,15	1,35	1,23	1,20
0,10	1,22	1,32	1,07	1,15	1,19
0,15	1,40	1,05	0,99	1,08	1,13
0,20	1,32	1,07	1,14	1,12	1,16

Anexo 15: Sódio do extrato de saturação do Neossolo Flúvico.

Hidratassolo dag/kg	Sódio solúvel (mmol <sub>e</sub> /dm <sup>3</sup> )				Média
	----- Repetições -----				
0	36,97	39,15	43,50	34,80	38,61
0,05	41,32	39,15	36,97	36,97	38,61
0,10	34,80	39,15	45,67	36,97	39,15
0,15	43,50	39,15	39,15	38,28	40,02
0,20	41,32	34,80	36,97	36,97	37,52

Anexo 16: Pesos úmidos das folhas da beterraba.

Hidratassolo dag/kg	Pesos úmidos das folhas (g)				Média
	----- Repetições -----				
0	41,25	36,39	42,96	35,94	39,13
0,05	40,96	42,56	32,93	40,55	39,25
0,10	40,28	42,13	45,31	34,13	40,46
0,15	41,61	44,18	43,14	38,15	41,77
0,20	42,56	39,95	51,96	43,19	44,42

Anexo 17: Pesos secos das folhas da beterraba.

Hidratassolo dag/kg	Pesos secos das folhas (g)				Média
	----- Repetições -----				
0	3,03	2,64	3,09	2,35	2,78
0,05	2,94	3,07	2,31	2,86	2,79
0,10	2,95	2,80	3,12	2,62	2,87
0,15	2,99	3,08	3,04	2,71	2,96
0,20	3,04	2,73	3,75	2,99	3,13

Anexo 18: Número médio de folhas por planta por vaso.

Hidratassolo dag/kg	Número médio de folhas por planta/vaso				Média
	----- Repetições -----				
0	6,5	5,8	7,0	6,3	6,4
0,05	6,8	7,0	6,0	5,8	6,4
0,10	6,8	6,5	7,0	6,0	6,6
0,15	7,0	6,8	6,5	6,8	6,8
0,20	6,8	6,3	6,5	7,5	6,8

Anexo 19: Comprimento das folhas da beterraba.

Hidratassolo dag/kg	Comprimento das folhas (cm)				Média
	----- Repetições -----				
0	13,02	13,96	14,50	12,54	13,50
0,05	12,76	14,11	13,96	13,17	13,50
0,10	14,41	13,85	12,59	13,48	13,58
0,15	13,71	13,28	13,81	13,91	13,68
0,20	13,06	14,88	15,77	12,10	13,95

Anexo 20: Larguras das folhas da beterraba.

Hidratassolo dag/kg	Larguras das folhas (cm)				Média
	----- Repetições -----				
0	7,81	7,65	8,09	6,82	7,59
0,05	7,30	7,61	7,63	7,77	7,58
0,10	8,04	8,06	7,36	7,79	7,81
0,15	7,64	7,37	8,35	7,87	7,81
0,20	7,69	8,64	9,27	6,42	8,00

Anexo 21: Pesos úmidos das raízes da beterraba.

Hidratassolo dag/kg	Pesos úmidos das raízes (g).				Média
	----- Repetições -----				
0	15,18	14,66	17,45	16,84	16,03
0,05	19,15	16,29	16,40	14,68	16,63
0,10	17,67	17,38	16,70	16,50	17,06
0,15	17,59	20,87	18,15	15,32	17,98
0,20	20,84	21,56	17,07	20,12	19,90

Anexo 22: Pesos secos das raízes da beterraba.

Hidratassolo dag/kg	Pesos secos das raízes (g)				Média
	Repetições				
0	1,59	1,31	1,64	1,54	1,52
0,05	1,62	1,73	1,45	1,43	1,56
0,10	1,60	1,65	1,53	1,58	1,59
0,15	1,78	1,88	1,58	1,51	1,69
0,20	1,97	1,70	1,84	1,83	1,83

Anexo 23: Alturas das raízes da beterraba.

Hidratassolo dag/kg	Alturas das raízes (cm)				Média
	Repetições				
0	3,38	3,25	3,43	3,55	3,40
0,05	3,53	3,30	3,38	3,48	3,42
0,10	3,25	3,53	3,60	3,28	3,41
0,15	3,08	4,03	3,30	3,50	3,48
0,20	3,73	3,60	3,48	3,73	3,63

Anexo 24: Diâmetros das raízes da beterraba.

