

MARCIO ROBERTO DA SILVA MELO

**LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES EM LISÍMETROS DE
DRENAGEM NA PRESENÇA DE UM POLÍMERO
HIDROABSORVENTE**

RECIFE

Abril - 2007

MARCIO ROBERTO DA SILVA MELO

LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES EM LISÍMETROS DE DRENAGEM NA
PRESENÇA DE UM POLÍMERO HIDROABSORVENTE

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Freire de Moura

RECIFE – PE

Abril - 2007

Ficha catalográfica

M528L Melo, Márcio Roberto da Silva
Lixiviação de nutrientes em lisímetros de drenagem na presença
de polímero hidroabsorvente/ Márcio Roberto da Silva Melo. – 2007
64 f.: il.

Orientador: Ronaldo Freire de Moura
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco.
Inclui bibliografia.

CDD 631.2

1. Condicionador de solo
 2. Hidrogel
 3. Macronutrientes
 4. *Coriandrum sativum*
 5. Recursos hídricos
- I. Moura, Ronaldo Freire de
 - II. Título

MARCIO ROBERTO DA SILVA MELO

**Lixiviação de nutrientes em lisímetros de drenagem na presença de um polímero
hidroabsorvente**

Dissertação defendida e aprovada em 20 de Abril de 2007 pela Banca Examinadora:

Orientador:

Ronaldo Freire de Moura, D. Sc.

Examinadores:

Ênio Farias de França e Silva, Prof. Dr

Prof. Dr. João Audifax César de Albuquerque Filho

Prof. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima

]

*Aos meus pais, Moacir e Rosilda,
à meus irmãos Milton, Renata, Rodrigo, pelo
carinho e apoio incondicional. E ao meu grande e
único amor Núbia Santos que esteve ao meu lado
em todos os momentos,*

OFEREÇO

DEDICO

*Aos meus avós João e Cosma in memori, Itamar e Cacilda, que com muitas dificuldades, mas
sempre de maneira honesta e muito correta fizeram de um tudo para educar e ensinar todos
os valores morais necessários para a formação de uma pessoa de caráter.*

*Ao meu eterno orientador Prof. Dr. Ronaldo Freire de Moura, que me deixou a mensagem de
lutar pelos meus objetivos, mesmo que eles pareçam distantes, sempre respeitando as outras
pessoas.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, simplesmente por tudo. Se hoje este trabalho está terminado é sem dúvida alguma graças a ele.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Departamento de Tecnologia Rural pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Prof. Ronaldo Freire de Moura, pela orientação competente, confiança e por ter possibilitado o desenvolvimento deste trabalho. O meu agradecimento especial a este homem dedicado ao trabalho, sempre companheiro e acima de tudo amigo para todas as horas.

Ao Prof. João Audifax, pelo apoio logístico incondicional, disponibilizando sua sala e seus computadores, e também, pela enorme colaboração nas análises estatísticas e discussão dos resultados deste trabalho.

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, principalmente ao professor Marcus Metri, pela simplicidade e pela atenção em todos os momentos solicitados.

Aos meus colegas de turma Albert, Sérgio, Anildo, Thais, Feliz, Daniella e Adriana pelo convívio.

Aos companheiros de campo Graciliano e Rodrigo pela enorme ajuda na condução deste trabalho.

A família Figueiredo aqui representada por minha amiga Adriana, pela acolhida em todos os momentos em que estive em Recife, principalmente no início deste curso. Meu MUITÍSSIMO Obrigado!

Aos meus amigos Rodrigo, Albert, Adriana, Graciliano, Lula, Jr. Granja, Sérgio pelo companheirismo, brincadeiras nos momentos de distração.

Ao meu amigo irmão Anildo Caldas, pela amizade, lealdade, companheirismo e incentivo em todos os momentos desta longa jornada. A você meu velho amigo só tenho a agradecer.

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

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a lixiviação de nutrientes aplicados em material de solo cultivado com coentro na presença de um polímero hidroabsorvente denominado de Hidratassolo[®]. O estudo foi conduzido na estação lisimétrica do Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Recife – PE, no período de 06 de fevereiro a 24 de março de 2006. Os fatores estudados foram duas lâminas de irrigação, obtidas com base na evapotranspiração estimada pelo método do tanque Classe “A” (0,6.ET_o e 1,20.ET_o em mm), aplicadas com frequência de irrigação de dois dias; e cinco doses de hidratassolo (0; 4; 8; 12 e 16 dg kg⁻¹), em delineamento inteiramente casualizado em parcelas sub-divididas, com análise de regressão simples. As características avaliadas foram o pH, a condutividade elétrica (CE), medidos em (dS m⁻¹), e a concentração dos nutrientes lixiviados: cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), sódio (Na⁺), potássio (K⁺), em (mmol_c dm⁻³), e o volume de água drenado (VAD), em litro (L), avaliado nas épocas de balanços hídricos (T), ao longo do período de cultivo. Com o emprego da maior lâmina os níveis de hidratassolo reduziram linearmente as concentrações de cálcio, magnésio, potássio e a condutividade elétrica enquanto que elevou linearmente a concentração de sódio e o valor do pH do efluente. Por outro lado, o uso da menor lâmina elevou linearmente as concentrações de potássio, cálcio, magnésio e a condutividade elétrica, e reduziu a concentração de sódio e o valor do pH do material drenado. Com relação ao efeito dos tratamentos ao longo do tempo, os níveis de lâminas estudados aumentaram a concentração de sódio, potássio e o valor de pH e reduziram a concentração de cálcio, magnésio e a condutividade elétrica, no material drenado, dentro dos níveis de hidratassolo.

Palavras-chave: condicionador de solo, hidrogel, macronutrientes, *Coriandrum sativum* L.

LEACHING OF NUTRIENTS IN DRAINAGE OF LISÍMETER WITH APPLICATION OF HYDROGEL POLYMER

ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the leaching of nutrients applied in soils in coriander cultivations, in conditions drainage of lisimeter, by utilizing a hidrogel polymer named Hidratassolo[®]. The study was done in an experimental station built in the Tecnologia Rural Department of Universidade Federal Rural de Pernambuco, located in the municipal district of Recife-PE during february to march 2006. The coriander cultivation was grown in a field atmosphere, with two irrigation levels related to estimated evapotranspiration (Tank Class "A" method 0.6.ET_o and 1.20.ET_o in mm), applied on two day irrigation frequencies, and five hidratassolo doses (0; 4; 8; 12 and 16 dg.kg⁻¹). The experiment design consisted of randomized blocks in split-plots, with simple regression analysis. The characteristics appraised were pH, the electric conductivity (CE), measured in (dS.m⁻¹), and the leached nutrients: calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), sodium (Na⁺), potassium (K⁺), in (mmolc dm⁻³), and the drained (VAD), evaluated volume of water in the diverse hidrics balance (T), to the long one of the period of cultivations. With the increasing of the biggest blade the levels of hidratassolo had linearly reduced the concentrations of calcium, magnesium, potassium and the electric conductivity while that it linearly raised the sodium concentration and the value of pH of the effluent. Besides, the use of the lesser blade linearly raised the concentrations of potassium, calcium, magnesium and the electric conductivity, and reduced the sodium concentration and the value of pH of the drained material. With relation to the effect of the treatments to the long one of the time, the studied levels of blades had increased the concentration of sodium, potassium and the value of pH and had reduced the concentration of calcium, magnesium and the electric conductivity, in the drained material, inside of the levels of hidratassolo.

Keywords: soil conditioner, hydrogel, macronutrients, *Coriandrum sativum* L.

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
Figura 1 - Área experimental com detalhe da estação lisimétrica.....	16
Figura 2 - Túneis plásticos utilizados nos lisímetros.....	17
Figura 3 - Detalhe dos piezômetros e das torneiras nas terminações do sistema de drenagem de cada lisímetro.....	18
Figura 4 - Sala de coleta da solução do solo.....	18
Figura 5 - Estação meteorológica.....	19
Figura 6 - Identificação de cada unidade experimental de acordo com tratamento lâmina empregado.....	24
Figura 7 - Coleta e mensuração da solução drenada.....	24
Figura 8 - Amostras coletadas para análise do material lixiviado.....	25
Figura 9 - Concentração de cálcio (Ca) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L ₂), na primeira época de observação (T ₁).....	30
Figura 10 - Concentração de magnésio (Mg) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L ₂), na primeira época de observação (T ₁).....	31
Figura 11 - Concentração de sódio (Na) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L ₂), na primeira época de observação (T ₁).....	32
Figura 12 - Concentração de potássio (K) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L ₂), na primeira época de observação (T ₁).....	32
Figura 13 - Concentração de sódio (Na) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L ₂), na terceira época de observação (T ₃).	36
Figura 14 - Concentração de potássio (K ⁺) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L ₁), na terceira época de observação (T ₃).....	36

- Figura 15** - Dispersão dos dados médios observados dos nutrientes lixiviados Ca^{2+} e Mg^{2+} , em função da variação das épocas de observação (T_1 , T_2 , T_3), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1), o tratamento testemunha e a dose máxima (H_4), no período de cultivo (**a,b**)..... 37
- Figura 16** - Dispersão dos dados médios observados dos nutrientes lixiviados Ca^{2+} e Mg^{2+} , em função da variação das épocas de observação (T_1 , T_2 , T_3), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2), o tratamento testemunha e a dose máxima (H_4), no período de cultivo (**a,b**)..... 38
- Figura 17** - Dispersão dos dados médios observados do nutriente lixiviado Na^+ em função da variação das épocas de observação (T_1 , T_2 , T_3), fixando-se as lâminas de irrigação (L_1 e L_2), o tratamento testemunha e a dose máxima (H_4), no período de cultivo (**a,b**). 39
- Figura 18** - Dispersão dos dados médios observados do nutriente lixiviado K^+ em função da variação das épocas de observação (T_1 , T_2 , T_3), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1 e L_2), o tratamento testemunha e a dose máxima (H_4), no período de cultivo (**a,b**)..... 39
- Figura 19** - Condutividade elétrica CE em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2), na primeira época de observação (T_1)..... 41
- Figura 20** - Condutividade elétrica CE em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2), na segunda época de observação (T_2)..... 43
- Figura 21** - Dispersão dos dados médios observados do pH, por ocasião das épocas de observação (T_1 , T_2 , T_3), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1 e L_2), o tratamento testemunha e a dose máxima (H_4), no período de cultivo (**a,b**)..... 45
- Figura 22** - Dispersão dos dados médios observados da condutividade elétrica CE, por ocasião das épocas de observação (T_1 , T_2 , T_3), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1 e L_2), o tratamento testemunha e a dose máxima (H_4), no período de cultivo. (**a,b**)..... 46
- Figura 1B** Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Ca nas épocas de balanço hídrico (T_1 , T_2 , T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1) (**a,b,c**)..... 56

Figura 2B	Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Mg nas épocas de balanço hídrico (T_1 , T_2 , T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1) (a,b,c).....	57
Figura 3B	Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Na nas épocas de balanço hídrico (T_1 , T_2 , T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1) (a,b,c).....	58
Figura 4B	Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável K nas épocas de balanço hídrico (T_1 , T_2), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1) (a,b).....	58
Figura 5B	Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável condutividade elétrica (CE) nas épocas de balanço hídrico (T_1 , T_2 e T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1) (a,b,c).....	59
Figura 6B	Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável pH nas épocas de balanço hídrico (T_1 , T_2 e T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1) (a,b,c).....	60
Figura 1C	Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Ca nas épocas de balanço hídrico (T_2 , T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2) (a;b).....	61
Figura 2C	Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Mg nas épocas de balanço hídrico (T_2 , T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2) (a;b).....	61
Figura 3C	Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Na na época de balanço hídrico (T_2), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2).....	62
Figura 4C	Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável K nas épocas de balanço hídrico (T_2 , T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2) (a,b).....	62
Figura 5C	Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável condutividade elétrica (CE) na época de balanço hídrico (T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2).....	63

Figura 6C	Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável pH nas épocas de balanço hídrico (T_1 , T_2 e T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2) (a,b,c).....	63
------------------	--	----

LISTA DE TABELAS

		Pg
Tabela 1 -	Qualidade da água de irrigação em função da salinidade.....	12
Tabela 2 -	Diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação.....	13
Tabela 3 -	Características físicas do solo do experimento de campo.....	21
Tabela 4 -	Características químicas do solo do experimento de campo.....	21
Tabela 5 -	Análise química da água usada na irrigação da bordadura e nas unidades experimentais, conforme as amostras 1 e 2, respectivamente.....	22
Tabela 6 -	Resumo da análise de variância das variáveis respostas em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) e épocas de observação (T ₁ , T ₂ e T ₃), no período de cultivo.....	27
Tabela 7 -	Resumo da análise de variância dos nutrientes lixiviados em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L), na época de observação (T ₁).....	29
Tabela 8 -	Equações de regressão ajustadas aos dados médios dos nutrientes lixiviados cálcio, magnésio, sódio e potássio em função de doses crescentes de hidratassolo medido no nível da lâmina de irrigação (L ₂), fixando-se a época de observação (T ₁), com seus respectivos coeficientes de determinação (R ²).....	30
Tabela 9 -	Resumo da análise de variância dos nutrientes lixiviados em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L), na época de observação (T ₂).....	34
Tabela 10 -	Resumo da análise de variância dos nutrientes lixiviados em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L), na época de observação (T ₃).....	35
Tabela 11 -	Equações de regressão ajustadas aos dados médios dos nutrientes lixiviados sódio e potássio em função de doses crescentes de hidratassolo, medido nos níveis de lâminas de irrigação (L ₁ e L ₂), fixando-se a época de observação (T ₃), com seus respectivos coeficientes de determinação (R ²).....	35
Tabela 12 -	Resumo da análise de variância da variável condutividade elétrica (CE) e pH em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) na	41

	época de observação (T ₁).....	
Tabela 13 -	Resumo da análise de variância da variável condutividade elétrica (CE) e pH em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L), na época de observação (T ₂).....	42
Tabela 14 -	Resumo da análise de variância da variável condutividade elétrica (CE) e pH em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L), na época de observação (T ₃).....	44
Tabela 1A	Dados médios observados das variáveis respostas em função das doses de hidratassolo (H) e os níveis de lâmina de irrigação (L) na época de observação (T ₁), no período de cultivo do coentro.....	55
Tabela 2A	Dados médios observados das variáveis respostas em função das doses de hidratassolo (H) e os níveis de lâmina de irrigação (L) na época de observação (T ₂), no período de cultivo do coentro.....	55
Tabela 3A	Dados médios observados das variáveis respostas em função das doses de hidratassolo (H) e os níveis de lâmina de irrigação (L) na época de observação (T ₃), no período de cultivo do coentro.....	56

SUMÁRIO

		Pg.
1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	POLÍMEROS HIDROABSORVENTES.....	3
2.2	POLÍMEROS NA AGRICULTURA.....	5
2.2.1	Polímero a base de acrilato de sódio (<i>Hidratassolo</i>)	6
2.2.2	Ação dos polímeros na redução da lixiviação de nutrientes	7
2.3	LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES DO SOLO.....	8
2.4	LISIMETRIA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	8
2.5	EFEITO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO DO SOLO.....	10
2.5.1	Qualidade da água	11
2.6	SOBRE A CULTURA DO COENTRO (<i>Coriandrum Sativum</i> L).....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO HIDRATASSOLO.....	15
3.2	TRATAMENTOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	15
3.3	ÁREA EXPERIMENTAL.....	16
3.3.1	Estação lisimétrica	16
3.3.2	Estação de coleta da solução percolada	17
3.3.3	Estação meteorológica	19
3.4	DISPOSIÇÃO DO SOLO E DO POLÍMERO NOS LISÍMETROS.....	20
3.4.1	Caracterização do material de solo	20
3.5	MANEJO E ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....	21
3.6	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	22
3.7	PARÂMETROS AVALIADOS.....	25
3.7.1	Determinação da evapotranspiração de referência (ET_o)	25
3.7.2	Determinação da Condutividade Elétrica (CE) e pH	26
3.7.3	Determinação de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Sódio (Na) e Potássio (K) ... 26	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	EFEITO DOS TRATAMENTOS SOBRE AS VARIÁVEIS OBSERVADAS AO LONGO DO PERÍODO DE CULTIVO.....	27
4.1.1	Avaliação dos nutrientes lixiviados	28

4.1.1.1	Análises na primeira época de balanço hídrico.....	28
4.1.1.2	Análise na segunda época de balanço hídrico.....	33
4.1.1.3	Análise na terceira época de balanço hídrico.....	34
4.1.1.4	Análises ao do longo do período de cultivo.....	37
4.1.2	Avaliação da condutividade elétrica (CE) e do pH.....	40
4.1.2.1	Análises em cada época de observação.....	40
4.1.2.2	Análises ao longo do período de cultivo.....	44
5	CONCLUSÕES.....	47
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
	APÊNDICE.....	54

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, a tendência do agronegócio mundial tem sido por práticas de cultivo que reduzem riscos e custos atentando para o melhor aproveitamento dos recursos naturais evitando assim seu desperdício. Entre os inúmeros recursos naturais disponíveis, a água é sem dúvida, a que apresenta maior importância, por se tratar de um elemento essencial ao desenvolvimento humano, ao meio ambiente e a todos os seres vivos do planeta.

A água é um recurso finito e vulnerável. Atualmente de toda água retirada da natureza, 70% são destinados à agricultura irrigada, 15% aos processos industriais e 8% ao consumo humano. Sendo que do volume total destinado à agricultura apenas uma pequena parte é efetivamente utilizada pelas plantas, e o restante perdido por deficiências nas instalações de irrigação, negligências nestas operações ou simplesmente por mau uso da água destinada para este fim (FAO, 2005).

Com o desenvolvimento tecnológico, criação de diversos métodos de cultivos e metodologias de manejo, a irrigação tornou-se sinônimo de eficiência, qualidade da produção e a produtividade da safra. A irrigação que consiste na aplicação de água ao solo cultivado, com o objetivo de suprimir a deficiência da precipitação pluviométrica em fornecer água às plantas, permite enormes benefícios ao setor agrícola, pois promove uma maior utilização intensiva do solo e de implementos agrícolas, possibilita o cultivo em regiões onde o índice pluviométrico é considerado baixo e principalmente favorece a expansão das fronteiras agrícolas no Cerrado e Semi-árido nacional. No entanto, seu uso indiscriminado, ou seja, sem um planejamento racional, baseado em dados consistentes do meio físico (solo, relevo, clima, uso e ocupação e recursos hídricos), pode resultar em danos econômicos e ambientais, muitas vezes irreversíveis. O excesso de água aplicado na irrigação, além de contribuir para o desperdício deste recurso, pode provocar inúmeros danos ao meio ambiente como a degradação do solo, com processos de desertificação, o assoreamento dos cursos d'água, a poluição dos lençóis freáticos e elevar o teor de nutrientes perdidos no perfil do solo (Santos, 2006).

Um dos principais problemas causados pelo descontrole do volume de água aplicado em áreas com sistemas de produção irrigados é a lixiviação ou perdas dos íons através do perfil do solo. Essa perda de nutrientes assume grande importância para o produtor rural, pelo fato de significar baixas eficiências de utilização de nutrientes pelas culturas devido à perda de bases trocáveis da zona radicular para as camadas mais profundas do perfil do solo, tornando-os indisponíveis e, por conseqüência, resultando em menores rendimentos de

produção ou custos mais elevados para atingir um teto compensador de produção (Konrad, 2002), além de contribuir sensivelmente para a acidificação do solo (Reichardt, 1990).

A lixiviação de íons provenientes da solução do solo ou de fertilizantes deve ser uma constante preocupação (Santos et al., 2002). Teixeira (2001) cita que estudos realizados por Godefroy et al. (1975), demonstraram que as perdas de nutrientes por lixiviação e escorrimento superficial, sob diversas condições de solo e clima, foram entre 60 e 85% dos fertilizantes aplicados, exceto para fósforo (P), sendo potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), perdidos predominantemente por lixiviação (85 a 95%). Essas perdas são mais freqüentes principalmente em áreas onde a ação do homem é mais intensa, ou seja, áreas totalmente desmatadas, onde o solo permanece descoberto por boa parte do tempo, sofrendo ação pluviométrica.

No sentido de aperfeiçoar a utilização dos recursos do solo, os condicionadores sintéticos foram produzidos com o intuito de aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes pelo solo, contribuindo para melhorar o rendimento das culturas (Oliveira et al, 2004).

Polímeros ou hidrogéis são aditivos que melhoram as propriedades físicas dos solos promovendo um aumento na capacidade de armazenamento de água, disponibilizando-a de forma gradativa e favorecendo o uso pelas plantas (Tittonell et al., 2002).

No Brasil, alguns polímeros sintéticos hidroabsorventes estão sendo utilizados na produção de frutas, hortaliças e mudas de diversas espécies, bem como na formação de gramados em jardins, campos de futebol e de golfe (Oliveira et al., 2004). No entanto, ainda são escassos os estudos da utilização desses polímeros na agricultura brasileira, principalmente os relacionados com a perda de nutrientes em sistemas de produção.

