



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**DIEGO DE VASCONCELOS LOURENÇO**

**IMPACTOS DA SALINIDADE NO HIDROGEL UTILIZADO COMO  
MELHORADOR DE SOLO NO SEMIÁRIDO**

**FORTALEZA-CE**

**2016**

**DIEGO DE VASCONCELOS LOURENÇO**

**IMPACTOS DA SALINIDADE NO HIDROGEL UTILIZADO COMO  
MELHORADOR DE SOLO NO SEMIÁRIDO**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da disciplina Atividade Supervisionada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Mirian Cristina Gomes Costa.

**FORTALEZA**

**2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- L934i Lourenço, Diego de Vasconcelos.  
Impactos da salinidade no hidrogel utilizado como melhorador de solo no semiárido / Diego de Vasconcelos Lourenço. - 2016.  
38 f. : il. color.
- Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Graduação em Agronomia, Fortaleza, 2016.  
Orientação: Profa. Dra. Mirian Cristina Gomes Costa.
1. Solos - Salinidade. 2. Solos - Teor de potássio. 3. Recursos hídricos - Desenvolvimento.  
I. Título.

**DIEGO DE VASCONCELOS LOURENÇO**

**IMPACTOS DA SALINIDADE NO HIDROGEL UTILIZADO COMO  
MELHORADOR DE SOLO NO SEMIÁRIDO**

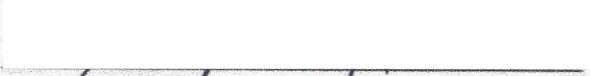
Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da disciplina Atividade Supervisionada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 01/10/2016

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof.ª Dra. Mirian Cristina Gomes Costa (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

  
Prof. Msc. Tiago da Costa Silva (Membro)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)

  
Prof. Msc. Roberto Albuquerque Pontes Filho (Membro)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus, por seu amor e proteção.

Aos meus pais, Ana Orvani de Vasconcelos  
Lourenço e Francisco das Chagas Lourenço,  
por todo apoio e suporte durante toda essa  
caminhada.

## AGRADECIMENTO

A Deus todo poderoso, fonte de todo amor e sabedoria, por minha vida e Sua eterna proteção ao longo de toda caminhada e a Nossa Mãe Santíssima por toda sua interseção e proteção.

A meus pais, Chagas e Orvani, principais responsáveis por minha formação, por todo amor, preocupações, orações e cuidado.

A Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de realização deste curso.

A Prof<sup>ª</sup>. Dra. Mirian Cristina Gomes Costa, por sua competência como professora, e principalmente por sua excelente orientação.

Aos conselheiros participantes da banca examinadora Tiago da Costa Silva e Roberto Albuquerque Pontes Filho pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo que contribuiu amplamente com meu aprendizado científico e conclusão do curso.

A todos os professores do curso de Agronomia, pelo tempo, esforço e dedicação concedidos por todos esses anos de graduação, em especial a Carmem Dolores, José Carlos Araújo, Marcelo Guimarães, Patrícia Lima, Patrik Pastori, Ricardo Romero, Rosemeiry Carvalho, Thiago Osório.

Ao Laboratório de Manejo e Conservação da água e do solo.

A todos os funcionários do Departamento de Ciências do Solo e da Funceme.

As bolsistas de Iniciação Acadêmica, Bruna Aires e Paulyana Moura, pela ajuda em campo e laboratório durante a execução desse trabalho.

A todos os meus familiares, pelo apoio e por sempre acreditarem no meu esforço.

A toda família Macedo, por me receber como membro de sua família e por todo amor e apoio dedicados a mim por todos esses anos.

Ao meu amigo Thiago Aragão, por todos esses anos de amizade, pelo tempo de estudo juntos, conversas e apoio. E a sua família por me acolher e torcer sempre pelo meu sucesso.

A meus amigos de graduação, Adriana Celentano, Amanda Pinheiro, Cecília Barreto, Danyelle Mauta, Fernanda Helena, Ingrid Pinheiro, Iorrana Gomes, Joyce Rocha, Raysa Mayara, Renata Araújo, Tiago Cavalcante, Tiago Rodrigues, Vinicius Calou, entre tantos outros, que compartilharam comigo momentos de alegrias e tristezas ao longo destes cinco anos.

As minhas amigas, Conceição de Maria, Hévila Aragão, Jéssica Silva, Kênia Lima, Sabrynna Brito, Patrícia Lara e Patrícia Silva, que sempre dedicaram a mim uma amizade verdadeira, sólida, sincera e fiel.

As minhas queridas vizinhas, Carmem, Gabriela e Natália, por todo apoio e amizade.

A minha amiga, Camila Castro, pela amizade, conversas e cafezinhos na cantina, mas principalmente por ter estado sempre solícita a me ajudar em meu experimento.

A Daniele Varelo e Dimitri Matos, pelas dúvidas tiradas e ajuda dada sempre que precisei.

A Bruna Iwata e Régis Santos, por toda a paciência e contribuição que sempre me deram para a realização deste trabalho.

*“Bem conheço os desígnios que mantenho para convosco – oráculo do Senhor –, desígnios de prosperidade e não de calamidade, de vos garantir um futuro e uma esperança.”*

*Jeremias 29:1*

## RESUMO

Hidrogéis são polímeros hidroabsorventes que possuem a capacidade de reter, armazenar e liberar água para as plantas e que vêm sendo aplicados em diversas áreas de conhecimento. Na agricultura, são utilizados como condicionadores do solo, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, visando proporcionar maior armazenamento de água no solo. Fatores externos podem intervir na eficácia do hidrogel no solo, sendo a salinidade um desses fatores. Supõe-se que o excesso de sais no meio reduz a retenção de água pelo hidrogel e que o produto pode liberar substâncias que aumentem a salinidade do solo. Neste estudo os objetivos foram avaliar o efeito do aumento da condutividade elétrica (CE) e avaliar atributos de salinidade no solo que recebeu o hidrogel e na água que passa por esse solo. Foram realizados dois experimentos, sendo o primeiro em condições de laboratório, com delineamento inteiramente casualizado, quatro tratamentos (soluções com CE de 0,5; 1,5; 3,0; e 4,5 dS m<sup>-1</sup>) e quatro repetições. Nesse experimento, 500 mL de água com as diferentes CEs foram utilizados para saturar 1g de polímero hidrogel. Após 24 horas de saturação, foi drenada a água gravitacional e o material foi pesado. O segundo experimento foi conduzido em casa de vegetação com delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4 e quatro repetições. Foram avaliados o polímero hidrogel (0 e 4,0 gramas de hidrogel) e quatro soluções salinas (0,5; 1,5; 3,0 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>). As unidades experimentais foram formadas por colunas de PVC com 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento, preenchidas com solo no qual foi aplicado ou não o hidrogel. Em cada coluna foi cultivada a cultura do milho e, após uma semana da sua germinação, foi iniciada a irrigação com as soluções salinas. Os atributos avaliados foram: volume de água drenada, umidade do solo, condutividade elétrica, sódio e potássio na água drenada e o solo, além da umidade do solo. A capacidade de armazenando de água pelo hidrogel diminuiu com a salinidade da água de irrigação, aumentando o volume de água drenada. A CE, tanto da água drenada como do solo foi maior no tratamento com hidrogel. Os teores de Na e K variaram por condições diversas, podendo ter tido influência da solução salina por seu excesso de Na ou do próprio hidrogel por conter potássio em sua formação. Em conclusão, a capacidade de retenção de água pelo polímero é comprometida pela salinidade. A solução salina ocasionou salinização no solo, sendo essa salinização maior nos solos que receberam o tratamento com hidrogel.

**Palavras-chave:** Alternativas para o semiárido. Eficiência do uso da água. Acrilato de potássio.

## ABSTRACT

Hydrogels are hidroabsorventes polymers that have the ability to retain, store and release water to the plants and which have been applied in various fields of knowledge. In agriculture, it is used as soil conditioners, especially in arid and semiarid regions in order to provide greater water storage in the soil. External factors can intervene in the efficiency of the hydrogel in the soil, being the salinity of these factors. It is assumed that the excess salts in the medium reduces the hydrogel water retention and that the product can release substances that increase the salinity of soil. In this study objectives were to evaluate the effect of increasing the electrical conductivity (EC) and assess attributes salinity in the soil that received the hydrogel and water passing through the soil. Two experiments were conducted, the first under laboratory conditions, with a completely randomized design, four treatments (solutions with EC 0.5, 1.5, 3.0, and 4.5 dS m<sup>-1</sup>) and four replications. In this experiment, 500 ml of water with different ECs were used to saturate 1g hydrogel polymer. After 24 hours of saturation, the water was gravity drained and the material was weighed. The second experiment was conducted in a greenhouse with a completely randomized design in a 2x4 factorial design with four replications. They evaluated the hydrogel polymer (0 to 4.0 grams of the hydrogel) and four salt solutions (0.5, 1.5, 3.0 and 4.5 dS m<sup>-1</sup>). The experimental units were comprised of PVC column with 10 cm diameter and 50 cm length, filled with soil to which has been applied or not the hydrogel. In each column was cultivated maize and, after a week of germination, irrigation was initiated with saline solutions. The evaluated attributes were: volume of water drained, soil moisture, electrical conductivity, sodium and potassium in the drained soil and water, as well as soil moisture. The stored capacity of the hydrogel decreases with water salinity irrigation water, increasing the volume of water drained. The EC, both the water drained as soil was greater in treatment with hydrogel. The content of Na and K vary by many conditions, which may have influenced the saline solution for its excess Na or the hydrogel itself because it contains potassium in their training. In conclusion, the polymer water retention capacity is compromised by salinity. Saline resulted in soil salinity, and this higher salinity soils that received treatment with hydrogel.