Hidratassolo dag/kg	Diâmetros das raízes (cm)				Média
	Repetições				
0	2,93	2,85	3,00	2,93	2,93
0,05	3,18	2,93	2,83	2,83	2,94
0,10	3,08	3,10	2,85	3,08	3,03
0,15	2,75	3,60	3,28	2,95	3,14
0,20	3,50	3,50	3,23	3,33	3,39

## LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 01 Caracterização física dos solos utilizados .....	12
Quadro 02 Capacidade de campo dos solos para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	23
Quadro 03 Umidade de murcha permanente dos solos para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	25
Quadro 04 Água disponível dos solos para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	26
Quadro 05 Capacidade de recipiente dos solos para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	27
Quadro 06 Condutividade hidráulica saturada dos solos para doses crescentes de <i>hidratassolo</i> .....	31
Quadro 07 Classificação de solos afetados por sais (McNeal, 1976)	43
Quadro 08 Caracterização físico-hídrica do solo .....	48
Quadro 09 Caracterização química do extrato da pasta saturada do solo ..	48
Quadro 10 Cátions trocáveis e CTC (Richards, 1954) .....	49

## CAPÍTULO 1

### CARACTERIZAÇÃO DO POLÍMERO *HIDRATASSOLO* E SEU EFEITO SOBRE PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE SOLOS

**COELHO**, José Benjamin Machado Coelho; Ms; Universidade Federal Rural de Pernambuco; maio de 2004; **Aplicação de doses do polímero *hidratassolo* sobre a capacidade de retenção de água de solos e desenvolvimento da beterraba, em condições salinas**; Professor-Orientador: Ronaldo Freire de Moura; Professores-Conselheiros: Maria de Fatima Cavalcanti Barros e José Júlio Vilar Rodrigues.

#### RESUMO

Diversos produtos têm sido testados no intuito de aumentar a capacidade de armazenamento d'água de solos e reduzir perdas por percolação e evaporação. O *hidratassolo* é um polímero super-absorvente, à base de acrilato de sódio, capaz de reter centenas de vezes o seu peso em água. Estudo de laboratório foi realizado com o objetivo de caracterizar o *hidratassolo* no que se refere à sua capacidade de absorção hídrica e avaliar o efeito de doses desse polímero sobre propriedades físico-hídricas dos solos: Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e Neossolo

Flúvico. Os tratamentos constaram de: testemunha (sem polímero); 0,05; 0,10 e 0,20 dag/kg de *hidratassolo*, referindo-se ao peso seco do polímero e do solo. Os resultados obtidos mostraram que o produto possui elevada capacidade de armazenamento em água deionizada, chegando a reter 254 vezes o seu peso em água, tomando como referência o peso seco do produto. Quando o mesmo foi submetido às tensões de -0,01; -0,03 e -1,5 MPa, reteve 98,81; 67,02 e 16,25 vezes o seu peso em água, respectivamente. Em presença de soluções salinas, observou-se decréscimo progressivo da capacidade de absorção hídrica do polímero. Para uma condutividade elétrica de 8 dS/m, o *hidratassolo* teve à sua capacidade de absorção, limitada em 82,8%, 80,7% e 94,7, para soluções de sais de sódio, potássio e cálcio, respectivamente, com relação a absorção em água deionizada. Quando o polímero, inicialmente saturado em solução salina, foi submetido a sucessivas lavagens com água deionizada, conseguiu recuperar plenamente a sua capacidade de armazenamento d'água, para solução salina à base de sódio, mostrando a reversibilidade do processo. O mesmo não ocorreu quando a saturação foi feita com sal de cálcio, onde a re-hidratação com água deionizada só restabeleceu 30,2% do seu potencial de armazenamento hídrico. Quanto à efetividade do polímero em relação ao pH da solução, o mesmo não foi afetado expressivamente quando se promoveu a sua saturação em soluções com pH 4, 7 e 10. Ao se comparar os valores de capacidade de campo dos 3 solos, referentes à maior dosagem do polímero (0,20 dag/kg) com a testemunha, observa-se haver acréscimos da ordem de 3,29 vezes; 1,37 vez e 1,16 vez, para o Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e Neossolo Flúvico, respectivamente. Quanto ao teor de água disponível, para as mesmas dosagens, verificou-se haver acréscimos da ordem de 1,81 vez; 2,02 vezes e 1,10 vez, considerando a mesma seqüência de solos. Com relação à condutividade hidráulica saturada, nos 3 solos, houve uma redução progressiva dos valores em função do aumento de doses do polímero. A maior concentração do *hidratassolo* ocasionou uma redução da condutividade hidráulica saturada, em relação ao solo sem polímero, da ordem de: 40,7%, 59,1% e 30,5% para o Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo e Neossolo Flúvico, respectivamente. A capacidade de recipiente apresentou boas correlações com valores de capacidade de campo, obtidos no extrator de RICHARDS, para as doses crescentes de *hidratassolo*, nos três solos estudados.