Desta forma, este estudo objetivou avaliar a lixiviação de nutrientes aplicados em solos cultivados com coentro, em lisímetros de drenagem, na presença de um polímero hidroabsorvente denominado de Hidratassolo[®].

Como objetivos específicos destacam-se:

- a) Quantificar as concentrações de Ca, Mg, Na e K, e os valores de condutividade elétrica (CE) e pH nas épocas de balanço hídrico.
- b) Avaliar os efeitos de cinco doses do polímero hidroabsorvente Hidratassolo e duas lâminas de irrigação (com base na evapotranspiração estimada pelo método do tanque Classe A), sobre a concentração dos nutrientes lixiviados (Ca, Mg, Na e K), CE e o pH.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 POLÍMEROS HIDROABSORVENTES

Polímeros ou hidrogéis são sinônimos atribuídos a produtos químicos que melhoram as propriedades físicas do solo, promovendo um aumento na capacidade de armazenamento da solução do solo, disponibilizando-a de forma gradativa para as plantas (Tittonell et al, 2002).

Os primeiros relatos da utilização dos polímeros surgiram nos anos 50 com a criação de um condicionador orgânico capaz de melhorar as propriedades físicas do solo e controlar a erosão. No entanto, somente na década de 80 foi que pesquisas voltadas à utilização destes produtos na agricultura tiveram ênfase, com o surgimento de uma nova geração de polímeros e co-polímeros à base de acrilamida, caracterizados por apresentar elevada absorção hídrica e longa vida útil, quando comparado aos orgânicos que tinham sua vida útil reduzida devido aos ataques dos microorganismos do solo (Rezende, 2000).

Quimicamente, os polímeros são constituídos de uma longa cadeia de unidades estruturais chamadas monômeros, que unidas por ligações covalentes, se combinam para formar moléculas que por sua vez são atraídas e ligadas entre si por ligações de ponte de hidrogênio, para formar moléculas maiores ou mesmo cadeias de polímeros. Essas moléculas ou cadeias de polímeros individuais, quando em contato com a água, se expandem devido ao enfraquecimento de suas ligações (Gervásio, 2003).

O mecanismo de absorção de água em cada molécula do polímero se dá através do processo de repulsão eletrostática que ocorre entre as cargas na estrutura do condicionador, causando a transformação do mesmo em gel (Varenes et al., 1997). Este processo ocorre em função da dissociação parcial dos grupos carboxílicos presentes nos polímeros, em íons de carga negativa. Com isso, há um enriquecimento de cadeias moleculares com grupos de cargas iguais, com tendência repulsiva entre si. Dessa forma, o volume da cavidade do polímero aumenta propiciando o armazenamento de água. Devido à estrutura reticular tridimensional, os polímeros se transformam em um gel, unindo doses de água por ligação de hidrogênio (Stockhausen Hüls, 1995).

O processo de absorção, retenção e liberação de água pelos polímeros sofre influência direta das diferentes composições químicas e estruturas físicas dos PAMs. Apesar da semelhança externa, a constituição química e estrutura física dos hidrogéis podem ser muito diferentes e com isso a forma com que cada polímero absorve, retém e libera água e

nutrientes. Assim, os polímeros são classificados em três grupos. No primeiro, todo volume de água absorvido pelo polímero fica retido por uma forte ligação H-H, ou seja, não havendo liberação de água; no segundo, os polímeros possuem a capacidade de absorver enorme quantidade de água, mas uma fraca ligação física evita a permanência da água no hidrogel, resultando na liberação do volume absorvido em poucos dias; no terceiro grupo, é onde estão os polímeros utilizados na agricultura, nestes, a água absorvida é confinada por fracas ligações de hidrogênio, o que favorece a liberação da mesma por longos períodos de tempo (Gervásio, 2003).

Segundo Seybold (1994), existem três tipos de condicionadores: os denominados naturais, a base de borracha, couro ou algodão; os naturais modificados, semi-sintéticos; e os sintéticos. Dentre os sintéticos, os polímeros de poliacrilamida ou PAM e os co-polímeros propenamida-propenoato, também conhecidos como poliacrilamida-acrilato ou PAA, são os mais utilizados. No entanto, os polímeros de poliacrilamida ou PAM são os mais empregados para fins agrícolas.

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. Os polímeros à base de poliacrilamida absorvem água por meio da formação de pontes de hidrogênio e apresentam baixa capacidade de retenção hídrica. No entanto, estes polímeros possuem maior tolerância aos sais, sendo empregados como agentes agregantes de solos (Johnson, 1984; Sojka & Lentz, 1996). Os poliacrilato de sódio (PAS), no qual o mecanismo de absorção se dá, primariamente, por pressão osmótica, objetivando equilibrar a concentração de íons sódio dentro e fora do polímero (Shakhashiri, 1985).

Outro aspecto importante diz respeito ao efeito causado pelos sais no processo de absorção de água. A presença de íons na água pode atuar negativamente na quantidade de água retida pelos hidrorretentores. Cátions como Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} reduzem sua absorção, sendo particularmente danosas à estrutura de todos os tipos de hidrorretentores (Wang & Gregg, 1990).

Pesquisas com três polímeros hidrófilos à base de poliacrilamida revelaram que a hidratação foi inibida por concentrações salinas de fertilizantes, e que sua capacidade de absorção, foi reduzida em níveis de 10% e 20% na presença de cátions bivalentes (Ca^{2+} e Mg^{2+}), e cátions monovalentes (K^+ e NH_4^+), a 20 mmol/L, respectivamente. Também, foi observado, que apenas os polímeros saturados em sais de Na^+ recuperaram sua capacidade de absorção, após sucessivas lavagens com água deionizada (Bowman et al., 1990). Este fato

demonstra que a absorção de água dos polímeros é influenciada pela presença de sais na água. Resultados semelhantes foram relatados por Woodhouse & Johnson (1991) que observaram redução nas propriedades de armazenamento de hidrogéis à base de poliacrilamida na presença de sais solúveis em águas de irrigação.

2.2 POLÍMEROS NA AGRICULTURA

Nos últimos anos, os polímeros sintéticos têm sido amplamente estudados, visando à melhoria das propriedades físicas do solo. Entretanto, a grande maioria dos estudos publicados foram realizados com polímeros que atuam estruturando o solo, controlando erosão, melhorando a infiltração de água e ajudando na recuperação de solos salinos (Shainberg e Levy, 1994).

Oliveira, et al. (2004), estudando a influência da concentração de um polímero hidrorretentor nas características de retenção de água em dois solos classificados como latossolo vermelho amarelo de textura franco argilosa arenosa e argissolo câmbico vermelho amarelo de textura argilosa, concluíram que a retenção de água foi maior à medida que se aumentou a concentração do polímero na mistura, para os dois solos. Da mesma forma, Balena (1998) avaliou o efeito da adição de polímero hidrorretentor nas propriedades físicas e hidráulicas do dois meios porosos, areia marinha e solo argiloso. Assim, o autor pode observar que no solo argiloso a retenção de água foi aumentada cerca de 2 vezes enquanto, para a areia marinha aumentou foi de 7,5 vezes. O mesmo autor ainda constatou que a umidade e a porosidade do solo aumentou com o acréscimo de polímero nos solos, enquanto a massa específica e a condutividade hidráulica decresceram progressivamente.

No que se refere à utilização de polímeros para a produção e desenvolvimento das culturas, os resultados ainda são bem variados. Segundo Fonteno & Bilderback (1993), a capacidade de aproveitamento de água do hidrogel pelas plantas está muito em função da superfície de contato das raízes com os grânulos de hidrogel hidratado.

Azevedo (2000), avaliando a produção de mudas de cafeeiros sob efeito de polímeros, apresentou resultados que apontam para o incremento em altura, massa seca da parte aérea e área foliar, e aumento nos intervalos entre as irrigações. Da mesma forma, ação benéfica também foi relatada por Calheiros et al. (2001), constatando maior armazenamento de água pelo solo, melhorando o estabelecimento e o desenvolvimento das plantas e diminuindo a morte por estresse hídrico. No entanto, observando o desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em casa de vegetação sob diferentes níveis de déficit hídrico,

Ferreira et al. (2002) constatou um menor incremento em altura e área foliar, sob efeito de poliacrilato superabsorvente.

Avaliando o efeito da adição de doses de polímero hidrorretentor ao substrato sobre o crescimento e o estado nutricional de porta-enxertos tangerineira 'Cleópatra' (*Citrus reshni* Hort. ex Tan) produzidos em tubetes, Vichiato et al. (2004), concluiu que a incorporação do hidrorretentor ao substrato foi prejudicial ao desenvolvimento vegetativo, sem, entretanto, alterar o estado nutricional dos porta-enxertos tangerineira "Cleópatra" cultivados em tubetes até a fase de repicagem.

2.2.1 Polímero a base de acrilato de sódio (*hidratassolo*)

Dentre inúmeros condicionadores hidroabsorventes, o hidratassolo é um polímero que foi desenvolvido na França à base de acrilato de sódio com capacidade de absorver centenas de vezes o seu peso em água, fazendo com que haja um aumento na capacidade de retenção e disponibilidade de água no solo por um período maior de tempo, liberando-a de forma gradativa de acordo com o potencial osmótico da raiz. (*Manchete Rural*, 1998).

Este hidroabsorvente, quando seco possui a forma granular com aspecto de pequenos cristais, tomando a forma de um gel quando entra em contato com água (Rezende, 2000).

O mecanismo de absorção de água pelo hidratassolo é, primariamente, por osmose. A pressão osmótica faz que o hidroabsorvente a base acrilato de sódio absorva água para equilibrar a concentração de íons sódio dentro e fora do polímero. No entanto, a capacidade absorvente do polímero a base de acrilato de sódio é dependente do teor de sais dissolvidos na água utilizada (Shakhashiri, 1985).

Coelho 2004, na avaliação da influência dos sais na capacidade de absorção hídrica deste polímero, observou que a capacidade de retenção de água do hidratassolo foi reduzida em 94,7%; 82,8% e 80,7%, pela presença de sais de cálcio, sódio e potássio respectivamente, quando comparada à retenção em água deionizada.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Varennes et al., (1997), que em pesquisa com dois polímeros a base de acrilato de sódio, observaram que quando os aditivos eram saturados em soluções salinas contendo cátions monovalentes (NaCl e KCl, a 0,10 mol/L), ocorria uma redução na capacidade de absorção em até 80%.

Estudos avaliando a influência de dois polímeros hidroabsorventes (Terracottem e Hidratassolo), nas características de retenção de água em dois tipos de solo (Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-argilo-arenosa e Podzólico Vermelho-Amarelo de

textura argilosa) observaram elevação da retenção de água com aumento da concentração e do diâmetro dos grânulos do hidratassolo. Constatou também que os polímeros hidroabsorventes foram mais eficientes na retenção de água em solo argiloso (Rezende, 2000). Segundo o mesmo autor, o hidratassolo ao entrar em contato com água e submetido à tensão de - 0,01MPa, se expande absorvendo até 90 vezes seu peso em água e se transforma em um gel insolúvel, liberando a água gradativamente através da evaporação ou pela absorção direta das raízes que penetram no interior do polímero, no entanto, em meio a soluções salinas seu rendimento fica comprometido reduzindo seu potencial de absorção.

2.2.2 Ação dos polímeros na redução da lixiviação de nutrientes.

A utilização de condicionadores no solo promove o desenvolvimento do sistema radicular, bem como da parte aérea das plantas, através do aumento de água disponível, redução das perdas por percolação e lixiviação dos nutrientes, melhoria da aeração e drenagem do solo (Azevedo et al., 2002).

Alguns hidrorretentores são capazes de atuar como fornecedores de nutrientes, diminuir a fixação de fosfatos e a lixiviação de nutrientes, como potássio, magnésio e nitratos. Verificaram que a combinação de polímero e fertilizantes de liberação controlada promoveu um aumento significativo de matéria seca em plantas de alface (Nissen, 1994).

Os polímeros hidroabsorventes também têm habilidade de promover o crescimento da planta quando nutrientes são incorporados a sua matriz, e assim liberá-los às plantas quando necessário. Entretanto, sob certas circunstâncias sua adição tem tido pouca influência na performance das plantas, principalmente quando maiores quantidades de fertilizantes e sais estão presentes (Vichiato et al., 2004 citado por Dusi, 2005).

Taylor & Halfacre (1986), estudando o efeito dos hidrogéis na disponibilidade de nutrientes para ligustro (*Ligustrum lucidum* Ait.) observaram que os níveis de todos os cátions bivalentes nos tecidos das plantas cultivadas com polímero foram diminuídos, exceto para Ca os tecidos das raízes e Mn e Cu nas raízes e nos tecidos das folhas baixas. No entanto, os níveis de N e K foram aumentados em todos os tecidos das plantas cultivadas com o polímero.

A absorção simultânea pelo polímero hidrorretentor CONSPIZZA AGROSORB[®], da água presente nos solos e dos fertilizantes adicionados a ele, com reflexo na disponibilização para as plantas - *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em três épocas distintas do ciclo da planta, foi estuda por Dusi (2005). O autor pôde observar interação positiva entre

a adubação nitrogenada e a aplicação de polímero hidrorretentor as plantas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk.

Sita (2002), estudando a interação de polímeros hidrorretentores com fertilizantes nitrogenados e potássicos no crescimento e nutrição do crisântemo (variedade Virgínia série globus) e nas características químicas dos substratos relatou a influência negativa do polímero na absorção de nutrientes, biomassa e produção de flores do crisântemo, o que contribuiu com o aumento de K e N nos substratos.

Estudos realizados com soja (*Glycine max* [L.]) observando o efeito da aplicação do hidrogel com MnO, MnSO₄.4H₂O e MnCl, encontrou elevação no teor de Mn de 89% na folha da cultura (Mikkelsen, et al., 1995).

2.3 LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES DO SOLO

A redução da fertilidade do solo, em decorrência da lixiviação de nutrientes, é causada pela percolação excessiva da água culminando na perda de nutrientes da zona radicular para camadas mais profundas do perfil do solo, tornando-os indisponíveis às culturas. A lixiviação de nutrientes varia com os atributos físicos do solo, como textura, estrutura, profundidade do perfil e, principalmente, porosidade. Os atributos químicos que mais afetam a lixiviação são a capacidade de troca de cátions (CTC) e o pH, onde solos com alta CTC apresentam maior capacidade de adsorção dos cátions, tornando-se menos suscetíveis à lixiviação. Com o aumento do pH, a CTC do solo se eleva e, conseqüentemente, os cátions disporão de maior número de cargas para adsorção (Santos et al., 2002).

As perdas de nutrientes são amplamente estudadas pela pesquisa científica, em particular quando se refere à lixiviação de N, K, Ca e Mg e alguns metais pesados, porém poucos são os trabalhos em que, além das análises de solo, se tenha realizado as quantificações de nutrientes na água de drenagem (Aguiar et al., 2006).

2.4 LISIMETRIA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A maneira mais usual de se determinar o consumo de água pelas plantas, controlar a relação solo-água-planta-atmosfera e quantificar a água que se perde neste sistema é a utilização de lisímetros ou evapotranspirômetros (Alves Júnior et al., 2004).

Os estudos de lisimetria tiveram início na Europa por volta do ano de 1688, com objetivo de estudar a drenagem profunda e a extração dos nutrientes contidos nos solos, sendo a evapotranspiração considerada apenas um subproduto deste mecanismo. Somente por volta

do ano de 1900, foi que estudos voltados a evapotranspiração, utilizando lisímetro, tiveram ênfase, assumindo-se que não havia mudanças no armazenamento de água durante o período estudado e equacionando a evapotranspiração ao total de água adicionada ao lisímetro (Harrold, 1966).

Segundo Pereira et al. (1997), lisímetro é um equipamento constituído por uma caixa impermeável, no qual se encontra um determinado volume de solo, que permite conhecer com detalhes o balanço hídrico desse volume. A utilização de lisímetros envolve medições de toda entrada e saída de água, de um volume de solo isolado hidrológicamente, com sua superfície vegetada ou não. Esta dinâmica do fluxo de água pode ser representada pela equação do balanço hídrico: $P + I = E_{To} + D + \Delta w$, onde: P = Precipitação, I = Irrigação, E_{To} = Evapotranspiração de referência, D = Drenagem profunda e Δw = Mudança no armazenamento de água no solo (Aboukhaled et al., 1982.; Albuquerque Filho, 2006).

Os lisímetros podem ser classificados em três categorias: a) não pesáveis, com lençol freático de nível constante; b) não pesáveis, com drenagem livre; e c) pesáveis, com variação de massa determinada por pesagem (Aboukhaled et al., 1982). De acordo com Faria et al. (2003), os lisímetros que utilizam mecanismos de pesagem são os mais precisos e sensíveis para a determinação direta da evapotranspiração, pelo balanço de massa de água. No entanto, os lisímetros de drenagem, além de baixo custo de instalação em relação aos de pesagem, apresentam resultados satisfatórios à evapotranspiração quando as observações se processam em período de tempo superiores 7 dias, devido à redistribuição de água no perfil de solo (Pereira et al., 1997).

Várias são as pesquisas utilizando a lisimetria de drenagem como ferramenta em estudos direcionados a evapotranspiração e a determinação dos fatores que afetam o movimento de substâncias químicas no solo. Albuquerque Filho (2006), em experimento realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, em estação lisimétrica com 40 lisímetros de drenagem, objetivou determinar a evapotranspiração máxima e o coeficiente de cultivo da cultura do coentro, e avaliar os efeitos de cinco doses do polímero hidroabsorvente hidratassolo e duas lâminas de irrigação (com base na evapotranspiração estimada pelo método do tanque Classe A).

Na Universidade Federal de Viçosa - UFV, Lima (1998), em condições de lisímetros de drenagem, avaliou os efeitos da concentração salina da água de irrigação e da fração de lixiviação, em relação ao crescimento e produção do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e na salinização do solo. Moura (2000) utilizando uma bateria de 20 lisímetros de drenagem (caixas de cimento amianto de 1000 L), instalada na UFV, teve como objetivo avaliar a

salinidade residual do solo; monitorar o lixiviado; estimar a evapotranspiração e o coeficiente de cultivo da beterraba.

Os lisímetros de drenagem podem ser usados, adequadamente, na avaliação de estratégias de manejo de nitrogênio, em condições de campo. (Martin et al., 1994), no entanto, pesquisas com outros minerais ainda são escassas.

2.5 EFEITO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO SOLO

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água. A importância da qualidade da água só começou a ser reconhecida a partir do início deste século. A falta de atenção a este aspecto foi devido à disponibilidade de águas de boa qualidade e de fácil utilização, mas esta está mudando em vários lugares, em função do aumento de consumo por águas de qualidade, restando como alternativa o uso de águas de qualidade inferior (Ayers & Westcot, 1991). Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é um fator limitante ao desenvolvimento de algumas culturas (Bernardo, 1995). Dentre os fatores que favorecem o processo de salinização em áreas irrigadas, destacam-se: água de má qualidade, drenagem natural deficiente, clima, topografia, manejo inadequado da irrigação e formação de lençol freático (Ferreira, 1997).

Os sais solúveis do solo contêm principalmente os cátions sódio, cálcio e magnésio e os ânions cloretos e sulfatos e, em menor quantidade, ocorrem potássio, bicarbonatos e carbonatos. Geralmente 98% dos sais solúveis dos solos são formados por esses íons (Richards, 1954).

As altas concentrações de sais solúveis e sódio trocável, observadas em solos de regiões com climas árido e semi-árido, são conseqüências das condições climáticas, topográficas e da natureza do material originário. Em áreas irrigadas, por causa das características físicas e químicas do solo, da qualidade da água e de práticas de manejo, além de outros fatores, pode-se induzir a um aumento da concentração de sais solúveis na solução do solo e de sódio trocável, limitando, assim, a produtividade dos solos (Richards, 1954).

O efeito da salinidade sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas é discutido por pesquisadores, principalmente dos países que apresentam regiões áridas e semiáridas, em função dos problemas socioeconômicos por ela causados. No Brasil, esse assunto tem maior importância na Região Nordeste, onde a evapotranspiração supera as chuvas e, por conseqüência, impossibilita a percolação da água através do perfil e a lixiviação

dos sais do solo. Plantas muito sensíveis à salinidade absorvem água do solo, juntamente com os sais, possibilitando a toxidez pelo excesso de sal absorvido. Tal excesso promove desbalanços no citoplasma, fazendo com que os danos apareçam principalmente nas bordas e nos ápices das folhas, regiões onde ocorre o acúmulo dos sais (Lima, 1997).