**Keywords:** Alternatives to the semiarid. Water use efficiency. Potassium acrylate.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Unidades experimentais .....	23
Figura 2 –	Capacidade de retenção de água ( $\text{g kg}^{-1}$ ) do hidrogel em função dos níveis de alinidade ( $\text{dS m}^{-1}$ ) .....	26
Figura 3 –	Desenvolvimento do sistema radicular do milho quando submetido ao tratamento com e sem hidrogel no Experimento 2 .....	28
Figura 4 –	Volume de água drenada (mL) em resposta aos tratamentos com e sem hidrogel .....	29
Figura 5 –	Condutividade Elétrica (CE) na água de drenagem em função dos níveis de salinidade da água de irrigação com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH) .....	31
Figura 6 –	Concentrações de sódio (Na) ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na água de drenagem em função dos níveis de salinidade da água de irrigação com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH) .....	32
Figura 7 –	Concentrações de potássio (K) ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na água de drenagem em função dos níveis de salinidade da água de irrigação com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH) .....	32
Figura 8 –	Sódio (Na) e Potássio (K) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) do solo em resposta aos tratamentos com e sem hidrogel .....	34
Figura 9 –	Sódio (Na) e Potássio (K) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) do solo em resposta ao tratamento salinidade .....	34
Figura 10 –	Condutividade elétrica (CE) do solo em resposta aos tratamentos com e sem hidrogel .....	35
Figura 11 –	Condutividade elétrica (CE) do solo em resposta ao tratamento salinidade .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos químicos do solo utilizado no experimento e que foi proveniente do Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado em Pacajús, Ceará, 2015 .....	21
Tabela 2 – Atributos físicos do solo utilizado para o cultivo do milho no experimento. Campo Experimental - Embrapa, Pacajús, Ceará, 2015 .....	22
Tabela 3 – Médias das chuvas no Posto Pluviométrico do Pici em Fortaleza/CE no mês de março dos anos de 2009 a 2015 .....	24
Tabela 4 – Resumo da ANOVA para retenção de água pelo hidrogel em condições de laboratório .....	26
Tabela 5 – Resumo da ANOVA para os dados de volume (mL), CE (dS m <sup>-1</sup> ), Na (mg L <sup>-1</sup> ) e K (mg L <sup>-1</sup> ) na água drenada .....	29
Tabela 6 – Volume de água drenada para cada tratamento com e sem hidrogel em cada salinidade avaliada .....	30
Tabela 7 – Resumo da ANOVA para os dados de umidade (%), Na (mg kg <sup>-1</sup> ), K (mg kg <sup>-1</sup> ) e CE (dS m <sup>-1</sup> ) no solo .....	33

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Dificuldades para a produção agrícola no semiárido</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Hidrogel e a disponibilidade de água para as plantas</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Efeitos da salinidade no hidrogel</b> .....	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Experimento 1</b> .....	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Experimento 2</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Localização da área experimental e solo utilizado</i> .....	<b>21</b>
<b>3.2.2</b>	<i>Delineamento experimental</i> .....	<b>22</b>
<b>3.2.3</b>	<i>Instalação e condução do experimento</i> .....	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Determinações e análises</b> .....	<b>25</b>
<b>3.3.1</b>	<i>Análise de água drenada</i> .....	<b>25</b>
<b>3.3.2</b>	<i>Análise no solo</i> .....	<b>25</b>
<b>3.3.2.1</b>	<i>Conteúdo de água</i> .....	<b>25</b>
<b>3.3.2.2</b>	<i>Sódio (Na) e potássio (K) trocáveis</i> .....	<b>25</b>
<b>3.3.2.3</b>	<i>Condutividade elétrica (CE)</i> .....	<b>25</b>
<b>3.4</b>	<b>Análises estatísticas</b> .....	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Uma alternativa que vem crescendo atualmente na agricultura para minimizar os efeitos do déficit hídrico é o uso de polímeros hidroabsorventes, os hidrogéis. Esses polímeros possuem a capacidade de absorver, reter e liberar gradativamente água para a rizosfera das plantas permitindo significativa redução na frequência de irrigação, o que é importante não só para regiões semiáridas, mas para todas as regiões em que a falta d'água limita a produção agrícola. Os hidrogéis também possuem capacidade de retenção de nutrientes, o que pode contribuir com desenvolvimento das culturas.

Apesar da alta capacidade de retenção de água, é importante ter cautela quanto ao uso de hidrogéis para aumentar a disponibilidade hídrica às plantas em ambientes semiáridos. Isso se deve ao fato de que a salinidade, comum no semiárido, pode limitar a retenção de água, sendo necessário conhecer seus efeitos diretos na disponibilização de água por polímeros hidroabsorventes.

No semiárido brasileiro, onde as temperaturas são elevadas e os índices pluviométricos irregulares, são comumente encontrados solos e água afetados por sais, e que, muitas vezes, são os únicos recursos que os agricultores têm para produzir alimentos. Há potencial para o uso de hidrogel visando aumentar a retenção e a disponibilidade de água para cultivos agrícolas nessas condições; porém, esse potencial pode ser comprometido pela salinidade do solo e da água de irrigação.

Dentro do contexto abordado, este trabalho foi desenvolvido partindo das seguintes hipóteses: 1) a irrigação com água salina diminui a retenção de água pelo hidrogel; 2) a água salina aplicada ao solo com hidrogel promove salinização desse solo e 3) o uso do polímero hidrogel aumenta o teor de água no solo, proporcionando maior disponibilidade de água às plantas quando não se usa irrigação com água salina.

Os objetivos neste estudo foram: a) avaliar os efeitos da salinidade crescente da água de irrigação na retenção de água pelo hidrogel em condições de laboratório; b) avaliar a retenção de água no solo em resposta à aplicação de hidrogel e à irrigação com água salina e c) avaliar atributos de salinidade no solo em resposta à aplicação do hidrogel e irrigação com água salina.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Dificuldades para a produção agrícola no semiárido

O semiárido brasileiro possui uma área total de 982.563,3 km<sup>2</sup>. De toda sua extensão, 89,5% se concentram na região Nordeste, compreendendo quase todos os estados nordestinos, com exceção do Maranhão. Os 10,5% (103.589,96 km<sup>2</sup>) restantes do território semiárido estão localizados no estado de Minas Gerais, situado na Região Sudeste (IBGE, 2016).

A população total da região semiárida é de 18,5 milhões de pessoas, sendo que 8,6 milhões estão na zona rural (CIRILO, 2008). Segundo Medeiros *et al.* (2012), os resultados do Censo Demográfico 2010 do IBGE mostraram que o total de habitantes no semiárido brasileiro era cerca de 22.598.318 habitantes em 2010, o que representa 11,85% da população brasileira ou 42,57% da população nordestina.

O semiárido é caracterizado por apresentar altas temperaturas, baixa pluviosidade, solos pouco intemperizados e pequena produção de fitomassa (ARAÚJO FILHO, 2002). Tais características podem facilitar e potencializar a degradação de solos no semiárido. Existe também a ação antrópica, que é responsável pela degradação da cobertura vegetal, favorecendo os processos erosivos (ARAÚJO, 2011).

Predomina na região, o clima do tipo quente e seco ou BSh de Köppen, havendo variações como o BShw, com chuvas de verão (ARAÚJO, 2011). Esse clima é caracterizado por elevadas temperaturas anuais (27° C) e elevada evaporação (2000 mm), com índices pluviométricos de até 800 mm ao ano, desigualmente distribuídos no tempo e espaço, concentrados de três a cinco meses (CASTRO; CAVALCANTE, 2011).

No semiárido se encontra o bioma Caatinga, de vegetação xerófila e constituída por espécies lenhosas e herbáceas, espinhosas e de porte pequeno. São geralmente cactáceas, bromeliáceas e caducifólias, estas últimas, perdem suas folhas no início da estação de seca (DRUMOND *et al.*, 2000), podendo agravar os riscos de erosão no período de chuvas intensas, devido à falta de proteção do solo. Segundo Brasileiro (2009), a ausência de cobertura vegetal coloca em risco toda a biodiversidade existente, pois interfere nas condições físicas, afeta o desenvolvimento e a manutenção de atividades sociais, econômicas e culturais.

A vegetação da Caatinga é dividida em hiperxerófila e hipoxerófila; a primeira apresenta porte baixo, com presença maior de plantas arbustivas e herbáceas, presentes em clima com precipitações médias menores que 500 mm e períodos de déficit hídrico variando de sete a dez meses. Já a segunda caracteriza-se pela presença de plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas em função de sua ocorrência em áreas mais úmida (SANTOS *et al.*, 2012).

A erosão é um dos problemas mais graves da degradação dos solos. No semiárido nordestino, os processos erosivos tornam-se ainda mais preocupantes, visto que o solo está cada vez mais vulnerável devido à ação antrópica intensificadora da erosão e devido à própria fragilidade do material pedológico (BRASILEIRO, 2009). O autor ressalta ainda, que em diversas localidades do semiárido, as práticas agrícolas ineficientes deixam o solo susceptível aos processos erosivos, devido à retirada da cobertura vegetal.