## CAPÍTULO 1

### CHARACTERIZATION OF THE HIDRATASSOLLO POLYMER AND ITS EFFECT ON PHYSICAL-HYDRICAL SOIL PROPERTIES

**COELHO**, José Benjamin Machado Coelho; Ms; Universidade Federal Rural de Pernambuco; maio de 2004; **The effects of hidratassolo polymer dosages on soil water retention capacity and beet development under saline conditions**; Guiding: Ronaldo Freire de Moura; Advisers: Maria de Fatima Cavalcanti Barros e José Júlio Vilar Rodrigues.

#### ABSTRACT

Several products have been tested aiming to increase the water-holding capacity of the soils and to reduce the losses due to deep percolation and evaporation. *Hidratassolo* is a super-absorbent polymer, based upon sodium acrylate, capable of retaining hundreds of times its weight in water. A laboratory study was carried out with the objective of characterizing the *hidratassolo* in respect to its water absorbing capacity and to evaluate the effect of dosages of this polymer upon physical-hydrical properties of the following soils: Neosol Quartzarenic, Yellow Latosol and Fluvial Neosol. The treatments consisted of: control (no polymer); 0,05;

0.10 and 0,20 dag/kh of *hidratassolo*, based on the dry weight of the polymer and of the soil. The results obtained showed that the product has a high capacity of deionized water storage, retaining up to 254 times it's own weight in water, taking as reference the dry polymer weight. When the polymer was submitted to water tensions of -0,01; -0,03 and -1,50 MPa, it retained 98,81; 67,02 and 16,25 times It's weight in water, respectively. On the other hand, in the presence of saline solutions there was a progressive decline in the absorption capacity of the polymer. For an electrical conductivity of 8 dS/m, the *hidratassolo* had It's absorption capacity limited to 82,8%; 80,7% and 94,7%, for sodium, potassium and calcium salt solutions, respectively, in respect to the water absorption of deionized water. When the polymer, initially saturated in a saline solution, was submitted to successive leachings with deionized water, it was able to recover completely It's water storage capacity, for the saline solution based on sodium, showing the reversibility of the process. The same did not occur when the saturation was done with a calcium salt, where the re-hydration with deionized water was reestablished to 30,2% of it's water storage capacity. The effectiveness of the polymer in relation to the solution pH, was not significantly altered when it was saturated in solutions with a pH of 4,7 and 10,0. When field capacity of the there soils were compared, with reference to the highest dosage of the polymer (0,20 dag/kg) against the control (without polymer), it can be observed increases in the order of 3,29 times, 1,37 time and 1,16 time, for the Neosoil Quartzarenic, Yellow Latosol and Fluvial Neosol, respectively. As to the available water content, for the same dosages, it was seen to have increases in the order of 1,81 time, 2,02 times and 1,10 time, considering the same sequence of soils. In relation to the saturated hydraulic conductivity, in the three soils, there was a progressive reduction of the values as a function of the increase of polymer dosages. The highest, hidratassolo concentration caused on reduction in saturated hydraulic conductivity, relative to soil without polymer in the order of 40,7%, 59,1% and 30,5% for the Neosol Quartzarenic, Yellow Latosol and Fluvial Neosol, respectively. The container capacity showed good correlations with the field capacity valoes obtained in the RICHARDS extractor, for increasing dosages of hidratassolo in the three soils studied.