Os maiores problemas de salinização são encontrados nos perímetros irrigados que são administrados por órgãos governamentais, principalmente em áreas nas quais os colonos são assentados. Por não praticarem técnicas adequadas à irrigação, esses colonos aceleram o processo de salinização dos lotes, e terminam por abandoná-los. A reintegração dessas áreas ao sistema produtivo somente é possível por meio da recuperação do solo, que, muitas vezes, necessita de corretivos químicos e de lixiviação, caso ocorram problemas de sódio, e de lixiviação apenas, quando se trata de um problema de salinidade. Via de regra, a área necessita da implantação de uma rede de drenagem artificial, o que torna seu processo de reintegração oneroso e demorado (Albuquerque Filho, 2006).

Entretanto, quando a água de irrigação é aplicada em excesso, acima da capacidade de suporte dos solos, pode provocar além da lixiviação dos sais presentes no solo, a perda de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das culturas agrícolas, além de contribuir com os processos de desertificação que atualmente atingem cerca de 20% da área irrigada do planeta (Santos, 2006).

Os íons disponibilizados na solução do solo podem ser adsorvidos ao solo, absorvidos pelas plantas ou lixiviados das camadas superficiais do solo (Costa et al., 1999). As perdas de nutrientes causadas pelo fenômeno da lixiviação têm uma grande importância para o produtor agrícola, pelo fato de significar baixas eficiências de utilização de nutrientes pelas culturas e, por consequência menores rendimentos e custos mais elevados de produção, (Konrad, 2002). A lixiviação desses íons, através do perfil do solo, contribui sensivelmente para a sua acidificação, indicando assim, a necessidade de adotar manejo de água e nutrientes com bastante critério (Reichardt, 1990).

2.5.1 Qualidade da água

A qualidade da água é um aspecto fundamental para o êxito da utilização de sistemas irrigados, no entanto, sua avaliação de qualidade é negligenciada, em sua maioria, no momento da elaboração de projetos. Conseqüentemente, a irrigação poderá produzir efeitos indesejáveis nas propriedades físico-químicas, na condução de uma cultura, além de servir como veículo para contaminação da população, na ingestão dos alimentos que receberam a

água contaminada. A utilização de água de baixa qualidade pode acarretar problemas de operacionalização em sistemas de irrigação, comprometendo a qualidade do produto e principalmente a saúde humana (Franco et al., 2006).

Existem diversos modelos para a classificação de qualidade de água, sendo o mais utilizado o proposto pela UCCC (University of Califórnia Committee Consultants) apresentada por Ayers & Westcot (1987), que avalia a qualidade da água em função da condutividade elétrica (CE), como indicador de salinidade e razão de adsorção de sódio (RAS) como parâmetro para sodificação, entre outros critérios. Este modelo classifica a água em função das restrições que cada característica discutida possa exercer na condução adequada da agricultura irrigada.

A salinidade considera a concentração total de sais nas águas e pode ser medida pela CE e a sodicidade, medida da concentração de sódio em relação a outros cátions na solução: $(RAS) = [Na^+ / (Ca^{2+} + Mg^{2+})^{1/2}]$ ou da sua saturação na troca: percentagem de sódio trocável $(PST) = [(Na/CTC) \times 100]$. A toxicidade também avaliada quanto à qualidade da água, é o efeito danoso de íons às plantas, principalmente do sódio, do cloro e do boro, contidos na solução do solo (Cientec, 2006).

A CE é o indicador de qualidade de água de irrigação mais utilizado, por sua praticidade, uma vez que pode ser determinada em laboratório ou diretamente no campo por um condutivímetro. Como existe uma estreita relação entre a concentração salina (CS) e a condutividade elétrica, a equivalência entre ambos pode ser calculada ou fornecida em tabelas (Macedo, 2005).

As águas são divididas em quatro classes, segundo sua condutividade elétrica (CE), ou seja, em função de sua concentração total de sais solúveis. Na Tabela 1, são apresentadas as faixas de concentração salina e de condutividade elétrica e os respectivos graus de restrição de uso das águas de irrigação.

Tabela 1 - Qualidade da água de irrigação em função da salinidade.

Indicador de salinidade	Grau de restrição ao uso			
	Nulo	Moderado	Alto	Severo
Concentração salina (mg/L)	< 500	500 – 1.000	1.000 – 2.000	> 2.000
Condutividade elétrica (mS/cm ¹)	< 0,75	0,75 – 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0

¹mS/cm: mili Siemens por centímetro = 1000 µS/cm: micro Siemens por centímetro = dS/m: deci Siemens por metro = mmhos/cm. Fonte: Pizzaro (1985)

A classificação da água quanto ao grau de restrição de uso: sem restrição ao uso, com restrição variando de baixa à moderada e restrição severa, conforme pode ser verificado na

Tabela 2. Dentre os parâmetros usados nessa classificação destacam-se a salinidade, a infiltração e a toxicidade de íons específicos e outros (Ayers & Westcot, 1991).

Tabela 2 - Diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação.

Problema Potencial	Unidades	Grau de Restrição ao Uso		
		Nenhum	Baixa à Moderada	Severa
Salinidade (afeta a disponibilidade de água para a cultura)				
CEa ¹	dS m ⁻¹	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
SDT ²	mg L ⁻¹			
Infiltração (Avaliada usando CEa e RAS Conjuntamente)				
RAS ³ = 0 – 3 e CEa		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
3 – 6		> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
6 – 12		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
12 – 20		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
20 – 40		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicidade de Íons Específicos (afeta culturas sensíveis)				
Sódio (Na)				
Irrigação por Superfície	RAS	< 3	3 – 9	> 9
Irrigação por Aspersão	meq L ⁻¹	< 3	> 3	
Cloreto (Cl)				
Irrigação por Superfície	meq L ⁻¹	< 4	4 – 10	
Irrigação por Aspersão	meq L ⁻¹	< 3	> 3	
Boro (B)				
	mg L ⁻¹	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Outros (afeta culturas sensíveis)				
Nitrogênio (NO ₃ -N) ⁴	mg L ⁻¹	< 5,0	5,0 – 30	> 30
Bicarbonato (HCO ₃)	meq L ⁻¹	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH		Faixa normal 6,5 – 8,4		

¹CEa – Condutividade elétrica da água (dS m⁻¹), a 25°C;

²SDT – Sólidos dissolvidos totais (mg L⁻¹);

³RAS – Razão de adsorção de sódio (meq L⁻¹);

⁴NO₃ – N – Nitrogênio em forma de nitrato, expresso em termos de nitrogênio elementar.

Fonte: Ferreira, 1997.

No nordeste a salinidade da água, em média, varia na ordem decrescente de açudes, rios, cacimbões e poços rasos, havendo ainda grande variação na composição da água de açudes entre a estação chuvosa e a seca, e que a composição iônica dos sais encontrados é:

para os cátions, $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$; e para os ânions, $\text{Cl} > \text{HCO}_3 > \text{SO}_4$, conforme Leprun (1983) citado por Medeiros, (1992).

2.6 SOBRE A CULTURA DO COENTRO (*Coriandrum sativum* L.)

O coentro provém da família Umbelliferae, oriundo do sul da Europa e da região mediterrânea, apesar de ter sido cultivado no Egito Antigo para fins culinários e medicinais. Suas sementes eram usadas como especiarias desde tempos remotos e atualmente o coentro é utilizado em larga escala na Europa. As folhas de coentro não são muito populares no continente europeu, com a exceção de Portugal, mas são bastante utilizadas na América Latina e no Sudeste Asiático (Filgueira, 2000).

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma olerícola, consumida em diversas regiões do Brasil, especialmente no Norte e Nordeste. Seu cultivo visa não somente a obtenção de massa verde utilizada na composição de diversos pratos, como o uso para tempero. Os frutos são bastante utilizados na indústria como condimento para carne defumada e na fabricação de pães, doces, pickles e licores finos (Pedrosa et al., 1984).

A planta é mais produtiva em condições de solos areno-argilosos, com alto teor de matéria orgânica, boa fertilidade e pH entre 5,8 e 6,8. A primeira colheita é feita entre 50 e 60 dias após a sementeira, quando as plantas atingem cerca de 10 a 15 cm de altura (Haag & Minami, 1998).

No nordeste, é cultivado em quase todas as micro-regiões e em virtude das condições climáticas, o coentro sempre é cultivado com o uso da irrigação; geralmente, é uma cultura explorada em pequenas áreas, sendo utilizada água proveniente de pequenas fontes como açudes pequenos, poços naturais em leitos de rios, poços tubulares, dentre outras (Medeiros et al., 1998).

É uma hortaliça que necessita de pequenas áreas para seu cultivo, realizado predominantemente por pequenos produtores quase sem nenhuma assistência agrônômica, o que tem contribuído para queda no rendimento desta cultura, onde os produtores mesmo com baixos índices produtivos, mantém a atividade como uma das principais fontes de renda para o sustento familiar.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO HIDRATASSOLO

O hidratassolo é um polímero sintético à base de acrilato de sódio, capaz de absorver centenas de vezes seu peso em água. Na forma comercial, possui 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% (Coelho, 2004).

3.2 TRATAMENTOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os tratamentos foram dispostos num esquema de parcela subdividida no tempo, tendo nas parcelas o esquema fatorial 5 x 2, cindo níveis de hidratassolo ($H_0 = 0$; $H_1 = 4$; $H_2 = 8$; $H_3 = 12$ e $H_4 = 16$ dg. kg^{-1} de solo seco), e duas lâminas de irrigação (com base na evapotranspiração estimada pelo método do tanque Classe A), onde L_1 e L_2 corresponderam a 0,6.ETo e 1,20.ETo, respectivamente (aplicadas com frequência de dois dias) e, nas subparcelas, as épocas de observação de balanço hídrico (T_1 , T_2 e T_3), referentes ao período de cultivo da cultura implantada, no delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. Os 10 tratamentos em níveis de parcela foram:

H_0L_1	H_1L_1	H_2L_1	H_3L_1	H_4L_1
H_0L_2	H_1L_2	H_2L_2	H_3L_2	H_4L_2

As variáveis respostas avaliadas no período de cultivo foram: pH; condutividade elétrica (CE); concentrações de cálcio (Ca^{2+}); magnésio (Mg^{2+}); sódio (Na^+) e potássio (K^+) medido no volume de água drenado (VAD).

Os dados foram analisados no sistema computacional SAEG (2005) e interpretados por meio das significâncias das análises de variância e regressão, considerando-se o nível de probabilidade de 5% pelo teste F. No entanto, para estabelecer um modelo que representasse o fenômeno em estudo utilizou-se o teste “t” de Student para testar os coeficientes de regressão, adotando o nível de probabilidade de 10% e os coeficientes de determinação R^2 . A apresentação das equações de regressão e suas interpretações seguiram recomendação de Alvarez V. & Alvarez (2003).

3.3 ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi realizada, na área experimental do Departamento de Tecnologia Rural, localizada no “Campus” da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, cujas coordenadas geográficas no sistema SAD 69 (South American Datum), são 8°01’05” de latitude sul e 34°56’48” de longitude oeste, e altitude de 6,486 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo As, Megatérmico tropical (tropical úmido), com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e com precipitações de outono e inverno. As médias anuais de umidade relativa do ar, de precipitação pluvial e temperatura são 76%, 1501 mm e 26°C, respectivamente (Brasil, 1992).

3.3.1 Estação lisimétrica

A estação lisimétrica possui dimensão de 464,40 m² de área plantada, sendo 18,00 m de largura por 25,80 m de comprimento, contendo 40 lisímetros de drenagem com espaçamento de 1,20 m, nas duas direções, assentados a uma profundidade de 0,65 m, restando borda de 0,10 m acima da superfície do solo, visando evitar a entrada de água de chuva ou irrigação, proveniente do escoamento superficial (Figuras 1 e 2).



Figura 1 – Área experimental com detalhe da estação lisimétrica.

Em cada linha de cinco lisímetros foi utilizada uma cobertura em forma de túnel, com película plástica (4 m x 15 m), removível, a fim de proteger os lisímetros da interferência pluviométrica natural (Figura 2). As coberturas eram fechadas a noite e eventualmente durante o dia, em caso de ocorrência de chuva.



Figura 2 – Túneis plásticos utilizados nos lisímetros.

3.3.2 Estação de coleta da solução percolada

A estação ou laboratório de coleta foi uma estrutura construída com a finalidade de captar e quantificar todo o efluente canalizado pelo sistema de drenagem instalado nos lisímetros. Com aproximadamente 45,5 m², a estação, está situada ao lado da estação lisimétrica e é constituída de três ambientes: uma ante-sala com 11,85 m² de área, um banheiro e a sala de coleta. A sala de coleta por sua vez, possui em cada terminação do sistema de drenagem de seu respectivo lisímetro, um piezômetro e uma torneira de ½”, para maior controle do nível de água nos lisímetros e do efluente drenado, respectivamente (Figura 3). Somado a isso, a sala ainda dispunha de 40 recipientes de 20 L (Figura 4), responsáveis por captar todo o material drenado e auxiliar na mensuração do mesmo através de um balde de 20 litros, marcado de litro em litro e, as frações de litro, medidas em becker com capacidade de 1000 ml.



Figura 3 – Detalhe dos piezômetros e das torneiras nas terminações do sistema de drenagem de cada lisímetro.



Figura 4 – Sala de coleta da solução do solo.

3.3.3 Estação meteorológica

Instalada ao lado da área de plantio a estação meteorológica conta com uma estação automática da Davis Instruments Inc.; pluviômetro Ville de Paris; pluviógrafo automático de balsa da Campbell Scientific; e tanque Classe “A”, para caracterização dos elementos meteorológicos do local, em área 255,6 m², sendo 18,00 m de largura por 14,20 m de comprimento (Figura 5).

A estação automática inclui anemômetro; pluviômetro com esvaziamento automático; sensor digital para temperatura, umidade e pressão atmosférica; sensor de radiação solar; sensor de molhamento foliar; console digital para leitura, visualização e transmissão de dados para microcomputador; software WeatherLink 4 (WL) Data Logger Padrão de visualização, salvamento e exportação de dados, bem como geração de relatórios e gráficos; fonte e kit de energia solar.



Figura 5 – Estação meteorológica

3.4 DISPOSIÇÃO DO SOLO E DO POLÍMERO NOS LISÍMETROS

A quantidade de condicionador incorporado nos lisímetros, teve como parâmetro a expansão volumétrica do mesmo, sendo estabelecido uma massa de 300 kg de solo seco como valor de referência na determinação do volume a ser acondicionado em cada um dos lisímetros.

Os lisímetros vinculados ao tratamento testemunha, foram preenchidos com aproximadamente 900 kg de solo, acondicionados em camadas de 100 kg, correspondente a uma altura de 54,5 cm, medida com relação ao ponto central da circunferência, situado na superfície côncava no fundo da caixa.

O preenchimento dos demais lisímetros, iniciou-se com o preenchimento de 500 kg de solo seguidos da aplicação do polímero. A quantidade de polímero destinada a cada lisímetro, de acordo com seu respectivo tratamento, foi fracionada em doses, número de oito, as quais foram distribuídas uniformemente de forma manual na superfície do solo. A cada dose do polímero aplicada, a mesma foi coberta com uma camada de solo de aproximadamente 2 cm totalizando uma massa de 300 kg de solo.

Os 100 kg de solo restantes representaram a última camada, ou seja, a camada mais superficial dos lisímetros. Com aproximadamente 5 cm de espessura, esta camada teve como finalidade impedir o possível afloramento do produto o que acarretaria na degradação precoce do mesmo e redução de sua vida útil.

3.4.1 Caracterização do material de solo

O material de solo utilizado no experimento foi oriundo da Destilaria Tabu, situada no Estado da Paraíba-PB, distante 80 km de Recife. Este material foi extraído do lote número 70 (área de renovação de cana-de-açúcar), a uma profundidade de 50 cm sendo caracterizado como solos de Tabuleiros Costeiros. Trazido até a área experimental, o material de solo foi homogeneizado, seco ao ar e peneirado em malha de 4,0 mm.

A caracterização físico-química tanto do solo utilizado no preenchimento dos lisímetros como do solo da bordadura, foi realizada nos laboratórios de Física e Fertilidade do Solo da UFRPE, utilizando a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Para as análises foram extraídas três amostras proveniente do material trazido da destilaria, das quais foi calculado um valor médio que rerepresentasse as características físicoquímicos do mesmo e uma amostra correspondente ao solo da área de bordadura da estação lisimétrica, retirada a uma profundidade de 0 – 20 cm (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 – Características físicas do solo do experimento de campo.

Amostras	Densidade		Pt	Granulometria			Ad	GF	Umidade na base de massa			AD	CHS
	dg	dp		Ar	A	S			0,1atm	0,33atm	15atm		
	g.cm ⁻³		(%)	(%)			(%)	(%)	(%)			(%)	cm.h ⁻¹
Solo	1,65	2,57	35,67	91,07	3,60	5,33	3,60	0,0	6,39	---	2,01	4,33	13,17
Bordadura	1,23	2,5	51	73,4	15,6	11,0	11,1	29	17,32	---	6,51	11	64,03

dg=densidade global; dp=densidade das partículas; Pt=porosidade total; Ar=areia; A=argila; S=silte; Ad=argila dispersa em água; GF=grau de floculação; AD=água disponível; CHS=condutividade hidráulica saturada. Análises realizadas no Laboratório de Física do Solo do DEPA/UFRPE.

De acordo com análise, a amostra de solo utilizada nos lisímetros, foi classificada como areia e amostra de solo da bordadura como solo franco arenoso.

Tabela 4 – Características químicas do solo do experimento de campo.

Amostras	pH em H ₂ O	P	Na	K	Ca+Mg	Ca	Al	H+Al	C.O.	M.O.
	1: 2,5	mg.dm ⁻³	-----cmol _c .dm ⁻³ -----			-----			---g.kg ⁻¹ ---	
Solo	4,70	5,33	0,09	0,07	4,97	3,22	0,40	7,82	10,31	17,78
Bordadura	5,0	54	0,16	0,12	0,10	3,50	1,00	6,10	10,77	18,57

Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do DEPA/UFRPE.
C.O. – carbono orgânico; M.O. – matéria orgânica.

3.5 MANEJO E ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

A água utilizada na irrigação foi proveniente de um riacho distante 76 m da estação lisimétrica, responsável pelo suprimento hídrico de todas as plantas cultivadas na área de bordadura através de um sistema de irrigação por gotejamento, e do sistema de abastecimento interno da UFRPE, o qual atendeu a necessidades hídricas das plantas cultivadas nas unidades experimentais, sendo aplicada de forma manual.

As análises quanto à viabilidade de irrigação da água à ser utilizada no experimento, ou seja, o teor de salinidade, sodicidade e toxicidades de íons, foram feitas no Laboratório de Química do Solo do DEPA-UFRPE, conforme metodologia (EMBRAPA, 1997; Tedesco et al. 1995). Nas amostras, recolhidas em garrafas de 500 ml de sua respectiva fonte, foram determinados os elementos químicos Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, SO₄⁻, Cl⁻, CO₃⁻ e HCO₃⁻, bem

como o pH, a condutividade elétrica, a razão de adsorção de sódio (RAS) e o carbonato de sódio residual (CSR), conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Análise química da água usada na irrigação da bordadura e nas unidades experimentais, conforme as amostras 1 e 2, respectivamente.

Elementos	Unidade	Amostras	
		1*	2**
cálcio	mmol _c .L ⁻¹	0,07	0,05
magnésio	mmol _c .L ⁻¹	0,03	0,05
sódio	mmol _c .L ⁻¹	0,20	0,22
potássio	mmol _c .L ⁻¹	0,04	0,06
Sulfato	mmol _c .L ⁻¹	nd	nd
Cloreto	mmol _c .L ⁻¹	2,50	2,00
Carbonato	mmol _c .L ⁻¹	ausente	ausente
Bicarbonato	mmol _c .L ⁻¹	2,00	1,00
pH		6,1	5,3
CE	dS.m ⁻¹ a 25 °C	61,80. 10 ⁻³	72,40. 10 ⁻³
RAS	mmol _c .L ^{-1/2}	0,89	0,98
CSR	mmol _c .L ⁻¹	1,9	0,9

Classificação para Irrigação: Amostras 1 e 2: C_1S_1 (U.S. Salinity Laboratory Staff – USDA).

Análises realizadas no Laboratório de Química do Solo do DEPA/UFRPE.

* Amostras de água de irrigação usada na bordadura da estação lisimétrica;

** Amostras de água de irrigação usada nas unidades experimentais da estação lisimétrica.

3.6 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no período correspondente ao ciclo fenológico da cultura do coentro, compreendido desde o plantio realizado no dia 06 de fevereiro até a colheita realizada no dia 24 de março.

O cultivo do coentro nas unidades experimentais se deu de forma direta com semeio de aproximadamente oito sementes por cova, que por sua vez foram espaçadas 15 cm na linha e 23 cm entre linhas, totalizando número de 40 covas por lisímetro. Em seguida, seis dias após o plantio nos lisímetros, realizou-se a semeadura da área de bordadura no espaçamento de 15 cm x 30 cm, com a finalidade de reduzir a influência do efeito-oasis sobre as plantas em observação.