## **2.2 Hidrogel e a disponibilidade de água para as plantas**

Os polímeros hidroabsorventes (hidrogéis) são estruturas em forma tridimensional que possuem a capacidade de absorver grande quantidade de água e/ou fluidos biológicos sem que haja a perda de sua forma; são constituídos a partir da junção de redes poliméricas hidrofílicas química ou fisicamente reticuladas (BRITO *et al.*, 2013). Eles podem ser de origem natural quando derivados do amido, e de origem sintética quando derivados do petróleo, sendo que os sintéticos apresentam maior potencial de absorver água (DUSI, 2005).

Segundo Magalhães (2009), no processo de síntese do hidrogel algumas variedades de monômeros são usadas, principalmente acrilatos. Os mais empregados na produção industrial desse material é a acrilamida, o ácido acrílico e seus sais de sódio ou potássio. De acordo com Dusi (2005), os hidrogéis, apesar de externamente parecidos, apresentam estrutura física e constituição química diferentes, afetando na forma de retenção e liberação de água e nutrientes para o solo. Segundo Melo (2007), a capacidade dos hidrogéis em absorver, reter e liberar água possui influência direta das estruturas físicas e constituição química dos polímeros.

Os polímeros hidrogéis possuem grande abrangência em sua utilização, podendo ser empregados, além da agricultura, em áreas de conhecimento tais como na medicina e nas indústrias (EL-REHIM; HEGAZY; EL-MOHDY, 2004).

Ao avaliar o potencial do hidrogel na retenção de água, Akhter *et al.* (2004) constataram que a adição de 0,1; 0,2 e 0,3% do produto aumentou linearmente a capacidade de retenção de água no solo, de modo que a quantidade de água disponível às plantas foi maior tanto em solo arenoso quanto em siltoso, comparados à não aplicação do hidrogel como condicionador de solo.

A aplicação de hidrogel aumentou em até 2,3 vezes a água disponível no solo que recebeu hidrogel em relação ao controle sem hidrogel (KROUPAI; SOHRAB; SWARBRICK, 2008). Segundo os mesmos autores, a aplicação de hidrogel pode resultar em significativa redução na frequência de irrigação, particularmente para solos arenosos, sendo um importante aspecto para regiões áridas e semiáridas.

De acordo com Azevedo *et al.* (2006), tem crescido nos últimos anos no Brasil o uso do hidrogel na agricultura, principalmente na fruticultura, silvicultura e produção de substratos para mudas. Segundo os autores, esse aumento da utilização do hidrogel se deve à habilidade que o polímero possui em absorver e reter água com posterior liberação para as plantas. As alterações que o hidrogel promove no solo podem causar melhorias no crescimento e estabelecimento de mudas, aumentando a capacidade de retenção de água dos solos, proporcionando às plantas água disponível, especialmente em ambientes áridos (AKHTER *et al.*, 2004). Segundo Oliveira *et al.* (2004), os polímeros sintéticos são desenvolvidos desde a década de 80 com finalidade agrícola de melhorar as propriedades físicas e químicas do solo. No entanto, destaca-se que o efeito do hidrogel sobre o desenvolvimento e adaptação das plantas, principalmente em fases mais críticas ou em regiões de climas áridos, dependerá muito de cada espécie (SAAD; LOPES; SANTOS, 2009).

Oliveira *et al.* (2004), analisando a influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo, observaram que o uso do polímero contribuiu para aumentar a retenção de água nos solos de texturas franco-argilosa, argilosa e arenosa. Também foi observado que, na medida em que aumentou a concentração do polímero nos solos, ocorreu maior retenção de água, principalmente nos potenciais matriciais mais elevados.

Prevedello e Balena (2000), estudando os efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos, constataram que a adição de polímeros aumentou progressivamente a umidade do solo, chegando a duplicar a capacidade de armazenamento de água, evidenciando a capacidade que esse material tem em reter e

conservar água no solo. Os autores notaram também, que a retenção de água foi mais significativa quando utilizado solos de textura arenosa.

Ainda que os polímeros hidroabsorventes proporcionem vários efeitos favoráveis na agricultura, estimulando a continuidade de seu uso, alguns critérios devem ser adotados, pois pouco se sabe sobre os efeitos deste material no solo em longo prazo. Estudos que demonstrem a vida útil do hidrogel no solo ainda são raros, principalmente nas regiões áridas e semiáridas. Sabe-se que alguns fatores podem influenciar positivamente ou negativamente a absorção de água e a vida útil dos polímeros hidroabsorventes. Entre esses fatores, a salinidade merece destaque, pois o excesso de sais pode interferir na capacidade de absorção de água dos hidrogéis.

### **2.3 Efeitos da salinidade no hidrogel**

Na literatura observa-se que há duas vertentes na relação entre a salinidade e a aplicação de hidrogéis no solo. A primeira vertente diz respeito aos efeitos deletérios da salinidade na retenção de água pelo hidrogel (DORRAJI; GOLCHIN; AHMADI, 2010; BOWMAN, EVANS e PAUL, 1990), enquanto que a segunda vertente mostra que o hidrogel favorece o desenvolvimento vegetal em solos salinos (CHEN *et al.*, 2004; EL-REHIM; HEGAZY; EL-MOHDY, 2004).

Akhter *et al.* (2004), avaliando a capacidade de retenção de água pelo hidrogel, observaram que a absorção foi mais rápida em água destilada, chegando ao máximo em 4, 7 e 12 horas em água destilada, água de torneira e água salina, respectivamente. Os autores observaram ainda, que a quantidade de água disponível no solo aumentou significativamente em ambos os solos (arenoso e argiloso) estudados com adição de hidrogel quando comparado com solos não tratados. Segundo Azevedo *et al.* (2006), é fundamental conhecer a capacidade de armazenamento do polímero em função da condutividade elétrica da solução para se obter um melhor aproveitamento do hidrogel como condicionador de solo.

Cavalcanti *et al.* (2013), estudando o efeito da salinidade na expansividade de hidrogéis agrícolas, observaram que para todos os hidrogéis avaliados houve redução na capacidade de armazenamento de água à medida em que aumentou a concentração de sais na solução. Varennes, Balsinhas e Carqueja (1997) observaram que houve redução de 80% na

capacidade de absorção em polímeros à base de poliacrilato de sódio quando se aplicou solução de NaCl ou KCl a 0,1 M.

Wang e Gregg (1990) avaliaram diferentes hidrogéis e observaram que a retenção de água foi menor mediante hidratação com água de torneira com alta concentração de sais dissolvidos. Dorraji, Golchin e Ahmadi (2010) verificaram que a capacidade de retenção de água de um polímero hidrofílico reduziu com o aumento da condutividade elétrica. A retenção de água pelos hidrogéis é explicada pelo fato dos polímeros hidrofílicos apresentarem muitos grupos carboxílicos ligados a potássio que funcionam como sais que aumentam a afinidade por água (WANG e GREGG, 1990; DORRAJI; GOLCHIN; AHMADI, 2010). Porém, a salinidade prejudica a retenção de água a partir da presença de cátions polivalentes que deslocam as moléculas de água, polarizando-as nos polímeros, de tal forma que a hidratação do hidrogel é reduzida na presença de cátions divalentes (WANG e GREGG, 1990; DORRAJI; GOLCHIN; AHMADI, 2010).

Bowman, Evans e Paul (1990) verificaram que a presença de sais solúveis reduziu a capacidade de absorção de água de hidrogéis de poliacrilamida. Segundo os autores, a hidratação foi mais prejudicada na presença de cátions divalentes. A redução na absorção de água pelo hidrogel com a salinidade também pode ser explicada pelo efeito da salinidade no diâmetro das moléculas dos polieletrólitos dos hidrogéis (OMIDIAN *et al.*, 1999).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado por meio da condução e avaliação de dois experimentos, conforme apresentado a seguir.

#### 3.1 Experimento 1

O experimento 1 foi realizado em condições de laboratório para verificar a capacidade de retenção de água do polímero hidrogel em diferentes concentrações salinas. Esse experimento foi instalado em bancada com delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram soluções com condutividade elétrica de 0,5; 1,5; 3,0 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>, obtidas com adição de cloreto de sódio (NaCl) em água destilada, até obter a condutividade elétrica desejada, medida por condutivímetro. Para esse estudo foi utilizado o hidrogel Prime Gel da empresa Tecnatti Comércio Agrícola LDTA, sendo este a base de acrilato de potássio.

De cada solução foram utilizados 500 mL para saturar 1g do polímero hidrogel. Esse material saturado foi mantido por 24 horas em béqueres de 500 mL cobertos com plástico filme para impedir a evaporação das soluções.

Após as 24 horas de saturação, as amostras do polímero foram colocadas em peneira de malha com 0,5 mm de abertura para drenagem da água gravitacional. Posteriormente o material foi pesado em balança analítica. A massa de água por grama de hidrogel foi convertida para massa de água por kg de hidrogel.

Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativos, foi aplicado o teste de Tukey, a 1 e a 5% de probabilidade para comparação das médias. Para isso foi utilizado o software para análises estatísticas ASSISTAT7.7 beta (2015), desenvolvido pelo professor Dr. Francisco de A. S. e Silva da Universidade Federal de Campina Grande e, com o auxílio do software Microsoft Office Excel 2007.

## 3.2 Experimento 2

### 3.2.1 Localização da área experimental e solo utilizado

O segundo experimento foi instalado na casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza – Ceará. A área do experimento está inserida em uma região de clima tropical chuvoso, classificado como Aw' de acordo com a classificação de Köppen (Aguiar *et al.*, 2002). Nessa classe, apesar do clima ser muito quente, há predomínio de chuvas nos meses de janeiro a abril, e a temperatura média é maior que 18°C durante todo o ano.

O solo utilizado neste estudo foi um Neossolo Quartzarênico (LIMA; OLIVEIRA; AQUINO, 2002), coletado no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado na cidade de Pacajus, Ceará. A caracterização química e física do solo é apresentada nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. No procedimento de coleta foi retirado o solo da camada superficial (0-20 cm) e, após a coleta, o solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado em peneira com malha de 2 mm de abertura.

**Tabela 1** - Atributos químicos do solo utilizado no experimento e que foi proveniente do Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado em Pacajus, Ceará, 2015

Atributos Analisados	Camada 0,00 - 0,20 m
pH (Água)	5,4
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,1
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,6
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,4
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,03
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,09
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,32
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,15
S (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,1
T (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,4
V (%)	46
PST	1
M.O. (g kg <sup>-1</sup> )	4,45
P Assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )	2

pH – potencial hidrogeniônico, CE – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; S – soma de bases; T – capacidade de troca de cátions; V – saturação por bases; PST – percentagem de sódio trocável; M.O. – matéria orgânica.

**Tabela 2** - Atributos físicos do solo utilizado para o cultivo do milho no experimento. Campo Experimental - Embrapa, Pacajús, Ceará, 2015

Camada	Composição granulométrica				Classificação Textural	Densidade		Umidade	
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		Global	Partícula	33 Kpa	1.500 Kpa
(m)	(g kg <sup>-1</sup> )				(-)	(g cm <sup>-3</sup> )		(g /100g)	
0,00 – 0,20	583	345	36	36	Areia	1,57	2,66	3,49	2,61

### 3.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e em esquema fatorial 2x4. Os fatores de tratamento foram com e sem polímero hidrogel (0 e 4,0 gramas de hidrogel) e quatro soluções salinas com condutividades elétricas de 0,5; 1,5; 3,0 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>. O estudo foi realizado com quatro repetições, resultando em 32 unidades experimentais.

### 3.2.3 Instalação e condução do experimento

Como demonstrado na Figura 1, as unidades experimentais foram constituídas por colunas de PVC com 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento e com as extremidades inferiores vedadas com tampa (Cap) também de PVC. Nessas tampas foram feitos furos com meia polegada de diâmetro para permitir o escoamento e coleta da solução lixiviada. Em cada tampa foi colocado internamente um filtro de tecido para evitar perda de solo durante o processo de lixiviação. Em 01/09/2015 as colunas foram preenchidas com solo e receberam inicialmente os tratamentos com e sem hidrogel. Nas colunas com tratamento com hidrogel, o mesmo foi misturado ao solo ainda seco. Essa mistura se deu apenas em uma porção do solo, a qual ficava nas proximidades do sistema radicular, simulando um plantio em cova.

Logo após a aplicação dos tratamentos com e sem hidrogel, foram semeadas três sementes de milho (*Zea mays*) da cultivar BR 205 em cada coluna. Após sete dias do plantio foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por coluna. Até a realização do desbaste o experimento foi irrigado com água destilada até 80% da capacidade de campo. Após o desbaste iniciou-se a irrigação com aplicação de solução salina de acordo com cada tratamento.

**Figura 1** – Unidades experimentais



Fonte: Autor (2015).

O volume da solução salina aplicado diariamente nas unidades experimentais foi calculado de acordo com média da precipitação pluvial local para o mês de março no período de 2009 a 2005 (Tabela 3). Foram efetuados cálculos para determinar o volume de água a ser aplicado em cada coluna, simulando a média diária das chuvas. As soluções para irrigação foram feitas com água destilada e cloreto de sódio até atingir as condutividades elétricas propostas como tratamentos.

**Tabela 3** – Médias das chuvas no Posto Pluviométrico do Pici em Fortaleza/CE no mês de março dos anos de 2009 a 2015.

Março	Média diária (mm)	Volume da Chuva/Coluna (mL)
Dia 01	5,20	40,56
Dia 02	2,97	23,18
Dia 03	3,53	27,52
Dia 04	0,61	4,79
Dia 05	9,26	72,21
Dia 06	4,63	36,10
Dia 07	2,63	20,50
Dia 08	9,39	73,21
Dia 09	17,51	136,61
Dia 10	16,29	127,03
Dia 11	19,31	150,65
Dia 12	14,49	112,99
Dia 13	6,47	50,48
Dia 14	4,19	32,65
Dia 15	4,33	33,76
Dia 16	6,21	48,47
Dia 17	7,57	59,06
Dia 18	4,03	31,42
Dia 19	11,57	90,26
Dia 20	5,23	40,78
Dia 21	4,34	33,87
Dia 22	15,49	120,79
Dia 23	22,53	175,76
Dia 24	9,23	72,02
Dia 25	10,58	82,55
Dia 26	4,82	37,57
Dia 27	35,87	279,76
Dia 28	27,37	213,46
Dia 29	4,88	38,09
Dia 30	4,85	37,83

Fonte: Funceme (2015).

Após cada irrigação simulando os eventos chuvosos para a região, a solução lixiviada foi coletada e armazenada em frascos plásticos colocados abaixo de cada coluna. Periodicamente o conteúdo dos frascos foi recolhido para realização de análises, sendo as coletas realizadas até os 30 dias após a germinação do milho.

### **3.3 Determinações e análises**

#### **3.3.1 Análises da água drenada**

Foi determinado o volume total de água drenada em cada tratamento do Experimento 2, medindo-se por meio de uma proveta de 100 mL. Também foram determinados teores de Sódio (Na) e Potássio (K) em um fotômetro de chama, sendo diluída a água drenada sempre que necessário. E por fim, foi determinada a condutividade elétrica em um condutivímetro.

#### **3.3.2. Análise no solo**

##### **3.3.2.1 Conteúdo de água**

A umidade do solo foi determinada por ocasião da retirada das plantas de milho. Amostras de solo foram retiradas das colunas e a determinação da umidade foi realizada pelo método gravimétrico (Embrapa, 1997).

##### **3.3.2.2 Sódio (Na) e potássio (K) trocáveis**

O sódio e o potássio trocáveis foram determinados de acordo com a metodologia descrita em EMBRAPA (2009) por fotometria de chama, pela extração de solução de Mehlich 1.

##### **3.3.2.3 Condutividade elétrica (CE)**

A determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) foi realizada a partir da pasta de saturação, conforme descrito por Richards (1954), utilizando-se um condutivímetro com célula de mediação tipo pipeta.

### **3.4 Análises estatísticas**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Quando o efeito da interação dos fatores (salinidade e Hidrogel) foi significativo na análise de variância, os dados dos diferentes tratamentos foram submetidos ao estudo de regressão. Na análise de regressão procurou-se escolher o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados, utilizando, para isso, o software para análises estatísticas ASSISTAT 7.7 beta (2015), auxiliado pelo software Microsoft Office Excel 2007.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Experimento 1

O resumo da análise de variância para os dados do primeiro experimento é apresentado na Tabela 4. Houve influência significativa, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F, dos níveis de salinidade sobre a retenção de água ( $\text{g kg}^{-1}$ ) pelo hidrogel.

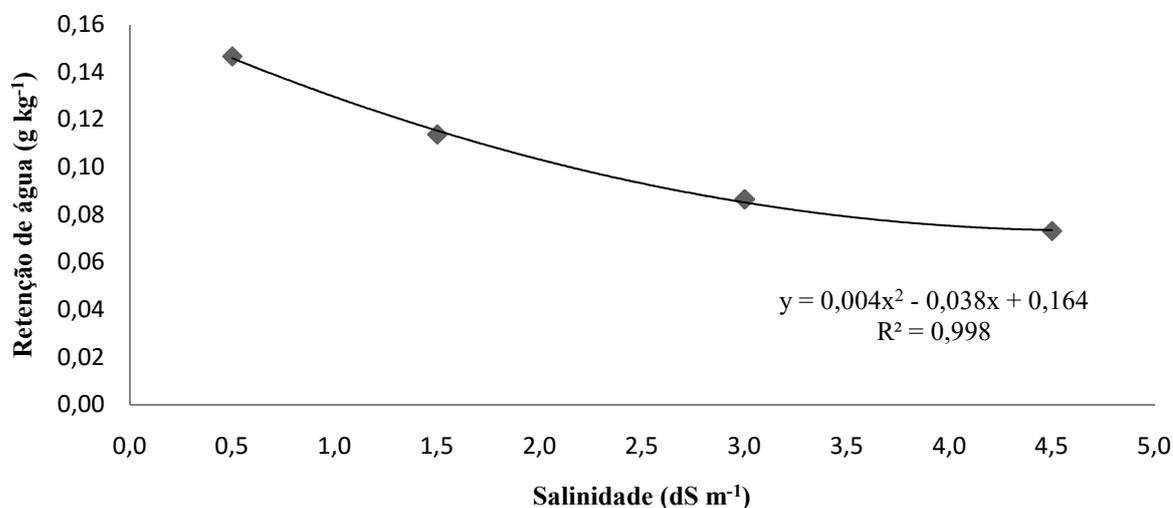
**Tabela 4** – Resumo da ANOVA para retenção de água pelo hidrogel em condições de laboratório

FV	GL	QM	F	CV%
Tratamentos	03	0,00423	957,8328**	2,00
Resíduo	12	0,00000		
Total	15			

GL – Graus de liberdade; QM – Quadrado Médio; CV – Coeficientes de variação; \*\* - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Na Figura 2, observa-se que a salinidade da água interfere na capacidade de absorção e retenção de água por parte do hidrogel, visto que quanto maior foi a condutividade elétrica da água menor foi sua retenção. Esse resultado corrobora com achados de outros autores que também constataram efeito negativo da salinidade na retenção de água pelo hidrogel (VARENNE; BALSINHAS; CARQUEJA 1997; WANG e GREGG, 1990; DORRAJI; GOLCHIN; AHMADI, 2010; CAVALCANTI *et al.*, 2013).