Com a formação e desenvolvimento das touceiras, no período aproximado de 15 dias após a germinação realizou-se o desbaste das mesmas retirando todas as plantas com crescimento insatisfatório, permanecendo o número de nove plantas por cova, tornando o estande de plantas mais uniforme nos lisímetros.

A adubação em cada unidade experimental caracterizou-se de duas formas. A primeira, adubação de fundação, correspondeu na aplicação de 195 g de NPK na formulação (4-14-8) e 1,50 kg de húmus, ambos distribuídos uniformemente e misturados nos primeiros 5 cm de solo antes da semeadura do coentro. A segunda denominada adubação de cobertura, foi realizada com a cultura já estabelecida nos lisímetros, aplicando-se, com auxílio de um regador de mão, uma concentração de 10 g de uréia por lisímetro diluídas em 2 litros de água e o fertilizante verde foliar da Vitaplan, com 15% de N, diluindo-se 5 ml do produto em 20 litros de água, utilizando uma bomba costal com os mesmos 20 litros de capacidade.

Relacionado à irrigação, os 20 dias pós semeio da cultura foram destinados ao estabelecimento da mesma. Nesta fase inicial, o manejo de irrigação compreendeu na reposição quase por completo da evaporação diária do tanque Classe A, aplicando-se cerca de 14 litros de água nos lisímetros divididos em dois períodos diários, sete litros correspondente a uma lâmina de 5,00 mm no período da manhã, às 8:00 h, e igual volume no período da tarde por volta das 16:30 h.

O manejo experimental de irrigação só teve início após se constatar o estabelecimento satisfatório do estande de plantas nos lisímetros. O manejo experimental iniciou-se com a saturação dos lisímetros, que consistiu na aplicação de um determinado volume de água capaz de elevar o nível de água e saturar os lisímetros. Este processo foi determinado com a ascensão do nível de água observada nos lisímetros, através de piezômetros instalados nos mesmos, verificados antes do volume supracitado ser aplicado. Em seguida, com a elevação e o equilíbrio do menisco observado nos piezômetros, deu-se início ao processo de drenagem da solução do solo, mantendo-se as torneiras abertas até o dia seguinte, assumindo-se o solo próximo da capacidade de campo. Admitindo-se tal condição, deu-se início ao tratamento lâmina de irrigação, em dois níveis L_1 e L_2 , com aplicação de volumes de água estabelecidos com base na evapotranspiração de referência E_{To} , estimada pela evaporação do tanque Classe A, obtida diariamente assumindo-se o valor médio de 0,70 para o coeficiente do tanque (K_p) e a área efetiva de rega de 1,41 m², referente a superfície do solo nos lisímetros.

O turno de rega adotado de dois dias, para os dois níveis L_1 e L_2 , foi definido com base na observação visual das plantas, no aspecto de turgidez, ou murcha provisória, considerando esse período como frequência limite de déficit hídrico na planta sem, contudo comprometer o desenvolvimento vegetativo. Assim, dois dias após a saturação dos lisímetros as lâminas de irrigação L_1 e L_2 foram aplicadas em 20 lisímetros, identificados com plaquetas

de numeração em cor verde e em outros 20 lisímetros, identificados com plaquetas em cor vermelha, respectivamente (Figura 6), ambas com auxílio de um regador de mão.



Figura 6 - Identificação de cada unidade experimental de acordo com o tratamento lâmina empregado.

O processo de saturação empregado nos lisímetros no início da aplicação do fator lâmina, foi o mesmo utilizado na realização dos balanços hídricos. No entanto, diferentemente do que ocorreu na saturação inicial, em que todo volume drenado era liberado sem nenhum controle quantitativo, nos balanços hídricos, após a saturação dos lisímetros, todo volume drenado foi contabilizado com intuito de se obter o fechamento do balanço, com os volumes parciais de entrada e saída de cada lisímetro (Figura 7).



Figura 7 – Coleta e mensuração da solução drenada

Por ocasião de cada balanço hídrico, ocorridos em intervalos de oito dias, amostras do material de lixiviação drenado foram colhidas e armazenadas em garrafas de 500 ml, devidamente identificadas (Figura 8) e acondicionadas em ambiente refrigerado para posterior análise.



Figura 8 - Amostras coletadas para análise do material lixiviado.

Dessa forma, durante o período de cultivo do coentro foram realizados três balanços hídricos, efetuados nos dias 07; 15 e 23 de março, sendo então recolhidos 120 amostras da solução drenada.

3.7 PARÂMETROS AVALIADOS

3.7.1 Determinação da evapotranspiração de referência (ET_o)

A evapotranspiração de referência (ET_o), foi estimada pelo método do tanque de evaporação segundo Doorenbos & Kassam (1994).

Para a estimativa da ET_o, utilizou-se os dados do tanque de evaporação do tipo U.S.W.B. “Classe A”, adequadamente instalado na estação meteorológica ao lado da área de plantio. As leituras de evaporação foram feitas diariamente, às 9:00 horas, medindo-se o nível de água no interior do poço tranquilizador com o micrômetro de gancho, que permite leituras

com precisão de 0,01 mm. Os valores de evaporação diárias foram calculadas pela diferença entre duas leituras consecutivas descontando-se as possíveis precipitações (Sediyama, 1987).

A evapotranspiração de referência E_{To} foi obtida usando-se a expressão:

$$E_{To} = K_p \cdot ECA$$

em que:

E_{To} = evapotranspiração de referência, mm.dia^{-1} ;

K_p = coeficiente do tanque, adimensional; e

ECA = evaporação medida no tanque Classe A, mm.dia^{-1} .

3.7.2 Determinação da condutividade elétrica (CE) e pH

A determinação da condutividade como também do pH foram realizadas através do método eletrométrico, utilizando-se um condutivímetro e um pHmetro digital, em temperatura padrão de 25°C. Sendo ambas as análises desenvolvidas no laboratório de química do solo da UFRPE.

3.7.3 Determinação de cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K)

A determinação da concentração dos cátions divalentes, presentes no material de lixiviação drenado (Ca^{2+} , Mg^{2+}), foram obtidos por espectrofotometria de absorção atômica. Enquanto que a determinação das concentrações dos cátions monovalentes K^+ e Na^+ , também contidos no material lixiviado, foi realizada através de fotometria de chama (Tedesco et al., 1995).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EFEITO DOS TRATAMENTOS SOBRE AS VARIÁVEIS OBSERVADAS AO LONGO DO PERÍODO DE CULTIVO

Este estudo teve como variável resposta o pH, a condutividade elétrica (CE), medida em (dS.m⁻¹), e os nutrientes lixiviados: cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), sódio (Na⁺) e potássio (K⁺), em (mmol_c.dm⁻³), e o volume de água drenado (VAD) avaliado nos diversos balanços hídricos (T), ao longo do período de cultivo do coentro.

A análise da influência dos fatores dose de hidratassolo (H), lâmina de irrigação (L) e da interação (H x L) ao longo do tempo, ou seja, por ocasião das épocas de balanço hídrico (T₁, T₂, T₃) realizados no período de cultivo sobre os parâmetros avaliados, teve como base os resultados do quadro resumo da análise de variância apresentado na Tabela 6.

Verifica-se, nessa tabela, que o efeito isolado do fator dose de hidratassolo (H), ocorreu de forma significativa sobre as variáveis Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺ em nível de 1%, e para as variáveis K⁺ e VAD em nível de 5% de probabilidade, convencionalmente indicados por Alvarez V. & Alvarez (2003). Por outro lado, para as variáveis CE e pH não houve influência significativa em nível de até 5% de probabilidade do fator dose de hidratassolo (H). Quanto ao efeito isolado do fator lâmina de irrigação (L), observa-se que houve influência significativa sobre as variáveis CE, Mg²⁺ e VAD em nível de 5% de probabilidade. No entanto, para as variáveis pH, Ca²⁺, Na⁺ e K⁺, observa-se a influência não significativa deste fator em nível de até 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância das variáveis respostas em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) e épocas de observação (T₁, T₂ e T₃), no período de cultivo.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Ce	pH	Ca	Mg	Na	K	VAD
H (dg.kg ⁻¹)	4	0,12 ^{NS}	0,29 ^{NS}	37,96**	21,53**	12,61**	4,07*	73,88*
L (mm)	1	0,61*	1,54 ^{NS}	0,08 ^{NS}	9,47*	4,60 ^{NS}	3,58 ^{NS}	170,07*
H x L	4	0,95**	0,73 ^{NS}	250,39**	120,47**	57,26**	6,13**	92,61**
Resíduo (a)	30	0,13	0,61	4,22	2,26	1,91	1,54	24,62
T	2	4,72**	9,29**	864,22**	425,68**	90,77**	110,95**	654,80**
L x T	2	0,29**	0,18 ^{NS}	18,50**	1,54 ^{NS}	2,81 ^{NS}	0,76 ^{NS}	120,77*
H x T	8	0,06 ^{NS}	0,05 ^{NS}	27,17**	9,57**	0,94 ^{NS}	3,16**	44,79 ^{NS}
L x H x T	8	0,02 ^{NS}	0,08 ^{NS}	39,61**	12,04**	7,41**	3,84**	38,53 ^{NS}
Resíduo (b)	60	0,04	0,19	3,18	2,37	1,28	1,03	27,28
CV (a) %		17,85	11,90	23,37	18,64	19,40	20,05	17,22
CV (b) %		9,82	6,68	20,27	19,12	15,90	16,46	18,13

* e ** significativos a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F

(^{NS}) Não significativo até 5%.

Ainda, em nível de parcela, considerando a interação entre os fatores (H x L), todas as variáveis medidas sofreram efeito significativo em nível de 1% de probabilidade, exceto para variável pH a qual não sofreu influência da interação em nível de até 5% de probabilidade.

Em nível de subparcela, observa-se que todas as variáveis medidas sofreram influência significativa do fator época de balanço hídrico (T) em nível de 1% de probabilidade. Enquanto que, para a interação (L x H x T), ou seja, efeito da interação entre os fatores ao longo do tempo, verifica-se o efeito significativo apenas para as variáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ em nível de 1% de probabilidade.

Desta forma, considerando a interação significativa entre os fatores lâmina de irrigação e dose de hidratassolo ao longo do tempo sobre os nutrientes lixiviados, realizou-se o desdobramento das interações considerando-se dois aspectos: avaliar o comportamento das doses de hidratassolo (H) dentro das lâminas de irrigação (L) em cada época de balanço hídrico (T_1 , T_2 , T_3) e, também, estudar o comportamento das épocas de balanço hídrico (T) dentro das lâminas de irrigação (L), fixando-se o tratamento testemunha e o tratamento correspondente à dose máxima (H_4) (tratamentos extremos), conforme itens seguintes.

Entretanto, considerando também o efeito significativo da interação (H x L) sobre a variável CE, em nível de parcela, realizou-se o desdobramento para se estudar o comportamento do fator dose de hidratassolo (H) em cada nível de lâmina de irrigação (L).

4.1.1 Avaliação dos nutrientes lixiviados

4.1.1.1 Análises na primeira época de balanço hídrico

Nesta etapa de estudo avaliou-se o comportamento das doses de hidratassolo (H) dentro das lâminas de irrigação (L) fixando-se a primeira época de observação (T_1), com base no esquema fatorial, em nível de parcela, objetivando avaliar o efeito isolado do fator (H), do fator (L) e da interação (H x L), através do resumo das análises de variância apresentado na Tabela 7.

Nessa tabela, verifica-se o efeito isolado do fator dose de hidratassolo (H) sobre os nutrientes observados, em nível de 1% de probabilidade, considerado altamente significativo, exceto para variável K^+ o qual não sofreu influência significativa em função da variação das doses do polímero em nível de até 5%. Da mesma forma, para o fator lâmina (L) pôde-se constatar que houve efeito isolado sobre as variáveis Na^+ e K^+ , com significância em nível de

5% de probabilidade, verificando-se que os demais nutrientes avaliados não sofreram influência significativa.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância dos nutrientes lixiviados em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L), na época de observação (T₁).

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Ca	Mg	Na	K
H (dg.kg ⁻¹)	4	47,05**	23,83**	3,62**	0,40 ^{NS}
L (mm)	1	20,11 ^{NS}	1,00 ^{NS}	3,07*	2,37*
H x L	4	87,08**	39,70**	15,01**	2,37*
Resíduo	30	7,45	3,96	0,55	0,64
CV (%)		21,07	17,55	13,89	18,86

^(NS) Não significativo até 5%.

* e ** significativos a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F.

Ainda, na Tabela 7, com relação à interação entre os fatores lâmina de irrigação (L) e doses de hidratassolo (H), observa-se efeito significativo sobre todas as variáveis medidas em nível de 1% de probabilidade, com exceção para variável potássio a qual sofreu influência significativa em nível de 5% de probabilidade. Desta forma, realizou-se o desdobramento da interação H x L, para os nutrientes lixiviados, para se avaliar o comportamento das doses de hidratassolo (H) dentro dos níveis de lâminas de irrigação (L).

Assim, para representar o fenômeno em estudo determinou-se as equações de regressão ajustadas, conforme modelo linear, que expressam a influência significativa da variação crescente do fator dose de hidratassolo, medido no nível do fator lâmina de irrigação (L₂), por ocasião da primeira época de balanço hídrico (T₁) na variação das variáveis respostas, e seus respectivos coeficientes de determinação, apresentados na Tabela 8.

Entretanto, salienta-se que não houve modelo que representasse o fenômeno em estudo quando se fixou a lâmina de irrigação (L₁). Neste caso, na impossibilidade de se estimar dados por um modelo apresentou-se os diagramas de dispersão dos dados médios observados para todas as variáveis respostas, conforme os gráficos do Apêndice B.

Tabela 8 - Equações de regressão ajustadas aos dados médios dos nutrientes lixiviados cálcio, magnésio, sódio e potássio em função de doses crescentes de hidratassolo medido no nível da lâmina de irrigação (L_2), fixando-se a época de observação (T_1), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Variáveis	Equações de regressão ajustadas	R^2
Ca^{2+} (L_2)	$\hat{Y} = 16,372 - 0,5159^{**} X$	0,9639
Mg^{2+} (L_2)	$\hat{Y} = 14,9921 - 0,4758^{**} X$	0,9453
Na^+ (L_2)	$\hat{Y} = 3,4279 + 0,2107^{**} X$	0,9141
K^+ (L_2)	$\hat{Y} = 4,7368 - 0,08845^{**} X$	0,8057

**significativos a 1% de probabilidade, pelo teste t.

As Figuras 9, 10, 11 e 12 apresentam a variação dos dados médios observados das variáveis respostas Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ (em $mmol_c.dm^{-3}$), e dos dados estimados obtidos com as respectivas equações de regressão (Tabela 8), em função da variação crescente de dose de hidratassolo (em $dg.kg^{-1}$) e a lâmina de irrigação (L_2), na primeira época de balanço (T_1).

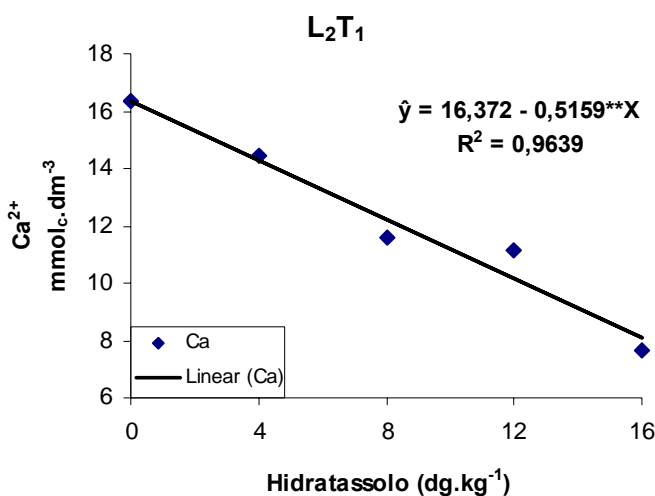


Figura 9 - Concentração de cálcio (Ca) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2), na primeira época de observação (T_1)

Entretanto, as Figuras 9 e 10 referentes às variáveis Ca^{2+} e Mg^{2+} demonstram que os dados estimados pelo modelo apontam para uma redução linear da concentração dos nutrientes em questão, em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H). Assim, de posse do modelo, estimou-se a concentração dos nutrientes correspondentes a maior dose de hidratassolo (H_4) em $8,12 mmol_c.dm^{-3}$ para o cálcio, e $7,38 mmol_c.dm^{-3}$ para o magnésio,

com os respectivos decrementos de 50,40% e 50,77% em relação ao tratamento testemunha (H_0L_2), estimada em $16,37 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ para o cálcio, e $14,99 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ para o magnésio.

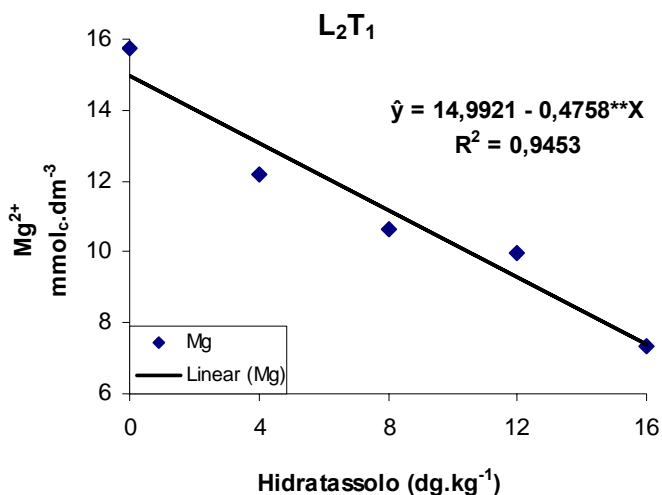


Figura 10 - Concentração de magnésio (Mg) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2), na primeira época de observação (T_1).

No entanto, em decorrência da variação decrescente na concentração das variáveis Ca e Mg representados pelos dados estimados pelo modelo de regressão, pressupõe-se que seja em função da absorção destes nutrientes minerais pelo hidratassolo, contrapondo-se a Wang & Gregg (1990) que afirmaram que cátions presentes na água reduzem sua absorção e promovem sua desestruturação de todos os tipos de polímeros. Por outro lado, Nissen (1994) afirma que alguns polímeros hidroabsorventes são capazes de atuar como fornecedores de nutrientes, diminuindo a fixação de fosfatos e a lixiviação de nutrientes como K, Ca, Mg e nitrato. Deste modo, no estudo com alface o mesmo autor afirma que a combinação de polímero e fertilizantes de liberação controlada, favoreceu acréscimo significativo da matéria seca da cultura estudada.

Também, considerando a retenção de Ca e Mg descrita por Sita (2002) na avaliação da influência de polímeros associados a diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados e potássicos, no crescimento e nutrição do crisântemo (var."Virginal") e características químicas dos substratos, observou a redução dos níveis de Ca e Mg no substrato na presença do polímero estudado.

Com relação à avaliação das variáveis Na^+ e K^+ , decorrentes da análise de regressão quando se fixou a primeira época de balanço (T_1), conforme as Figuras 11 e 12,

respectivamente, observa-se que houve um incremento de 98,83 % para o sódio, comparando-se os dados estimados pelo modelo com a maior dose do polímero (H₄) de 6,80 mmol_c.dm⁻³, com o tratamento testemunha de 3,42 mmol_c.dm⁻³. Já para o K⁺, observou-se redução linear dos dados estimados pelo modelo quando se comparou a maior dose de hidratassolo (H₄) de 3,32 mmol_c.dm⁻³, com o tratamento testemunha de 4,73 mmol_c.dm⁻³, correspondente ao decréscimo de 29,81% na concentração deste mineral no material lixiviado.

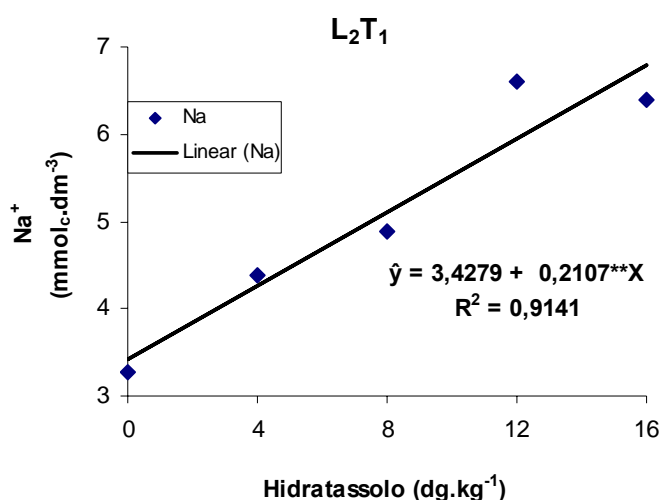


Figura 11 – Concentração de sódio (Na) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₂), na primeira época de observação (T₁).

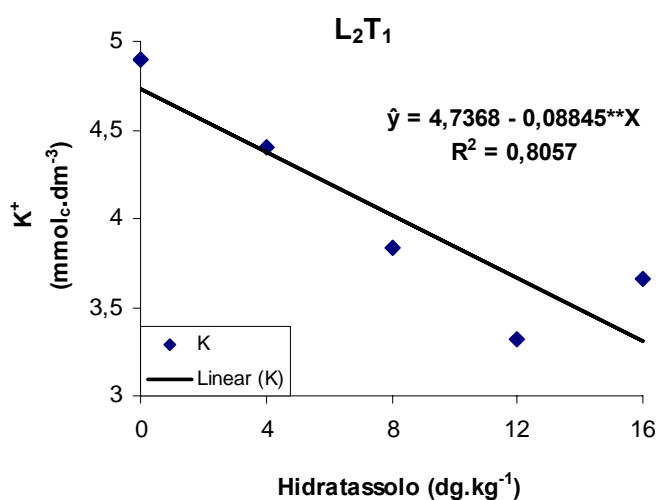


Figura 12 - Concentração de potássio (K) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₂), na primeira época de observação (T₁).

Quanto à elevação na concentração de sódio apontado pelos dados médios estimados pelo modelo de regressão, atribui-se a liberação de Na proveniente da própria composição química do polímero, haja vista que o hidratassolo é à base de acrilato de sódio. Segundo Cotthen (1998), os potenciais locais de adsorção são equilibrados por um número equivalente de íons, como prótons e cátions. Assim sendo, presume-se que a absorção de nutrientes deva coincidir com a liberação de um número de equivalentes contrários da estrutura do polímero (Dusi, 2005).

Da mesma forma, Sita et al. (2005), descreveu o comportamento semelhante para o nutriente potássio. O autor observou um comportamento crescente do teor deste nutriente em questão, no substrato estudado, de acordo com os níveis do polímero avaliado. Assim, o mesmo autor indica que o aumento de potássio seja proveniente da liberação deste mineral da própria estrutura química do polímero, composto a base de acrilamida e do ácido acrílico.

No entanto, a tendência de decréscimo observada nas perdas por lixiviação da variável potássio, apontada pelos dados médios estimados pelo modelo de regressão, assemelha-se ao comportamento imposto aos cátions divalentes (Ca e Mg), atribuindo-se essa redução a possível absorção deste mineral pelo polímero hidroabsorvente estudado.

4.1.1.2 Análises na segunda época de balanço hídrico

De forma similar ao estudo anterior, a análise da influência dos tratamentos nos nutrientes lixiviados, quando se fixou a segunda época de balanço hídrico (T_2) teve como base o quadro resumo apresentado na Tabela 9. Assim, com relação ao efeito isolado do fator (H), observa-se que as variáveis Ca^{+2} e Mg^{+2} sofreram efeito altamente significativo em nível de 1% de probabilidade, e para o Na^+ com significância em nível de 5% de probabilidade, enquanto que para a variável K^+ não houve efeito significativo em nível de até 5% de probabilidade. Já para o fator lâmina (L), somente a variável Ca^{+2} sofreu influência significativa em nível de 5%, enquanto que as demais variáveis não foram influenciadas significativamente.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância dos nutrientes lixiviados em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L), na época de observação (T₂).

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Ca	Mg	Na	K
H (dg.kg ⁻¹)	4	42,89**	12,23**	7,60*	1,12 ^{NS}
L (mm)	1	16,95*	1,24 ^{NS}	6,75 ^{NS}	2,74 ^{NS}
H x L	4	218,59**	80,33**	51,25**	7,84**
Resíduo	30	2,65	2,25	2,57	1,90
CV (%)		16,88	18,70	19,73	19,53

^(NS) Não significativo até 5%.

* e ** significativos a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F.

Ainda, nessa mesma época, na tabela 9 verifica-se também efeito altamente significativo da interação entre os fatores doses de hidratassolo (H) e lâminas de irrigação (L) sobre os nutrientes lixiviados. No entanto, considerando o desdobramento para se estudar o comportamento das dosagens de hidratassolo dentro de cada lâmina de irrigação verificou-se, através de análises de regressão, que os dados médios observados das variáveis em estudo não se ajustaram significativamente a nenhum modelo de regressão. Desta forma, com base nos diagramas de dispersão (Apêndices B e C) observou-se tendência crescente nas concentrações das variáveis cálcio, magnésio e potássio, e decrescente para as variáveis sódio, fixando-se a lâmina (L₁). Da mesma forma, fixando-se a lâmina de irrigação (L₂), os dados médios observados assumem tendência de decréscimo para as variáveis cálcio e magnésio, e de acréscimo para as variáveis sódio e potássio, em função da elevação dos níveis de hidratassolo.

4.1.1.3 Análises na terceira época de balanço hídrico

Também, com relação à fixação da terceira época de balanço hídrico (T₃), e com base nos dados apresentados na Tabela 10 observa-se que o fator (H) exerceu influência significativa sobre os nutrientes lixiviados, semelhante à influência apresentada nas épocas de observação já estudadas (T₁ e T₂), exceto para variável potássio a qual sofreu efeito não significativo nas duas primeiras épocas de observação mencionadas. Assim sendo, o fator dose de hidratassolo influenciou as variáveis Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ em nível de 1%, e o Na⁺ em nível de 5% de probabilidade.

Já para o fator lâmina, observa-se influência não significativa em até 5% de probabilidade para todas as variáveis medidas, com exceção da variável Mg⁺ a qual apresentou efeito altamente significativo em nível de 1% de probabilidade.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância dos nutrientes lixiviados em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L), na época de observação (T₃).

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Ca	Mg	Na	K
H (dg.kg ⁻¹)	4	2,35**	4,61**	3,28*	8,88**
L (mm)	1	0,01 ^{NS}	10,31**	0,40 ^{NS}	0,007 ^{NS}
H x L	4	23,95**	24,51**	5,82**	3,60*
Resíduo	30	0,47	0,79	1,34	1,07
CV (%)		18,26	18,51	14,79	14,27

^{NS} Não significativo até 5%.

* e ** significativos a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F.

No entanto, considerando à interação (H x L) observa-se que a variável potássio sofreu influência significativa em nível de 5% de probabilidade, sendo as demais variáveis influenciadas em nível de 1% de probabilidade, considerada altamente significativa. Desta forma, realizou-se o desdobramento para se estudar o comportamento das doses do polímero dentro dos níveis de lâminas de irrigação. No entanto, verificou-se que apenas os dados médios observados das variáveis Na⁺ e K⁺ se ajustaram à modelo linear de regressão, quando se fixou as respectivas lâminas (L₂) e (L₁).

Assim sendo, apresenta-se na Tabela 11 os modelos de regressão ajustados que expressam a influência significativa da variação de doses de hidratassolo, medido nos níveis de lâmina de irrigação (L), sobre a variação das características avaliadas, escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão e os respectivos coeficientes de determinação R².

Tabela 11 - Equações de regressão ajustadas aos dados médios dos nutrientes lixiviados sódio e potássio em função de doses crescentes de hidratassolo, medido nos níveis de lâminas de irrigação (L₁ e L₂), fixando-se a época de observação (T₃), com seus respectivos coeficientes de determinação (R²).

Variáveis	Equações de regressão ajustadas	R ²
Na (L ₂)	$\hat{Y} = 6,3491 + 0,20028^{**} X$	0,8961
K (L ₁)	$\hat{Y} = 5,9758 + 0,1608^{**} X$	0,8663

**significativos a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Para a variável sódio, observa-se que o valor estimado pela equação ajustada em função da maior dose de hidratassolo foi de 9,55 mmol_c.dm⁻³, proporcionando dessa forma incremento de 50,63% em relação ao valor estimado pelo tratamento testemunha de 6,34 mmol_c.dm⁻³ (Figura 13).

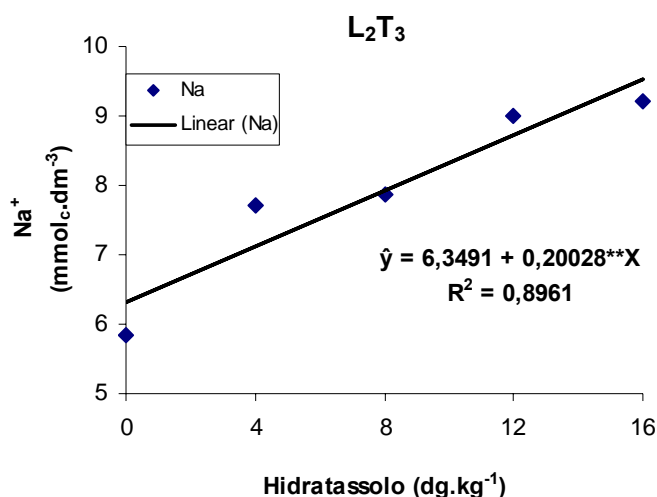


Figura 13 - Concentração de sódio (Na) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₂), na terceira época de observação (T₃).

Da mesma forma, fixando-se a lâmina (L₁) para a variável potássio verifica-se que houve aumento linear dos valores estimados pelo modelo na concentração desse nutriente em função das doses crescentes do polímero, proporcionando acréscimo de 43,04% quando se comparou o valor estimado da concentração do nutriente com a maior dose de 8,54 mmol_c.dm⁻³, e 5,97 mmol_c.dm⁻³ estimado com o tratamento testemunha (Figura 14).

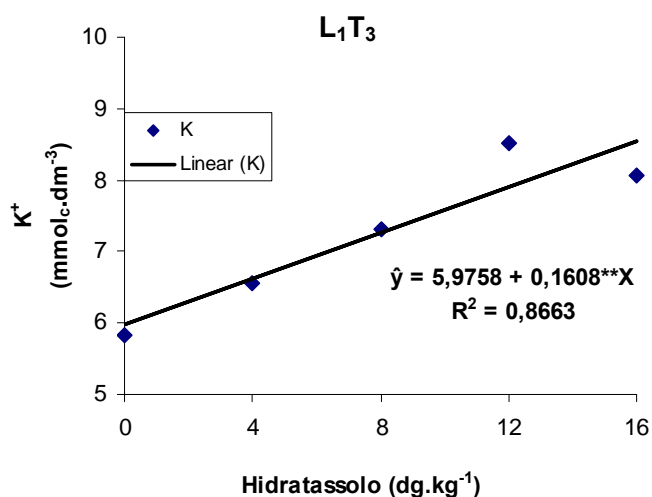


Figura 14 - Concentração de potássio (K⁺) em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₁), na terceira época de observação (T₃).

4.1.1.4 Análises ao longo do período de cultivo

De outro modo, considerando ainda o desdobramento decorrente do efeito significativo da interação (H x L x T) ao longo do tempo (período de cultivo), apresentado na Tabela 6, avaliou-se o comportamento das épocas de observação de balanço hídrico (T) dentro de cada lâmina de irrigação (L), fixando-se apenas o tratamento testemunha e o tratamento correspondente à dose máxima (H₄) (dois extremos), tendo em vista a resposta do fenômeno estudado através de modelo linear de regressão sobre influência da variação de doses de hidratassolo(H), conforme observado nos itens anteriores.

Desta forma, considerando as variáveis cálcio e magnésio e sua variação decrescente apontada pelos dados médios estimados pelo modelo linear, também se verifica a mesma variação decrescente para os dados médios observados das mesmas variáveis, fixando-se as lâminas de irrigação (L₁ e L₂) no decorrer do tempo, ou seja, por ocasião das épocas de observação (T₁, T₂, T₃). Na Figura 15 (a,b), verifica-se que houve redução da concentração das variáveis respostas no decorrer do tempo, tanto para o tratamento testemunha (H₀), como também para o tratamento que compõe a maior dose de hidratassolo (H₄), fixando-se a lâmina de irrigação (L₁). Ainda, na mesma figura, nota-se que os dados que expressam as maiores concentrações dos nutrientes lixiviados correspondem ao tratamento referente à maior dose do polímero estudada (H₄).

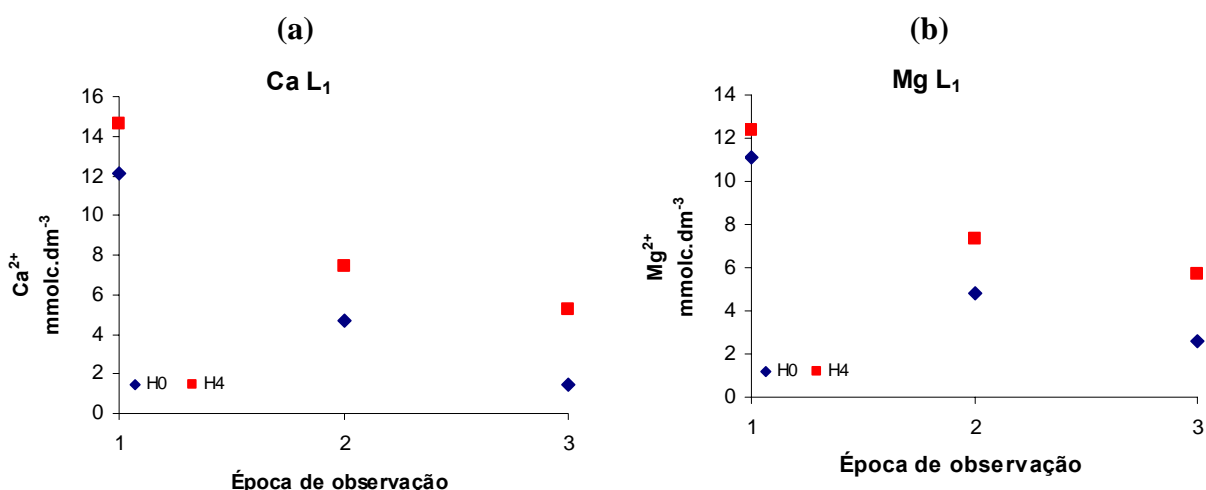


Figura 15 (a,b) - Dispersão dos dados médios observados dos nutrientes lixiviados Ca²⁺ e Mg²⁺, em função da variação das épocas de observação (T₁, T₂, T₃), fixando-se a lâmina de irrigação (L₁), o tratamento testemunha e a dose máxima (H₄), no período de cultivo.

No caso de se fixar a lâmina de irrigação (L_2), observa-se na Figura 16 (a,b) o comportamento semelhante exposto na figura anterior. De acordo com os dados médios observados, nota-se o decréscimo das concentrações dos nutrientes avaliados, no material de lixiviação drenado, por ocasião das épocas de observação. Entretanto, percebe-se ainda que as maiores perdas por lixiviação dos nutrientes estudados foram atribuídos aos dados médios observados obtidos pelo tratamento testemunha (H_0), em todas as épocas de observação.

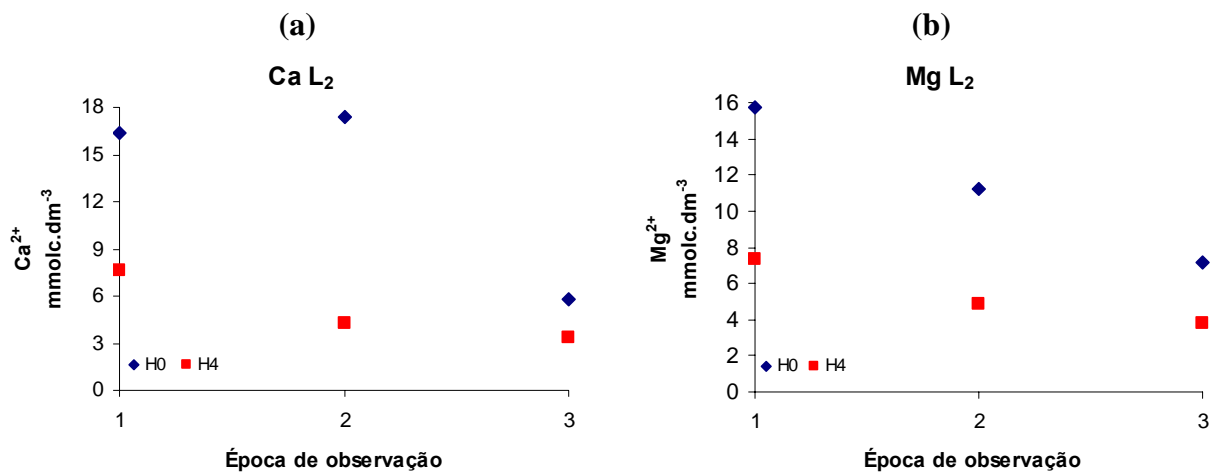


Figura 16 (a,b) - Dispersão dos dados médios observados dos nutrientes lixiviados Ca^{2+} e Mg^{2+} , em função da variação das épocas de observação (T_1 , T_2 , T_3), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2), o tratamento testemunha e a dose máxima (H_4), no período de cultivo.

De acordo com a Figura 17 b, o teor de sódio perdido por lixiviação observado nas épocas de balanço hídrico e correspondente a L_2 aumentou ao longo do tempo, sendo as maiores concentrações lixiviadas indicadas pelo tratamento correspondente a maior dose de hidratassolo (H_4), durante todo o período. Da mesma forma, fixando-se a lâmina de irrigação (L_1) é possível observar o aumento do teor de sódio perdido pelo processo de lixiviação, por ocasião das épocas de balanço hídrico (Figura 17 a). No entanto, nota-se ainda que ao longo do período de cultivo, as maiores perdas por lixiviação foram apontados pelos dados médios correspondentes ao tratamento testemunha, com a maior concentração do nutriente lixiviado atribuído ao tratamento H_0L_1 , observado na segunda época de observação (T_2).

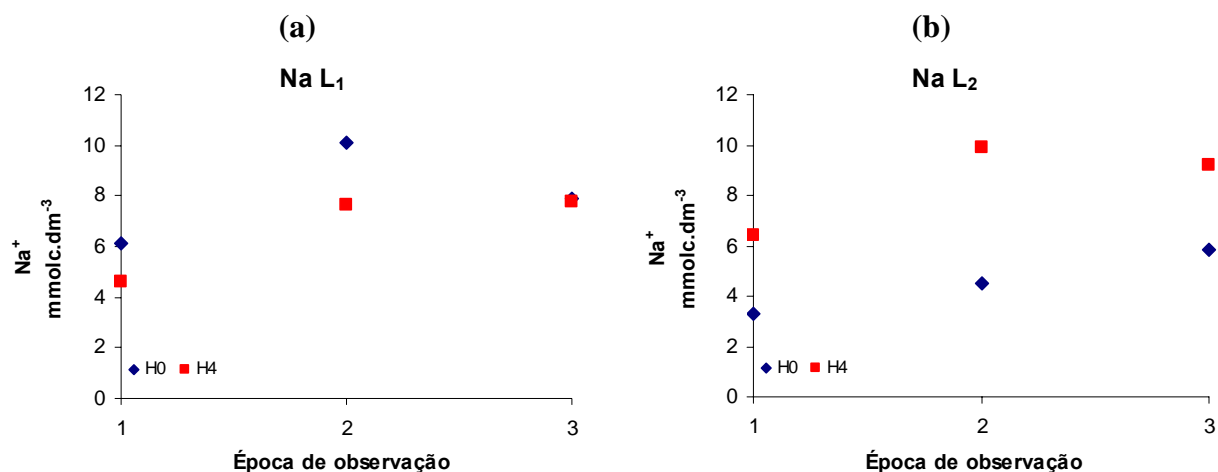


Figura 17 (a,b) - Dispersão dos dados médios observados do nutriente lixiviado Na^+ em função da variação das épocas de observação (T_1 , T_2 , T_3), fixando-se as lâminas de irrigação (L_1 e L_2), o tratamento testemunha e a dose máxima (H_4), no período de cultivo.

Com relação a variável potássio, na Figura 18 b nota-se que os dados médios referentes ao tratamento de maior dose do polímero (H_4) apresentaram um comportamento ascendente da concentração perdida deste nutriente pelo processo de lixiviação, no decorrer do tempo, superando os teores perdidos por lixiviação resultantes do tratamento testemunha, a partir do segundo balanço hídrico quando se fixou a lâmina (L_2).