**Figura 2** - Capacidade de retenção de água ( $\text{g kg}^{-1}$ ) do hidrogel em função dos níveis de salinidade ( $\text{dS m}^{-1}$ )

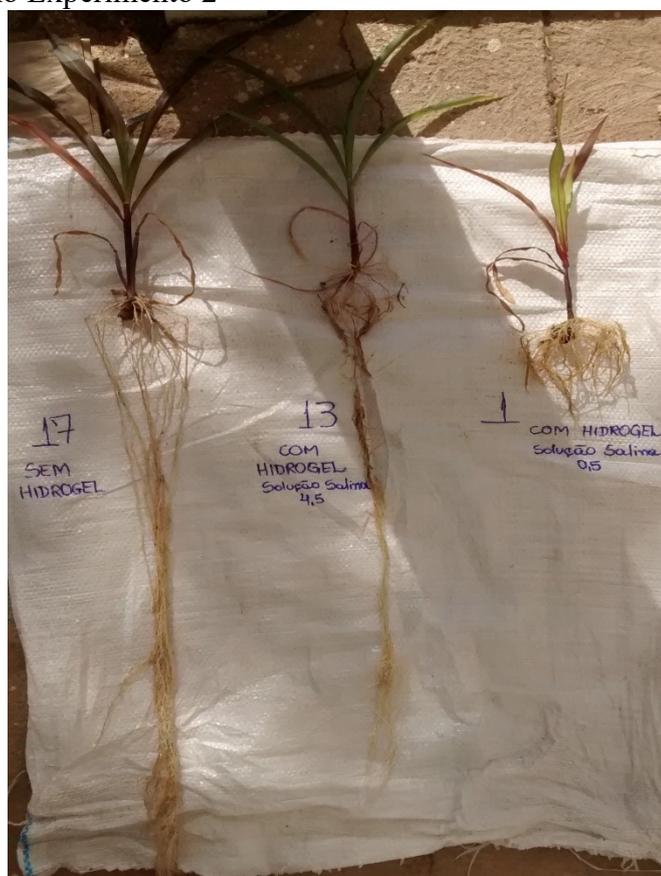


A menor retenção de água pelos hidrogéis em resposta à salinidade tem sido atribuída à presença de cátions, com destaque aos divalentes (WANG e GREGG, 1990). Como as soluções salinas preparadas para a realização deste estudo foram obtidas a partir da adição de cloreto de sódio, a presença de cátions divalentes não deve ter sido a principal causa da redução na retenção de água pelo hidrogel. O sódio pode reduzir a retenção de água nos hidrogéis, mas não chega a destruir a estrutura do polímero (WANG e GREGG, 1990). A presença do ânion cloreto também deve ter sido decisiva para diminuir a retenção de água pelo polímero, pois a presença de ânions causando salinidade também pode ter efeito negativo na retenção de água pelo hidrogel (BOWMAN; EVANS; PAUL, 1990).

A quantidade de água retida na menor salinidade ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) foi de aproximadamente  $0,14 \text{ g kg}^{-1}$  de hidrogel, enquanto que na maior salinidade ( $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) esse valor foi de  $0,07 \text{ g kg}^{-1}$ , o que representa uma redução de 50% da capacidade de retenção de água pelo hidrogel. Resultado semelhante foi encontrado por Bowman, Evans e Paul (1990), que constataram que a absorção pelo hidrogel de soluções salinas foi aproximadamente a metade daquela ocorrida com água deionizada.

Na Figura 3, esses resultados são demonstrado de forma prática. Temos que o desenvolvimento do sistema radicular de uma planta submetida ao tratamento com hidrogel pode ser comprometido pela expansão do polímero quando este retem água salobra. Na menor salinidade, como a expansão do polímero foi mais acentuada, pode ser notado que a raiz não encontrou espaço entre as partículas do hidrogel para que ela pudesse obter maior desenvolvimento. Já na maior salinidade, onde a expansão do polímero foi menor, o sistema radicular da planta encontrou espaços entre as partículas do hidrogel para que pudesse obter um desenvolvimento maior.

**Figura 3** – Desenvolvimento do sistema radicular do milho quando submetido ao tratamento com e sem hidrogel no Experimento 2



Fonte: Autor (2015).

## Experimento 2

### Análises da água drenada

O resumo da análise de variância para o volume (mL) de água drenada, bem como para os atributos CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ), Na ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e K ( $\text{mg L}^{-1}$ ) medidos nessa água, é apresentado na Tabela 5. Houve influência significativa em nível de 1% de probabilidade pelo teste F nos tratamentos com e sem hidrogel sobre as variáveis volume, CE, Na e K. A salinidade influenciou as variáveis CE e Na a 1% de probabilidade. Houve interação entre os tratamentos para a variável Na a 1% de probabilidade e para as variáveis CE e K a 5%.

**Tabela 5** - Resumo da ANOVA para os dados de volume (mL), CE (dS m<sup>-1</sup>), Na (mg L<sup>-1</sup>) e K (mg L<sup>-1</sup>) na água drenada

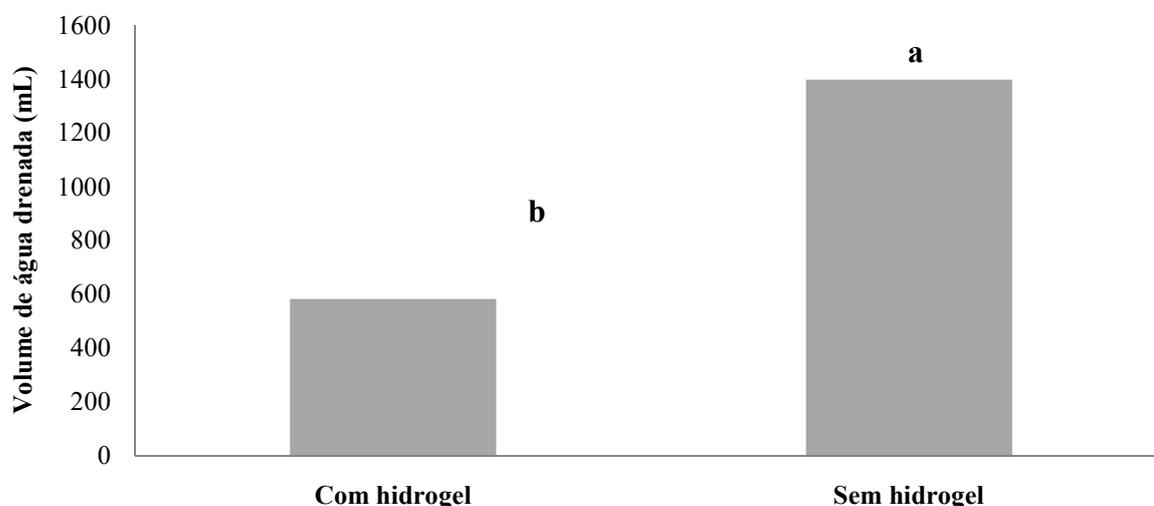
Fonte de Variação	GL	Valores de F			
		Volume (mL)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Na (mg L <sup>-1</sup> )	K (mg L <sup>-1</sup> )
Hidrogel (H)	1	88,7529 <sup>**</sup>	13,6025 <sup>**</sup>	9,6805 <sup>**</sup>	112,4467 <sup>**</sup>
Salinidade (S)	3	0,2998 <sup>ns</sup>	99,2520 <sup>**</sup>	342,5053 <sup>**</sup>	1,4398 <sup>ns</sup>
H x S	3	1,3560 <sup>ns</sup>	4,1140 <sup>*</sup>	11,9722 <sup>**</sup>	3,1117 <sup>*</sup>
Tratamentos	7	13,3886 <sup>**</sup>	46,2429 <sup>**</sup>	153,3019 <sup>**</sup>	18,0144 <sup>**</sup>
Resíduo	24				
Total	31				
CV%	-	24,74	15,49	10,85	21,70

GL – Graus de liberdade; CV – Coeficiente de Variação; <sup>ns</sup> – Não significativo; <sup>\*\*</sup> - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e <sup>\*</sup> - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Como esperado, o tratamento com hidrogel resultou em menor volume de água drenada (581,66 mL) comparado ao tratamento sem hidrogel (1.396,66 mL) (Figura 4). Tal fato se deu pela capacidade de absorção e retenção que os polímeros hidroabsorventes possuem.