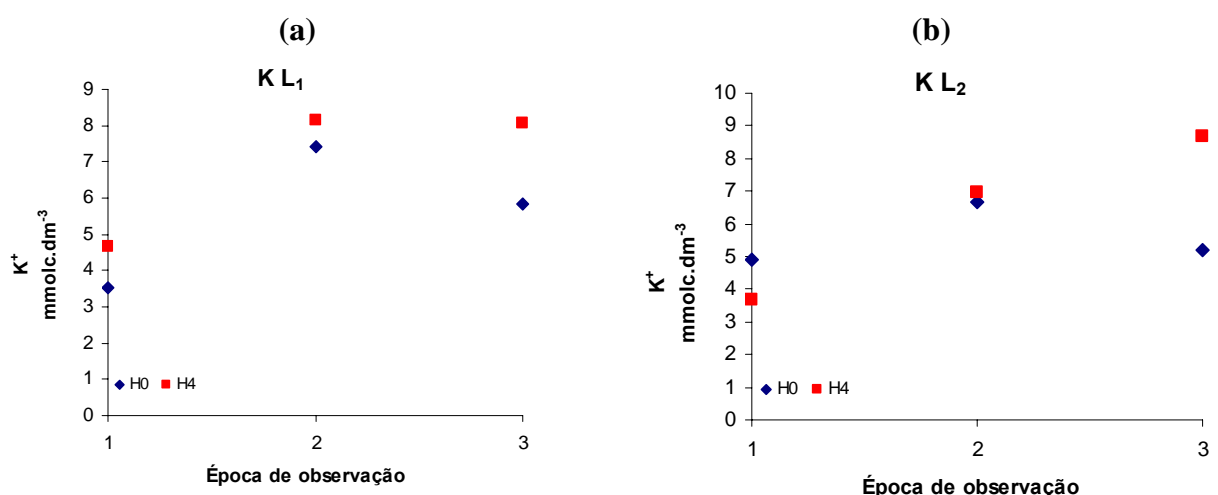


Figura 18 (a,b) - Dispersão dos dados médios observados do nutriente lixiviado K^+ em função da variação das épocas de observação (T_1 , T_2 , T_3), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1 e L_2), o tratamento testemunha e a dose máxima (H_4), no período de cultivo.

Da mesma forma, com relação à Figura 18 a, quando se fixou a lâmina de irrigação (L_1), foi possível observar que houve acréscimo do teor de potássio perdido por lixiviação em função do tempo. Assim, de acordo com a mesma figura, os maiores registros de perda por lixiviação deste nutriente foram indicadas pelo tratamento correspondente a maior dose de hidratassolo (H_4), ao longo do período de cultivo. Esse comportamento ascendente do teor K^+ perdido por lixiviação foi também apontado pelos dados médios estimados pelo modelo de regressão linear, por ocasião da terceira época de observação conforme (Figura 14).

4.1.2 Avaliação da condutividade elétrica (CE) e do pH

4.1.2.1 Análises em cada época de observação

Considerando que não houve influência dos tratamentos e, também, da interação entre os fatores estudados sobre a variável pH, (Tabelas 12, 13 e 14), optou-se avaliar sua variação através dos dados médios observados nos diagramas de dispersão (Apêndices B e C), constatando-se que houve elevação nos valores de pH de acordo com a variação crescente de hidratassolo dentro dos níveis de lâminas de irrigação, por ocasião das épocas de observação. No entanto, essa elevação também foi descrita por Vichiato et al. (2004), quando observou aumento dos valores de pH de 5,7 até 6,7 promovida pela adição do polímero no substrato estudado. Segundo o mesmo autor, essa elevação nos valores de pH pode ser devido a alteração da capacidade de troca de cátions (CTC) proporcionada pelo polímero hidroabsorvente utilizado e, possivelmente, pela maior retenção de cátions básicos. Ainda, com relação à CTC dos polímeros Morais, 2001 informa que é muito alta quando comparada à maioria dos tipos de solo.

Com relação à resposta da variável condutividade elétrica (CE), observa-se no quadro resumo da análise de variância exposto na (Tabela 12) o efeito altamente significativo, em nível de 1% de probabilidade, da interação entre os fatores doses de hidratassolo (H) e lâminas de irrigação (L). Desta forma, realizou-se o desdobramento da interação para se estudar o comportamento do fator doses de hidratassolo (H) dentro dos níveis de lâminas de irrigação (L), em cada época de balanço hídrico, através de análise de regressão simples.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância da variável condutividade elétrica (CE) e pH em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) na época de observação (T₁).

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Quadrados Médios	
		Condutividade Elétrica (CE)	pH
H (dg.kg ⁻¹)	4	0,15*	0,23 ^{NS}
L (mm)	1	1,15**	1,33 ^{NS}
H x L	4	0,36**	0,56 ^{NS}
Resíduo	30	0,065	0,81
CV (%)		11,14	15,02

^(NS) Não significativo até 5%.

* e ** significativos a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F.

Deste modo, verificou-se que os dados médios observados obtidos na primeira época de balanço (T₁), fixando a lâmina de irrigação (L₂) indicaram redução linear nos dados estimados da variável (CE), em função da variação crescente das doses de hidratassolo. Neste sentido, comparando-se os dados médios estimados pelo modelo referente à maior dose do polímero (H₄) de 1,91 dS.m⁻¹ com a dose estimada pelo tratamento testemunha (H₀), de 2,33 dS.m⁻¹, observa-se um decréscimo de 18,02% na concentração total de sais no material de lixiviação drenado (Figura 19).

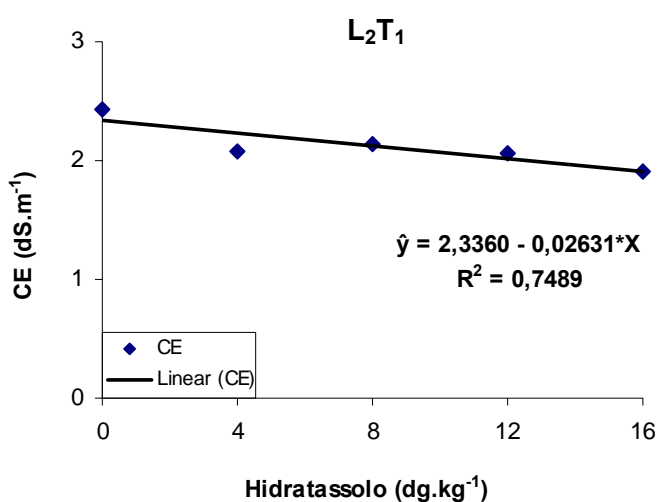


Figura 19 - Condutividade elétrica CE em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₂), na primeira época de observação (T₁).

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 13), referente à segunda época de balanço hídrico (T_2), para variável condutividade elétrica (CE) observa-se a influência da interação entre os fatores (H x L) altamente significativa em nível de 1% de probabilidade, e não significativa para o pH. Por outro lado, verificou-se que os fatores doses de hidratassolo (H) e lâminas de irrigação (L), não influenciaram significativamente a variável CE, em nível de até 5% de probabilidade. No entanto, para variável pH observou-se efeito significativo do fator lâmina de irrigação em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância da variável condutividade elétrica (CE) e pH em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L), na época de observação (T_2).

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Quadrados Médios	
		Condutividade Elétrica (CE)	pH
H (dg.kg ⁻¹)	4	0,047 ^{NS}	0,099 ^{NS}
L (mm)	1	0,0040 ^{NS}	0,50 *
H x L	4	0,30**	00,14 ^{NS}
Resíduo	30	0,067	0,10
CV (%)		11,79	4,87

^(NS) Não significativo até 5%.

* e ** significativos a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F.

Ainda nesta época, de modo similar a primeira época, também é possível notar o decréscimo linear indicado pelo modelo da variável CE em decorrência do aumento das doses de hidratassolo. No entanto, observa-se que o tratamento H₄L₂ conferiu a menor concentração total de sais, alcançando valor estimado pelo modelo de 2,02 dS.m⁻¹, o que representa um decréscimo de 14,04%, quando comparado ao valor médio estimado pelo tratamento testemunha (H₀L₂), fixando-se a lâmina (L₂), de 2,35 dS.m⁻¹ (Figura 20).

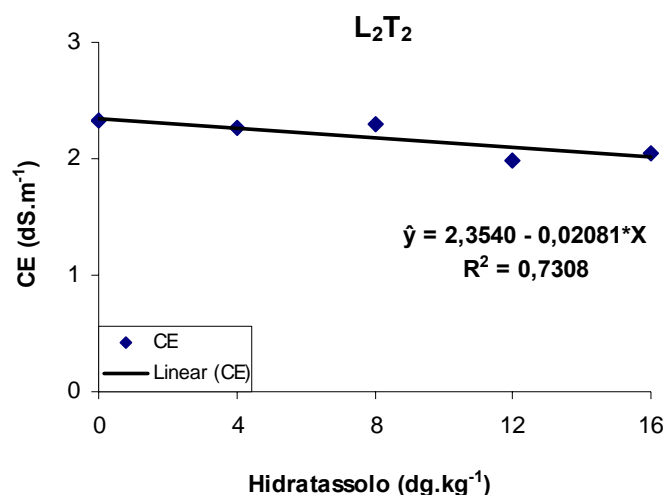


Figura 20 - Condutividade elétrica CE em função da variação crescente de doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₂), na segunda época de observação (T₂).

A variação decrescente observada na concentração total de sais presentes no material de lixiviação drenado é semelhante à variação dos dados médios ajustados, para as variáveis Ca, Mg, e K já mencionadas. Entretanto, essa variação indicada pelo modelo de regressão diverge do comportamento apresentado por Sita et al. (2005), onde os autores observaram aumento da condutividade elétrica, no substrato estudado, diretamente proporcional às doses do polímero hidroabsorvente utilizado.

Com relação a terceira e última época de observação do período de cultivo, observa-se no quadro resumo de análise de variância (Tabela 14) o efeito não significativo dos fatores lâmina de irrigação(L) e doses de hidratassolo (H), analisados isoladamente, sobre as variáveis CE e pH em nível de até 5% de probabilidade. Ainda, na mesma tabela, nota-se a interação significativa entre os fatores (H x L), em nível de 5% de probabilidade, sobre a influência nas variáveis respostas CE e pH. No entanto, em decorrência do desdobramento, observou-se que não houve modelo significativo que representasse o fenômeno em estudo quando se fixou os níveis das lâminas de irrigação. Assim sendo, apresentou-se os diagramas de dispersão dos dados médios observados dessas variáveis estudadas, conforme Apêndices B e C.

Tabela 14 - Resumo da análise de variância da variável condutividade elétrica (CE) e pH em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L), na época de observação (T₃).

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Quadrados Médios	
		Condutividade Elétrica (CE)	pH
H (dg.kg ⁻¹)	4	0,058 ^{NS}	0,073 ^{NS}
L (mm)	1	0,046 ^{NS}	0,081 ^{NS}
H x L	4	0,32*	0,19*
Resíduo	30	0,082	0,070
CV (%)		17,32	3,83

^(NS) Não significativo até 5%.

* e ** significativos a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F.

É importante salientar que as análises de regressão decorrentes do desdobramento da interação (H x L), para a variável condutividade elétrica (CE), foram realizadas fixando-se os níveis de lâmina de irrigação (L₁ e L₂), em todas as épocas de balanço hídrico. Porém, com base nas análises observou-se que os dados médios para a variável estudada se ajustaram ao modelo linear de regressão, nas épocas de balanço hídrico T₁ e T₂ somente quando se fixou a lâmina de irrigação (L₂), sendo a variação dos demais dados analisados através do diagrama de dispersão para cada lâmina de irrigação (L₁ e L₂), por ocasião das épocas de observação (Apêndices B e C).

4.1.2.2 Análises ao longo do período de cultivo

De forma semelhante às análises dos nutrientes lixiviados, as análises da variável pH ao longo do tempo, ou seja, por ocasião dos balanços hídricos realizados no período de cultivo, tiveram como base os diagramas de dispersão dos dados médios observados, apresentados na Figura 21 (a,b) quando se fixou o tratamento testemunha e o tratamento correspondente a dose máxima.

Assim, de acordo com a mesma figura, nota-se que os dados médios observados da variável pH, indicam elevação nos seus valores ao longo do tempo, fixando-se os dois níveis de lâminas de irrigação (L₁ e L₂). No entanto, com relação a lâmina de irrigação L₁ percebe-se que os maiores valores de pH são provenientes do tratamento testemunha ao longo do período de cultivo, atingindo valor máximo correspondente ao terceiro balanço hídrico de 6,92.

Por outro lado, considerando a Figura 21 b, fixando-se a lâmina de irrigação L₂ observa-se que os maiores valores de pH foram atribuídos ao tratamento correspondente a maior dose de hidratassolo e, também, verifica-se sua elevação ao longo das épocas de

observação. Assim, supõe-se que esse comportamento deve ser decorrente da elevação da CTC do solo proporcionada pelo polímero, possivelmente devido a maior retenção de cátions, mencionada anteriormente. Outro indicativo da elevação da CTC e do pH deve ser explicado pela variação decrescente apontada pelo modelo de regressão linear para as variáveis Ca, Mg e K, no material de lixiviação drenado, evidenciando suposta absorção destes minerais pelo hidratassolo.

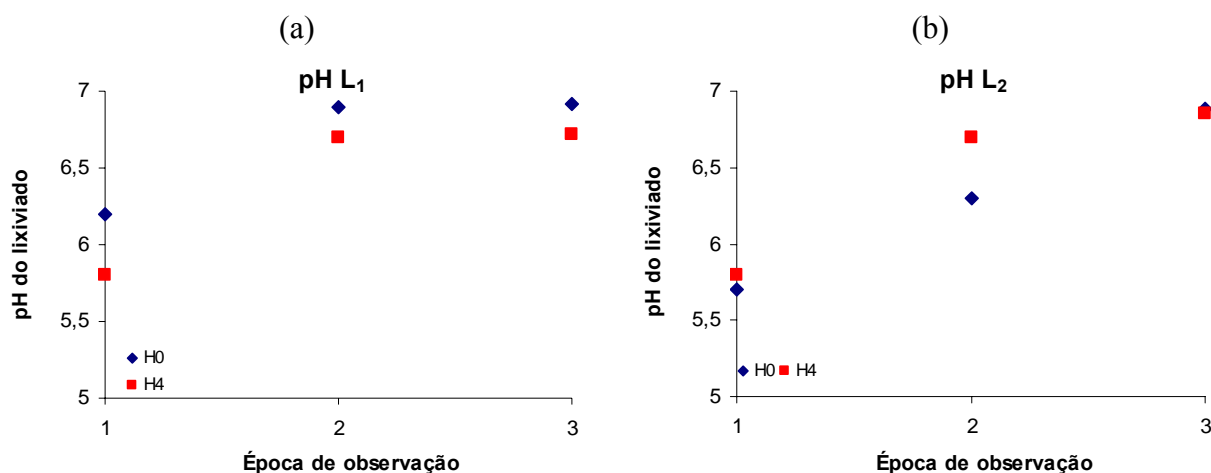


Figura 21 (a,b) - Dispersão dos dados médios observados do pH, por ocasião das épocas de observação (T_1 , T_2 , T_3), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1 e L_2), o tratamento testemunha e a dose máxima (H_4), no período de cultivo.

Por outro lado, o efeito dos tratamentos sobre a condutividade elétrica ao longo do tempo, pode ser observado na Figura 22 (a,b). De acordo com essa figura, quando se fixou a lâmina (L_1) observa-se que a concentração total de sais contidos no material de lixiviação drenado decresceu por ocasião das épocas de observação. No entanto, nota-se ainda que os dados médios resultantes do tratamento de maior dose de hidratassolo (H_4) expressaram os maiores índices da presença de íons contidos no material de lixiviação drenado, quando comparado aos dados médios observados atribuídos ao tratamento testemunha.

De forma análoga, fixando-se a lâmina de irrigação (L_2) observa-se o comportamento similar apresentado pela concentração total de sais quando se fixou a lâmina de irrigação (L_1). No entanto, com base na Figura 22 b percebe-se que a concentração total de sais presentes no material de lixiviação drenado, também decresceu por ocasião das épocas de observação, principalmente nas épocas de balanço hídrico (T_1 e T_2), correspondendo à variação indicada pelo modelo de regressão linear. Ainda, com relação a lâmina de irrigação (L_2), verifica-se

que as maiores perdas por lixiviação dos nutrientes avaliados corresponderam aos dados médios observados indicados pelo tratamento testemunha.

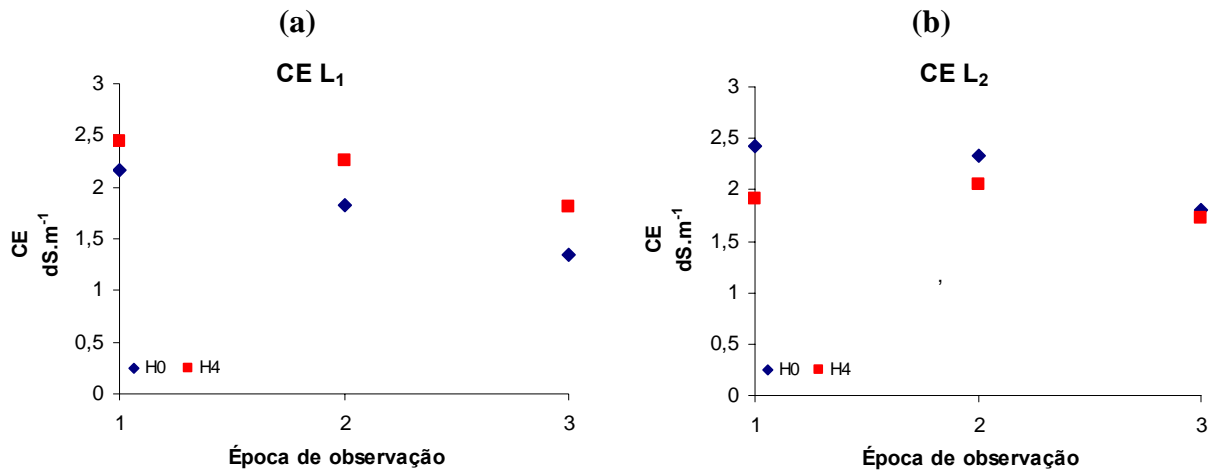


Figura 22 (a,b) - Dispersão dos dados médios observados da condutividade elétrica CE, por ocasião das épocas de observação (T₁, T₂, T₃), fixando-se a lâmina de irrigação (L₁ e L₂), o tratamento testemunha e a dose máxima (H₄), no período de cultivo.

5. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, na pesquisa realizada na cultura do coentro irrigado na área experimental, construída no campus do DTR-UFRPE, para o período em que o estudo foi realizado permitiram as seguintes conclusões:

1. As concentrações dos nutrientes divalentes cálcio e magnésio reduziram linearmente com a elevação de doses de hidratassolo, quando se fixou a maior lâmina de irrigação, por outro lado, houve aumento da concentração desses nutrientes quando se fixou a menor lâmina, em função da variação crescente de hidratassolo.
2. O efeito dos tratamentos ao longo do tempo reduziu a concentração de cálcio e magnésio no material de lixiviação drenado para os dois níveis de lâminas estudadas, dentro dos níveis de hidratassolo.
3. A influência da variação crescente dos níveis de hidratassolo reduziu a concentração de sódio e elevou linearmente a concentração de potássio no material lixiviado, com a utilização da menor lâmina de irrigação. No entanto, o emprego da maior lâmina aumentou linearmente a concentração de sódio nas épocas de observação, reduziu a linearmente concentração de potássio na primeira época e elevou sua concentração na segunda e terceira época.
4. A influência dos tratamentos ao longo do tempo elevou o teor dos nutrientes de sódio e potássio no material de lixiviação drenado para os dois níveis de lâminas estudadas, dentro dos níveis de hidratassolo.
5. A concentração total de sais se elevou com a utilização da menor lâmina de irrigação e reduziu linearmente com o emprego da maior lâmina sob efeito da elevação dos níveis de hidratassolo. Também, houve redução da concentração total de sais ao longo do tempo nos níveis de lâmina de irrigação, dentro dos níveis de hidratassolo estudados.
6. Os níveis crescentes de hidratassolo reduziram os valores de pH com emprego da menor lâmina de irrigação e aumentaram os seus valores com a utilização da maior lâmina. Para os dois níveis de lâminas de irrigação estudados houve elevação dos valores de pH ao longo do tempo, dentro dos níveis de hidratassolo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. **Lysimeters**. Rome. FAO. 1982. 68p. (Irrigation e Drainage, paper: 39).

AGUIAR, M.I.; LOURENÇO, I. P.; OLIVEIRA T. S. LACERDA, N. B. Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo Acinzentado cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.811-819, 2006.

ALBUQUERQUE FILHO, J.A.C. **Eficiência do uso da água no cultivo do coentro e da salsa na presença de um polímero hidroabsorvente**. 2006. 125f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ALVAREZ, V. V. H.; ALVAREZ, G.A.M. Apresentação de equações de regressão e suas interpretações. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.28-32, 2003.

ALVES JUNIOR, J.; SILVA, T. J. A. ; SILVA, C. R. ; ATARASSI, R. T. ; FOLEGATTI, M. V. Padronização da técnica de lisimetria na determinação do consumo de água pelas plantas. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2004, Porto Alegre. **Anais**, 2004.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Water Quality in Agriculture. **FAO Irrigation and Drainage**. FAO, Roma, 1987. 29p.

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.

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

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

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6.ed. Viçosa, UFV: Imp. Univ., 1995. 657 p.

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 da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional da Irrigação. Departamento de Meteorologia. **Normas Climatológicas 1961-1990**. Brasília-DF: EMBRAPA, 1992. 84p.

CALHEIROS, R. de O.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; PIRES, R. C. de M.; BORTOLETO, N. Efeito de condicionador hídrico nas características físico-hídricas do solo, no estabelecimento de mudas de café e na relação solo-água-plantas. In: Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras, 25., 2001, Uberaba-MG. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MA/PROCAFE, 2001. p. 398-401.

CIENTEC. Qualidade da água para irrigação. Viçosa: 2006. disponível em: <http://www.cientec.net/cientec/InformacoesTecnicas_Irriga/Irigacao_QualidadedaAgua.asp>. Acesso em: 26 jan. 2007.

COELHO, J. B M. **Aplicação de doses de polímeros de hidratação sobre a capacidade de retenção de água de solos e desenvolvimento da beterraba, em condições salinas**. Dissertação (mestrado em ciência do solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2004. 70 p.

COSTA, S.N.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; RAMOS, V.B.N. Mobilidade do nitrato em colunas de solo sob condições de escoamento não permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande- PB, v.3, n.2, p.190-194. 1999.

COTTHEM, W. V. Terracottem no combate à poluição ou contaminação do solo. **Universidade de Ghent**. Bélgica, 1998.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p.

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**. 2005. 93 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: 1997. 212 p. IL. (EMBRAPA – CNPS. **Documentos**, 1).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases (FAOSTAT)**, FAOSTAT Agriculture Data, 2005. Obtido via base de dados FAOSTAT. 1960-1999. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 5 nov. 2006.

FARIA, R. T.; CAMPECHE, L. F. S. M.; CHIBANA, E. Y.; MARUR, C. J. Construção e teste de lisímetros de alta precisão. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 23., 2003, Rio Grande do Sul. **Anais...** Rio Grande do Sul: 1 CD.

FERREIRA, P. A. **Qualidade de Água e Manejo de Água-Planta em Solos Salinos**. 03. ed. Brasília: ABEAS, 1997. v. 10. 88 p.

FERREIRA, R. de S.; VALLONE, H. S.; GUIMARÃES, R. J.; MELO, L. Q. de; CARVALHO, J. de A. Efeito e poliacrilato superabsorvente no desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em casa de vegetação sob diferentes níveis de déficit hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambú, MG. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MA/PROCAFE. 2002. p. 202-204.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

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

FRANCO, R. A. M.; VANZELA L. S., HERNANDEZ, F. B. T. Avaliação biológica da qualidade da água para irrigação do córrego Três Barras, Marinópolis, SP. **CONIRD 2006 – XVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem – Goiânia – 25 a 30/07/2006**.

GERVÁSIO, E. S. **Efeito de lamina de irrigação e doses de condicionadores, associados a diferentes tamanhos de tubetes, na produção de mudas de cafeeiro**. 2003. 105 p. tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade do Estado do São Paulo, Piracicaba.

HAAG, H. P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral em hortaliças**. 2ª ed., Campinas: Fundação Cargil, 1998. p. 28-29.

HARROLD, L. L. Measuring evapotranspiration by lysimetry. In: **Symposium on evapotranspiration and its role in water resources management**. Chicago: ASAE, 1966, p. 28-33.

JOHNSON, M. S. The effect of gel-forming poliacrylamides on moisture storage in sandy soils. **Journal Science Food Agriculture**, London, v.35, p. 1196-1200, 1984.

KONRAD, M. **Efeito (*Malpighia* spp) na região da Nova Alta Paulista**. Ilha Solteira, Faculdade de Engenharia, 2002. 119p. (Mestrado em Sistema de Produção – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP).

LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26. Campina Grande. **Manejo e Controle da Salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. Cap.4, p.113-136.

LIMA, V. L. A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 87p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E.; ANGHINONI, I.; GENRO JÚNIOR, S. A.; VAZZANI, F. M. **Salinidade na cultura do arroz no Rio Grande do Sul**. IRGA: Divisão de Pesquisa. p 4-5, 2005.

MANCHETE RURAL. **Hidrogel induz crescimento das plantas**. Rio de Janeiro, v. 11, n 7, p. 75-77, 1998.

MARTIN, E.C., LOUDON, T. L., RITCHIE, J. T., WERNER, A. Use of drainage lysimeters to evaluate nitrogen and irrigation management strategies to minimize nitrate leaching in maize production. **Trans. of the ASAE**, 1994. v. 37, n. 1, p. 79-83.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT”, nos Estados do RN, PB e CE**. Campina Grande: UFPB, 1992. 137p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba-PB.

MEDEIROS, J. F.; MEDEIROS D. S.; PORTO FILHO, F. Q.; NOGUEIRA, I.C.C. Efeitos da qualidade e quantidade da água de irrigação sobre o coentro cultivado em substrato inicialmente salino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.2, p.22-26, 1998.

MIKKELSEN, R. L.; BEHEL, A. D.; WILLIAMS, H. M. Using hydrophilic polymers to improve uptake of manganese fertilizers by soybeans. **Fertizer Research**, v.41, p.87-92, 1995.

MORAIS, O. **Efeito do uso de polímero hidrorretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2001. 73 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2001.

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

NISSEN, M. J. Uso de hidrorretentores em la producción de frambuesas (*Rubus idaeus*) del sur de Chile. **Agro- Sur**, Valdivia, v. 22, n. 2, p. 160-165, 1994.

OLIVEIRA, A. R.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, A. M.; 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.

PEDROSA, J. F.; NEGREIROS, M. Z. de; NOGUEIRA, I. C. C. Aspectos gerais da cultura do coentro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 120, 1984. p. 75-80.

PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N. A. O parâmetro de Priestley-Taylor para estimativa da evapotranspiração de referência na escala mensal. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, p. 83-87, 1997.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. 2. ed. Madrid: Agricola Espanola, 1985. 521p.

REICHARDT, K. Irrigação. In: **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. p.139-55.

RICHARDS, L. A. Agriculture Handbook 60, U.S. Dep. **Of Agriculture, New York**, 1954, p. 28.

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

SAEG – **Sistema para análises estatísticas**, versão 9.0. Viçosa-MG: Fundação Arthur Bernardes, 2005.

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.12-16, 2002.

SANTOS, E. A.; **Sistema Fotossíntese de Manejo da Água na Agricultura Irrigada (Portuguese Version)**, 2006. Disponível em: < www.fotossintese.net >. Acesso em 25 jan. 2006.

SEDIYAMA, G. C. Necessidade de água para os cultivos. Brasília: **ABEAS**, 1987. 143 p. (módulo 4).

SEYBOLD, C. A. Polyacrylamide review: soil conditioning and environmental fate. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. V.25, n.11/12, p. 2171-2185. 1994.

SITA, R. C. M. **Influência das formas de adubação nitrogenada e potássica na ação de polímero hidrorretentor sobre o crescimento de crisântemo *Dendranthema grandiflorum* Varietade “virginal”**. Dissertação UFPR, Curitiba, 2002.

SITA, R. C. M.; Reissmann, C. B.; Marques, R.; Oliveira, E.; Taffarel, A. D.; Effect of Polymers Associated with N and K Fertilizer Sources on *Dendranthema grandiflorum* Growth and K, Ca and Mg Relations. **Brazilian archives of biology and technology**. v.48, n. 3, p. 335-342, 2005.

SHAINBERG, I.; LEVY, G. J. Organic polymers and soil sealing in cultivated soils. **Soil Science.**, Baltimore, v. 158, n. 4, p. 267-273, 1994.

SHAKHASHIRI, B.Z. Chemical demonstrations: A handbook for teachers of chemistry. Madison: **University of Wisconsin Press**, 1985. v. 3, p. 368.

SOJKA, R. E.; LENTZ R. D. A brief history of PAM and PAM-related issues. In: PROCEEDINGS: Managing irrigation-induced erosion and infiltration with polyacrylamide. **College of Southern Idaho**, Twin Falls, p. 6-8, 1996.

STOCKHAUSEN, HÜLS. **Informações técnicas**. Stocksorb. Reunión técnica. Santiago de Chile, 1995.

TAYLOR, K.C.; HALFACRE, R.G. The effect of hydrophylic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. **Horticulture Science**, v.21, n.5, p.1159-1161, 1986.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 23, n.3, p. , 2001

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. **Boletim Técnico**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, n.5, 2 ed. rev. ampl. 1995. 174 p.

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

TERRACOTTEM. **Guia Técnico**, 1.0. s. l., 25p. 1999.

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**, Lisboa, v. XX, n. 4, p.13-27, 1997.

VICHIATO, M.; VICHIATO, M. R. M.; SILVA, C. R. R. Crescimento e composição mineral do porta-enxerto tangerina Cleópatra cultivado em substrato acrescido de polímero hidrorretentor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 748-756, 2004.

WOODHOUSE, J.; JOHNSON, M. S. Effect of superabsorbent polymers on survival and growth of crop seedlings. **Agriculture Water Management**. v. 20, p. 63-70, 1991.

WANG Y. T.; GREGG, L. L. Hydrophilic polymers - Their response to soil amendments and effect on properties of soilless potting mix. **Journal of the American Society for Horticulture Science**. v. 115, n. 6, p. 943-948, 1990.

APÊNDICE

APÊNDICE A: Médias dos tratamentos para o primeiro plantio

Tabela 1A - Dados médios observados das variáveis respostas em função das doses de hidratassolo (H) e os níveis de lâmina de irrigação (L) na época de observação (T₁), no período de cultivo do coentro.

Tratamentos		Dados Médios Observados						
H	L	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	VAD
0	1	6,2	2,17	12,13	11,14	6,13	3,53	38,35
0	2	5,7	2,43	16,33	15,73	3,28	4,90	33,14
4	1	6,4	2,25	11,72	10,95	5,77	4,80	39,54
4	2	6,2	2,07	14,45	12,21	4,39	4,40	27,21
8	1	6,6	2,50	8,58	8,04	8,07	4,90	28,36
8	2	5,4	2,14	11,61	10,66	4,89	3,84	27,11
12	1	5,9	2,94	21,21	14,96	3,72	4,68	32,90
12	2	6,1	2,06	11,16	9,99	6,60	3,32	38,77
16	1	5,8	2,45	14,64	12,39	4,63	4,65	31,94
16	2	5,8	1,91	7,66	7,32	6,39	3,66	37,46

Tabela 2A - Dados médios observados das variáveis respostas em função das doses de hidratassolo (H) e os níveis de lâmina de irrigação (L) na época de observação (T₂), no período de cultivo do coentro.

Tratamentos		Dados Médios Observados						
H	L	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	VAD
0	1	6,9	1,83	4,72	4,78	10,08	7,41	26,97
0	2	6,3	2,33	17,42	11,23	4,48	6,67	30,57
4	1	7,0	2,18	11,41	9,19	6,90	5,90	20,92
4	2	6,8	2,26	6,88	6,97	8,18	8,55	26,50
8	1	7,0	2,21	5,69	5,81	12,89	8,27	26,79
8	2	6,6	2,29	17,66	11,22	6,14	5,47	27,68
12	1	6,8	2,54	15,76	13,92	5,14	6,84	22,98
12	2	6,8	1,99	5,23	5,01	9,86	6,27	28,66
16	1	6,7	2,26	7,42	7,32	7,66	8,13	21,52
16	2	6,7	2,05	4,31	4,83	9,90	6,98	32,06

Tabela 3A - Dados médios observados das variáveis respostas em função das doses de hidratassolo (H) e os níveis de lâmina de irrigação (L) na época de observação (T_3), no período de cultivo do coentro.

Tratamentos		Dados Médios Observados						
H	L	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	VAD
0	1	6,92	1,34	1,49	2,61	7,89	5,83	27,03
0	2	6,88	1,80	5,81	7,16	5,85	5,21	27,38
4	1	7,08	1,69	2,89	7,74	7,61	6,55	25,87
4	2	6,85	1,53	3,89	3,96	7,70	7,93	27,41
8	1	7,20	1,55	2,55	3,71	8,70	7,32	22,72
8	2	6,65	1,66	3,76	3,70	7,87	7,87	26,08
12	1	6,92	2,06	6,78	6,86	6,75	8,52	19,29
12	2	7,18	1,41	1,98	2,89	9,00	6,46	28,98
16	1	6,72	1,81	5,26	5,69	7,78	8,06	29,03
16	2	6,85	1,72	3,32	3,84	9,20	8,69	30,91

APÊNDICE B: Diagramas de dispersão dos dados observados das variáveis medidas no período de cultivo fixando-se a lâmina de irrigação (L_1)

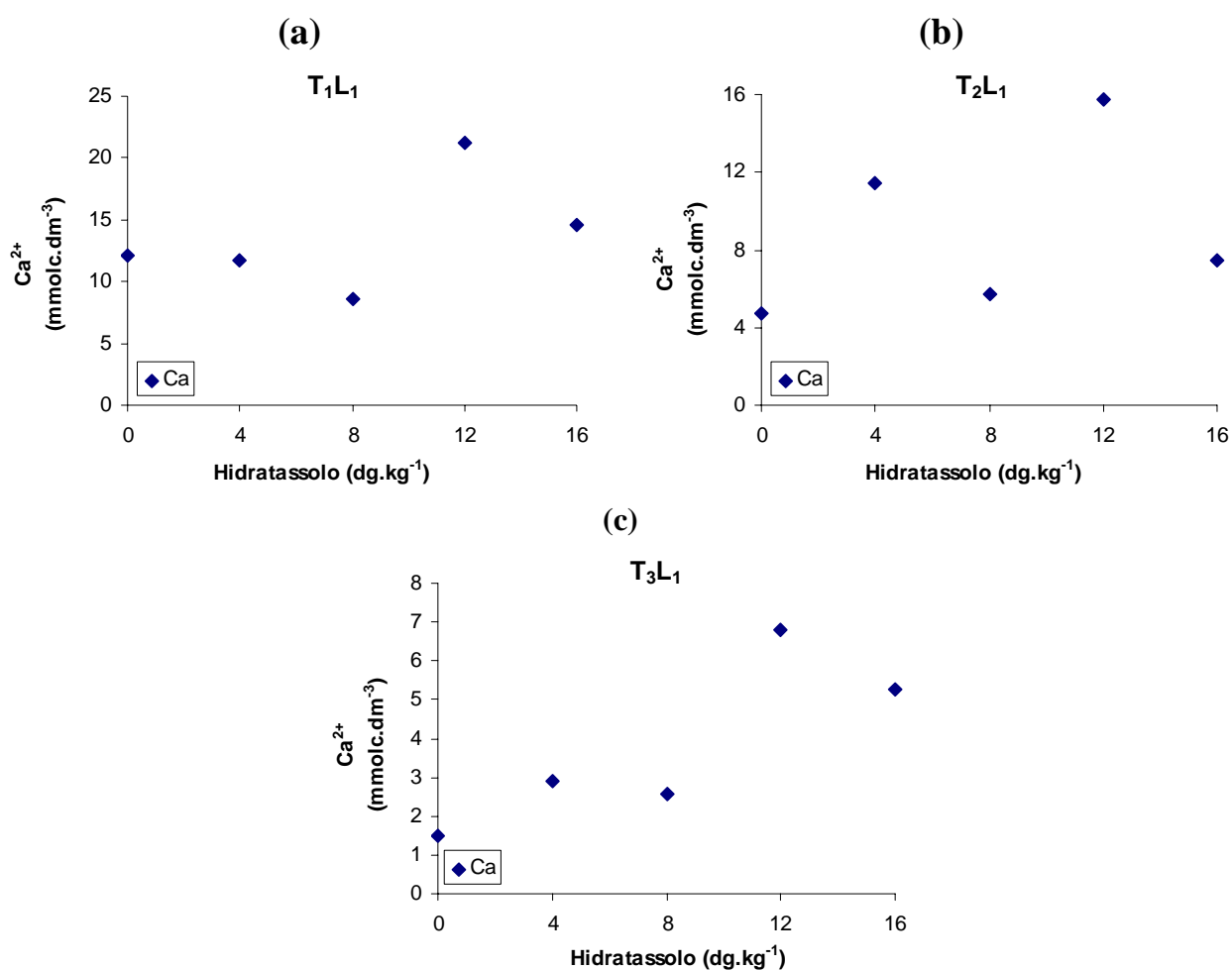


Figura 1B (a,b,c): Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Ca nas épocas de balanço hídrico (T_1 , T_2 , T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1).

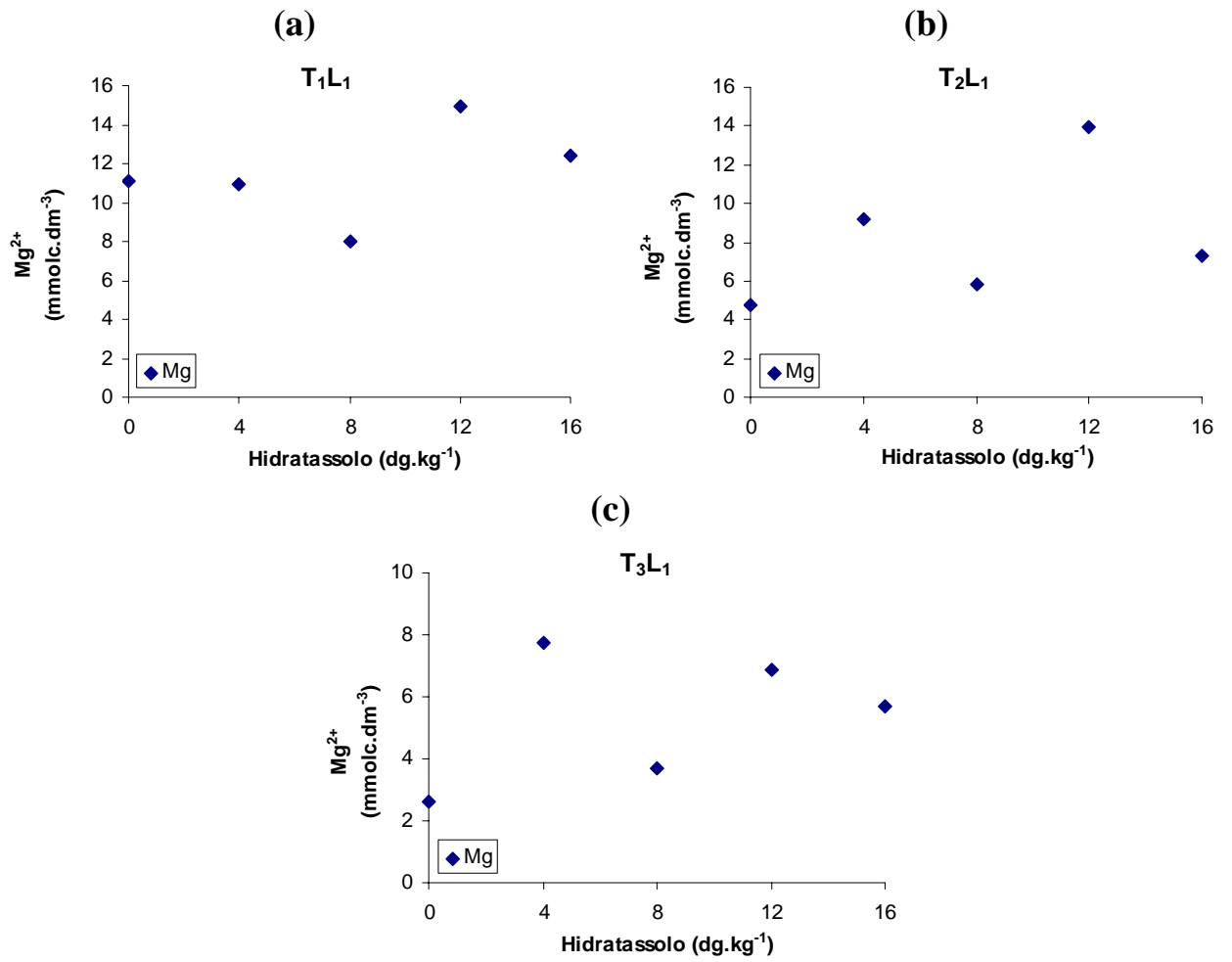


Figura 2B (a,b,c): Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Mg nas épocas de balanço hídrico (T_1 , T_2 , T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_1).