Apesar de o primeiro experimento ter indicado considerável influência da salinidade reduzindo a retenção de água pelo hidrogel, quando o polímero foi colocado no solo, esse efeito da salinidade não foi significativo. Entretanto, Dorraji, Golchin e Ahmadi (2010), observaram que o teor de água disponível de dois solos tratados com taxas de polímero hidrofílico foi reduzido com o aumento da CE a partir da salinidade inicial (0,5 e 1,5 dS m<sup>-1</sup> em solos de textura média) a 8 dS m<sup>-1</sup>.

**Figura 4** – Volume de água drenada (mL) em resposta aos tratamentos com e sem hidrogel



Na Tabela 6, é visto separadamente o volume de água drenada para cada tratamento. Assim como foi confirmado na Figura 3, o tratamento sem hidrogel obteve maiores valores de água drenada. Esses resultados, em parte, também confirmam os encontrados no Experimento 1, com exceção das salinidades 3,0 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>, fato que pode ter sido ocasionado por fatores externos, como a evaporação.

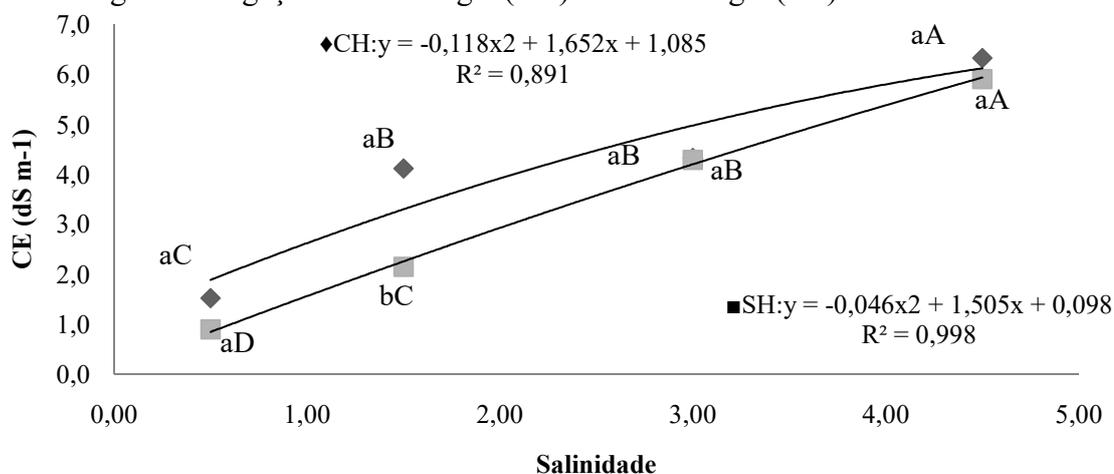
**Tabela 6** – Volume de água drenada para cada tratamento com e sem hidrogel em cada salinidade avaliada

Hidrogel	Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	Volume (mL)
CH	0,5	1658,50
CH	1,5	2097,00
CH	3,0	2828,00
CH	4,5	2723,00
SH	0,5	6039,30
SH	1,5	5392,20
SH	3,0	5403,00
SH	4,5	5512,00

CH – Com Hidrogel; SH – Sem Hidrogel

Com o aumento da CE na água de irrigação também houve aumento na CE da água drenada, tanto para os tratamentos com hidrogel e sem hidrogel (Figura 5). Esse aumento foi mais acentuado no tratamento com hidrogel (de 1,51 a 6,33 dS m<sup>-1</sup>), o que pode ter ocorrido através da liberação de íons de potássio pelo hidrogel, haja vista que o produto é à base de acrilato de potássio. Mendonça *et al.* (2013), observaram em seu estudo que quanto maior foram as doses de hidrogel no solo, maior a CE. Os autores consideraram que a liberação de sais pelo hidrogel começou a ocorrer já na absorção da água, mais precisamente, no momento em que a água penetra o hidrogel e começa a interagir com os sítios hidrofílicos do polímero. Nessa interação, quando os sítios hidrofílicos se expandem, reduzem a força das interações hidrofóbicas, ao mesmo tempo em que a água, dissocia o par iônico formado entre polímero e o íon potássio, deixando-o livre para ser liberado do interior do gel para o meio externo.

**Figura 5** – Condutividade Elétrica (CE) na água de drenagem em função dos níveis de salinidade da água de irrigação com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH)



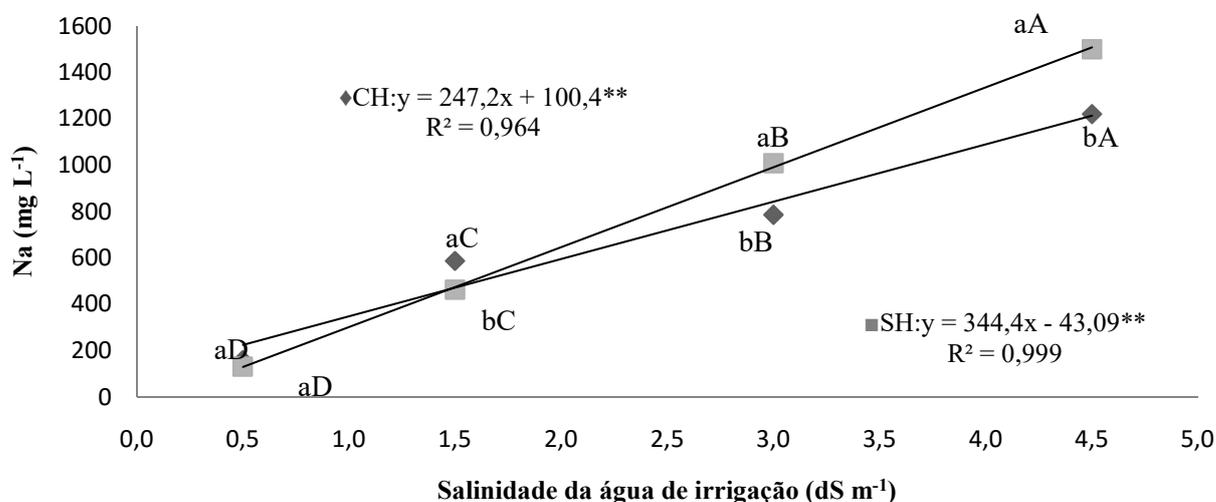
As letras maiúsculas comparam médias entre com e sem hidrogel para cada valor de salinidade.

As letras minúsculas comparam médias dentro de cada tratamento com e sem hidrogel para as diferentes CEs avaliadas.

Fonte: elaborada pelo autor.

Na Figura 6 constata-se que houve aumento na concentração de Na na água de drenagem do tratamento sem hidrogel (130,91 a 1.498,60 mg L<sup>-1</sup>) em relação ao com hidrogel (158,85 a 1.219,53 mg L<sup>-1</sup>). Tal fato pode ter ocorrido pela retenção do Na da solução salina de irrigação pelo hidrogel, levando a menores concentrações de sódio na presença do hidrogel. Segundo Tittonell, Grazia e Chiesa (2002), o principal efeito dos polímeros é reduzir a lixiviação de nutrientes, devido ao aumento da retenção de água e o aumento da capacidade permuta iônica. Essa característica mostra o potencial do hidrogel em influenciar no manejo de solos sódicos, também muito comuns em regiões semiáridas.

**Figura 6** – Concentrações de Sódio (Na) ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na água de drenagem em função dos níveis de salinidade da água de irrigação com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH)



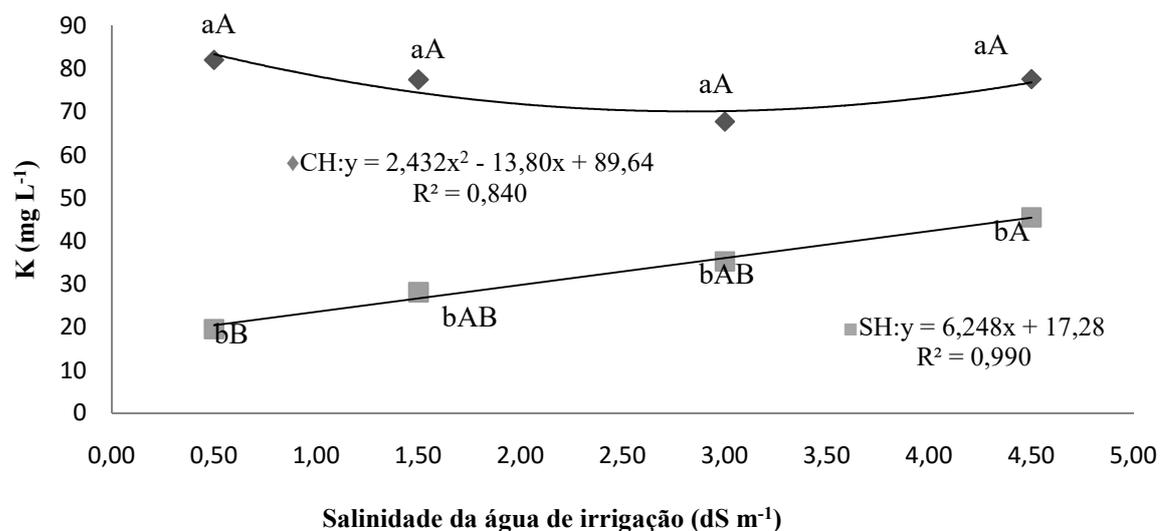
As letras maiúsculas comparam médias entre com e sem hidrogel para cada valor de salinidade.

As letras minúsculas comparam médias dentro de cada tratamento com e sem hidrogel para as diferentes CEs avaliadas.

Fonte: elaborada pelo autor

Na Figura 7 logo é notado que houve maiores teores de K na água de drenagem no tratamento com hidrogel e, assim como ocorreu com a CE, esse aumento se deu pela a dissociação dos íons de K do hidrogel, com posterior liberação pela água drenada.

**Figura 7** – Concentrações de Potássio (K) ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na água de drenagem em função dos níveis de salinidade da água de irrigação com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH)



As letras maiúsculas comparam médias entre com e sem hidrogel para cada salinidade.

As letras minúsculas comparam médias dentro de cada tratamento com e sem hidrogel para as diferentes CEs avaliadas.

Fonte: elaborada pelo autor.

### Análises de solo

O resumo da análise de variância para a umidade (%) do solo e para os atributos teor de Na ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), K ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) e CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ), é apresentado na Tabela 7. No resumo da ANOVA dos dados referentes à análise do solo, observou-se que houve efeito significativo da presença de sais em relação ao hidrogel. Houve influência significativa em nível de 1% de probabilidade pelo teste F nos tratamentos com e sem hidrogel sobre as variáveis Na, K e CE. No entanto para a umidade do solo não houve significância entre os tratamentos estudados. Não houve interação entre tratamentos para nenhuma das variáveis estudadas.

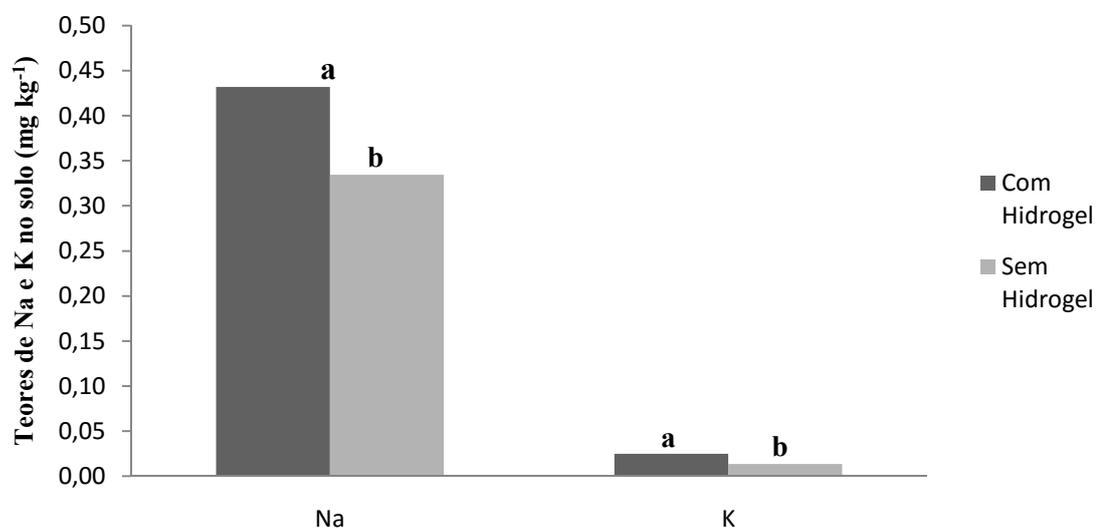
**Tabela 7** - Resumo da ANOVA para os dados de umidade (%), Na ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), K ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) e CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ), no solo

Fontes de Variação	GL	Valores de F			
		Umidade (%)	Na ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	K ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )
Hidrogel	1	0,5724 <sup>ns</sup>	20,0267 <sup>**</sup>	151,5070 <sup>**</sup>	10,3796 <sup>**</sup>
Salinidade	3	0,7368 <sup>ns</sup>	83,3028 <sup>**</sup>	13,1104 <sup>**</sup>	145,5352 <sup>**</sup>
H x S	3	1,2848 <sup>ns</sup>	0,1610 <sup>ns</sup>	2,0457 <sup>ns</sup>	2,1848 <sup>ns</sup>
Tratamentos	7	0,9482 <sup>ns</sup>	38,6312 <sup>**</sup>	28,1393 <sup>**</sup>	64,7914 <sup>**</sup>
Resíduo	24				
Total	31				
CV%		13,66	16,06	13,73	12,98

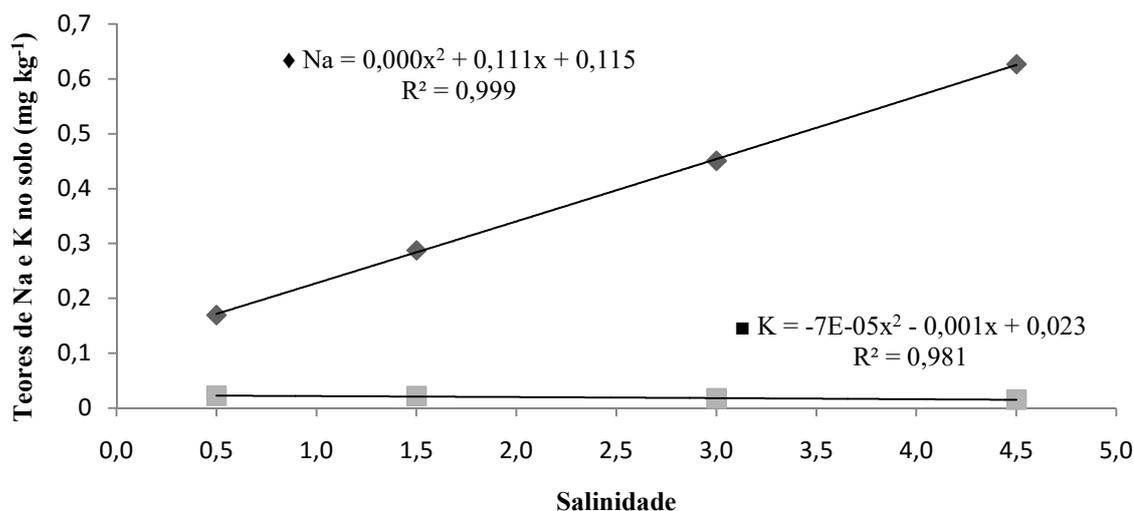
GL – Graus de liberdade; CV – Coeficiente de Variação; <sup>ns</sup> – Não significativo, <sup>\*\*</sup> - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e <sup>\*</sup> - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Nas Figuras 8 e 9 constata-se que, com a contínua aplicação de água salobra na irrigação, houve aumento gradativo da concentração de sais no solo, com destaque para o Na nos tratamentos com ( $0,43 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e sem hidrogel ( $0,33 \text{ mg kg}^{-1}$ ), com maiores teores de Na mediante uso do polímero.

**Figura 8** – Sódio (Na) e Potássio (K) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) do solo em resposta aos tratamentos com e sem hidrogel

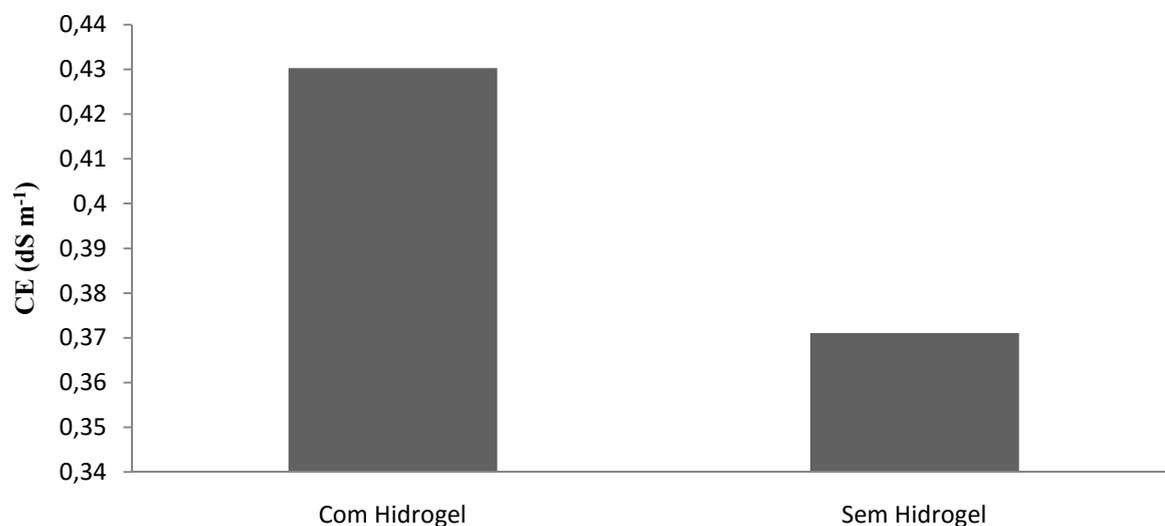


**Figura 9** – Sódio (Na) e Potássio (K) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) do solo em resposta ao tratamento salinidade

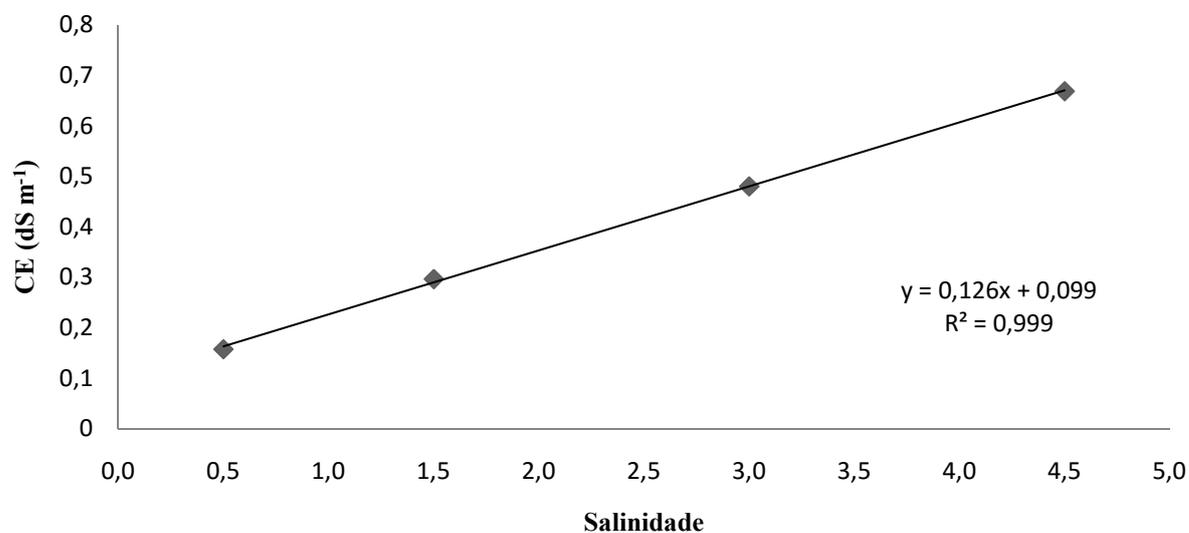


Na Figura 10, a maior CE ocorreu no solo que recebeu o tratamento com hidrogel ( $0,43 \text{ dS m}^{-1}$ ). Essa elevação na CE atribui-se a liberação de K oriunda da própria composição química do polímero, haja vista que o hidrogel é à base de acrilato de potássio. Apesar desse aumento na CE, o solo não é tido como salino, pois Richards (1954) estabeleceu critérios que solos só podem ser considerados salinos quando apresentarem CE a partir de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ . O aumento nos teores de Na e K exerceu efeito direto sobre o aumento da CE no extrato da pasta saturada do solo, nos tratamentos utilizando ou não o hidrogel (Figura 10) e em resposta ao aumento de CE na água de irrigação (Figura 11).

**Figura 10** – Condutividade elétrica (CE) do solo em resposta aos tratamentos com e sem hidrogel



**Figura 11** – Condutividade elétrica (CE) do solo em resposta ao tratamento salinidade



## 5 CONCLUSÃO

Em condições de laboratório a capacidade de retenção de água pelo hidrogel diminui na medida em que aumenta a CE da água de hidratação.

No solo, os efeitos da salinidade comprometendo absorção de água pelo hidrogel não são pronunciados e o polímero auxilia na maior retenção de água no solo.

A solução salina, associada ao hidrogel, promove maior salinização do solo.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. J. N.; VIANA, T. V. A.; AGUIAR, J. V.; LIMA, J. B.; CRISÓSTOMO JÚNIOR, R. R.; AQUINO, F. C.; CARNEIRO, F. A.; BARRETO, J. H. C. Dados Climatológicos: Estação de Fortaleza, 2001. **Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza**, n. 61, 2002.
- AKHTER, J.; MAHMOOD, K.; MALIK, K. A.; MARDAN, A.; AHMAD, M.; IQBAL, M. M. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. **Plant soil environ**, v. 50 p. 463-469, 2004.
- ARAÚJO, S. M. S. A Região Semiárida do Nordeste do Brasil; Questões Ambientais e possibilidades de Uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica–Revista Científica da FASETE**. v. 5. n. 5, 2011.
- ARAÚJO FILHO, J.A. Caatinga: agroecologia versus desertificação. **Ciência Hoje**, v. 30, n. 180,p. 44-45, 2002.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R.; DALLACORT, R.; BERTONHA, L. C. Retenção de soluções de sulfatos por hidrogel de poliacrilamida. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 287- 290, 2006.
- 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, n. 3, p. 382-386, 1990.
- BRASILEIRO, R. S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**. v. 5, n. 5, 2009.
- BRITO, C. W. Q.; RODRIGUES, F. H. A.; FERNANDES, M. V. S.; SILVA, L. R. D.; RICARDO, N. M. P. S.; FEITOSA, J. P. A.; MUNIZ, E. Síntese e caracterização de hidrogéis compósitos a partir de copolímeros acrilamida-acrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste brasileiro. **Química Nova**, v. 36, n. 1, p. 40-45, 2013.
- CASTRO, A. S.; CAVALCANTE, A. M. B. Flores da caatinga. **Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido (INSA)**, 2011.
- CAVALCANTI, R. Q.; SILVA, A. K. P. M.; COELHO, J. B. M.; BEZERRA NETO, E. B. Efeito da salinidade na expansividade de hidrogéis agrícolas. In: XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão – **JEPEX**- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.
- CHEN, S.; ZOMMORODI, M.; FRITZ, E.; WANG, S.; HÜTTERMANN, A. Hydrogel modified uptake of salt ions and calcium in *Populus euphratica* under saline conditions. **Trees**, v. 18, n. 2, p. 175-183, 2004.

CIRILO, J. A. O nordeste semi-árido: Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos avançados**. v. 22, n. 63, p. 61, 2008.

DORRAJI, S. S.; GOLCHIN, A.; AHMADI, S. The effects of hydrophilic polymer and soil salinity on corn growth in sandy and loamy soils. **Clean-Soil, Air, Water**, v. 38, n. 7, p. 584-591, 2010.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. D C.; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAVALCANTI, J. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. Seminário para avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. **Anais EMBRAPA/CPATSA, UFPE e Conservation International do Brasil**, Petrolina, 2000.

DUSI, D. M. Efeito da adição do polímero hidrorretentor na eficiência da adubação nitrogenada no crescimento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em dois diferentes substratos, p. 93. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

EL-REHIM, H. A. A.; HEGAZY, E.-S. A.; EL-MOHDY, H. L. A. Radiation synthesis of hydrogels to enhance sandy soils water retention and increase plant performance. **Journal of Applied Polymer Science**, v.93, p.1360–1371, 2004.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, RJ, 1997.

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, D. F., 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Áreas Especiais. **Cadastro de Municípios localizados na Região Semiárida do Brasil**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/semiariado.shtm?c=4>>. Acesso em: 14 jan. 2016.

KOUPAI, J. A.; SOHRAB, F.; SWARBRICK, G. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. **Journal of plant nutrition**, v. 31, n. 2, p. 317-331, 2008.

LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. Classificação e Aptidão dos Solos do Campo Experimental de Pacajus, Ceará, para a Fruticultura. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, 2002.

MAGALHÃES, A. S. G. Síntese e caracterização de hidrogéis superabsorventes à base de acrilamida e acrilato de sódio, p. 208. **Tese** (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÓCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro. **Instituto Nacional do Semiárido (INSA)**. Campina Grande, PB. 2012.

- MELO, M. R. S. Lixiviação de nutrientes em lisímetros de drenagem na presença de um polímero hidroabsorvente, p. 79. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.
- MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.
- OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M. A.; MIRANDA, G. V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 160-163, 2004.
- OMIDIAN, H.; HASHEMI, S. A.; SAMMES, P. G.; MELDRUM, I. Modified acrylic-based superabsorbent polymers (dependence on particle size and salinity). **Polymer**, v. 40, n. 7, p. 1753-1761, 1999.
- PREVEDELLO, C. L.; BALENA, S. P. Efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 24, p. 251-258, 2000.
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. **United States Salinity Laboratory**. p. 160. Washington, 1954
- SAAD, J. C. C.; LOPES, J. L. W.; SANTOS, T. A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Engenharia Agrícola**, v. 29, p. 404-411, 2009.
- SANTOS, P. M.; VOLTOLINI, T. V.; CAVALCANTE, A. C. R.; PEZZOPANE, J. R. M.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; BETTIOL, G. M.; CRUZ, P. G. Mudanças climáticas globais e a pecuária: cenários futuros para o Semiárido brasileiro. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.
- TITTONELL, P. A.; 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. 541-645, 2002.
- VARENNE, A., BALSINHAS, A., CARQUEJA, M. J. Effects of two Na polyacrylate polymers on the hydrophysical and chemical properties of a sandy soil and on plant growth and water economy. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 4, p. 13-27, 1997.
- WANG, Y-T.; GREGG, L. L. Hydrophilic polymers—Their response to soil amendments and effect on properties of a soilless potting mix. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 115, n. 6, p. 943-948, 1990.