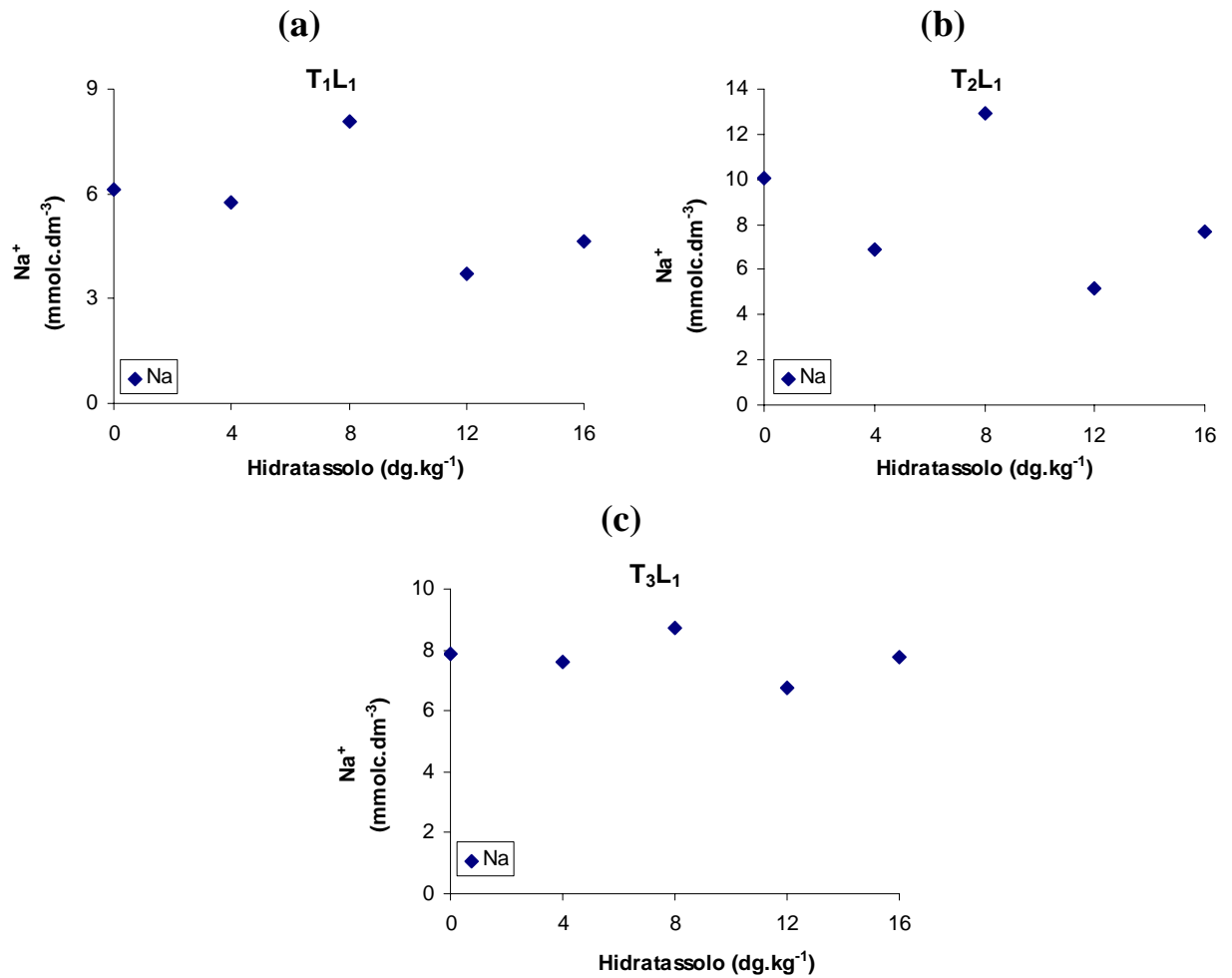


Figura 3B (a,b,c): Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Na nas épocas de balanço hídrico (T₁, T₂, T₃), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₁).

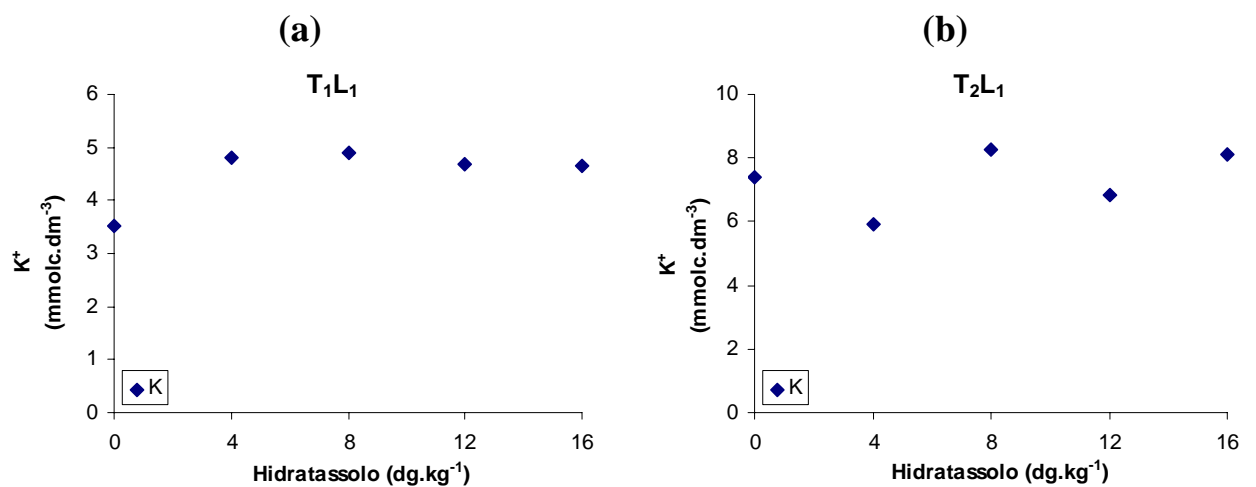


Figura 4B (a,b): Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável K nas épocas de balanço hídrico (T₁, T₂), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₁).

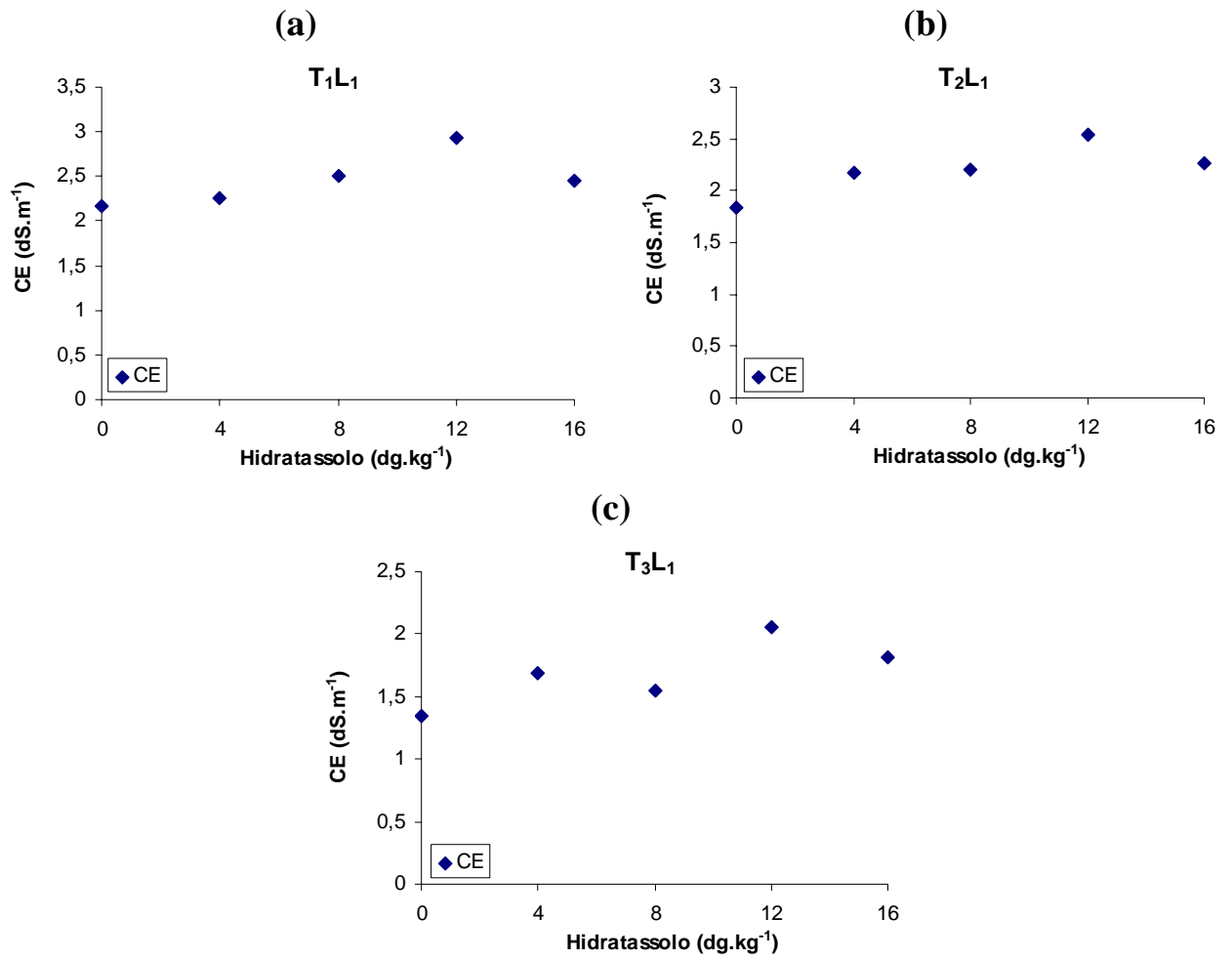


Figura 5B (a,b,c): Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável condutividade elétrica (CE) nas épocas de balanço hídrico (T₁, T₂ e T₃), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₁).

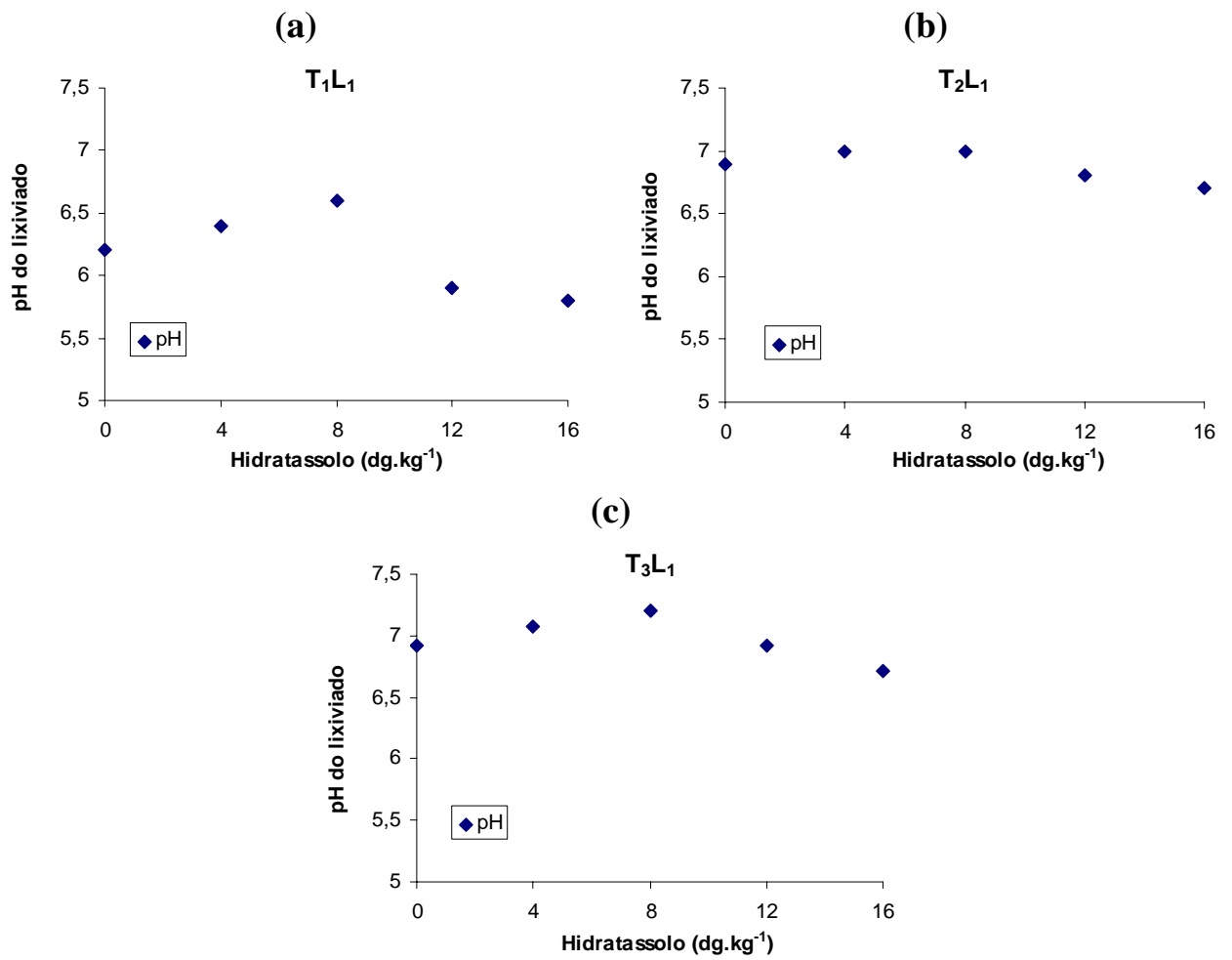


Figura 6B (a,b,c): Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável pH nas épocas de balanço hídrico (T₁, T₂ e T₃), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₁).

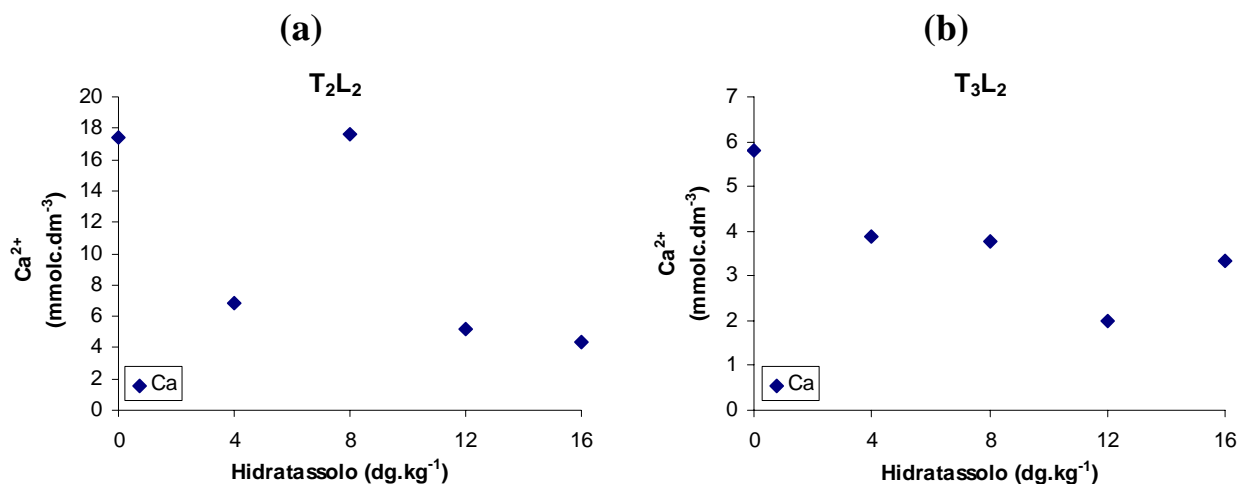
APÊNDICE C: Diagramas de dispersão dos dados observados das variáveis medidas no período de cultivo fixando-se a lâmina de irrigação (L_2)

Figura 1C (a;b): Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Ca nas épocas de balanço hídrico (T_2 , T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2).

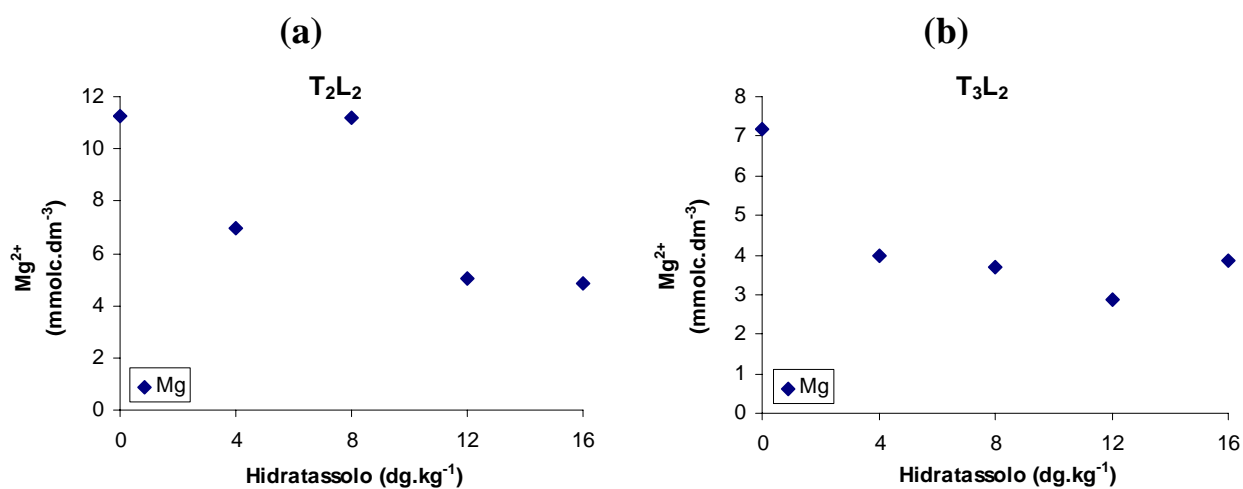


Figura 2C (a;b): Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Mg nas épocas de balanço hídrico (T_2 , T_3), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L_2).

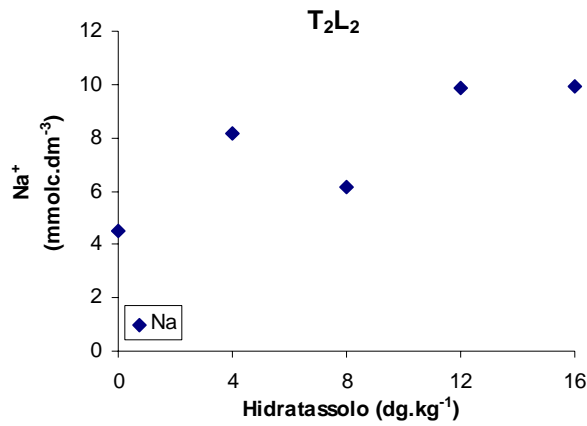


Figura 3C: Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável Na na época de balanço hídrico (T₂), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₂).

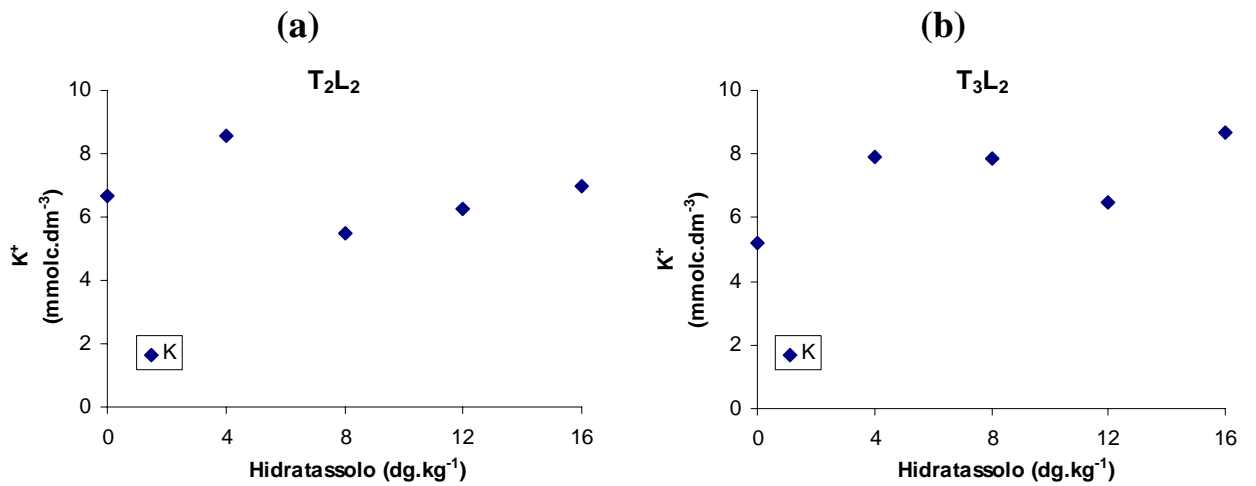


Figura 4C (a,b): Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável K nas épocas de balanço hídrico (T₂, T₃), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₂).

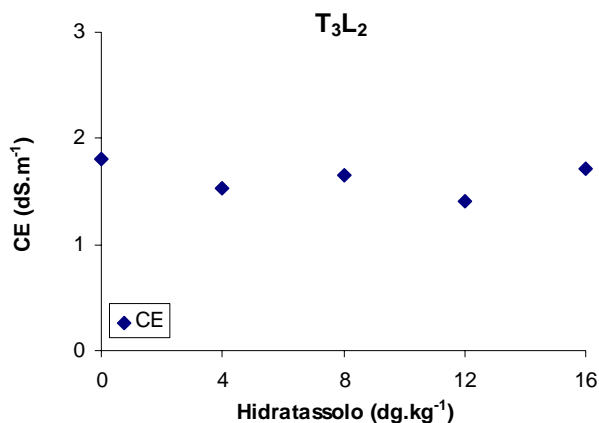


Figura 5C: Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável condutividade elétrica (CE) na época de balanço hídrico (T₃), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₂).

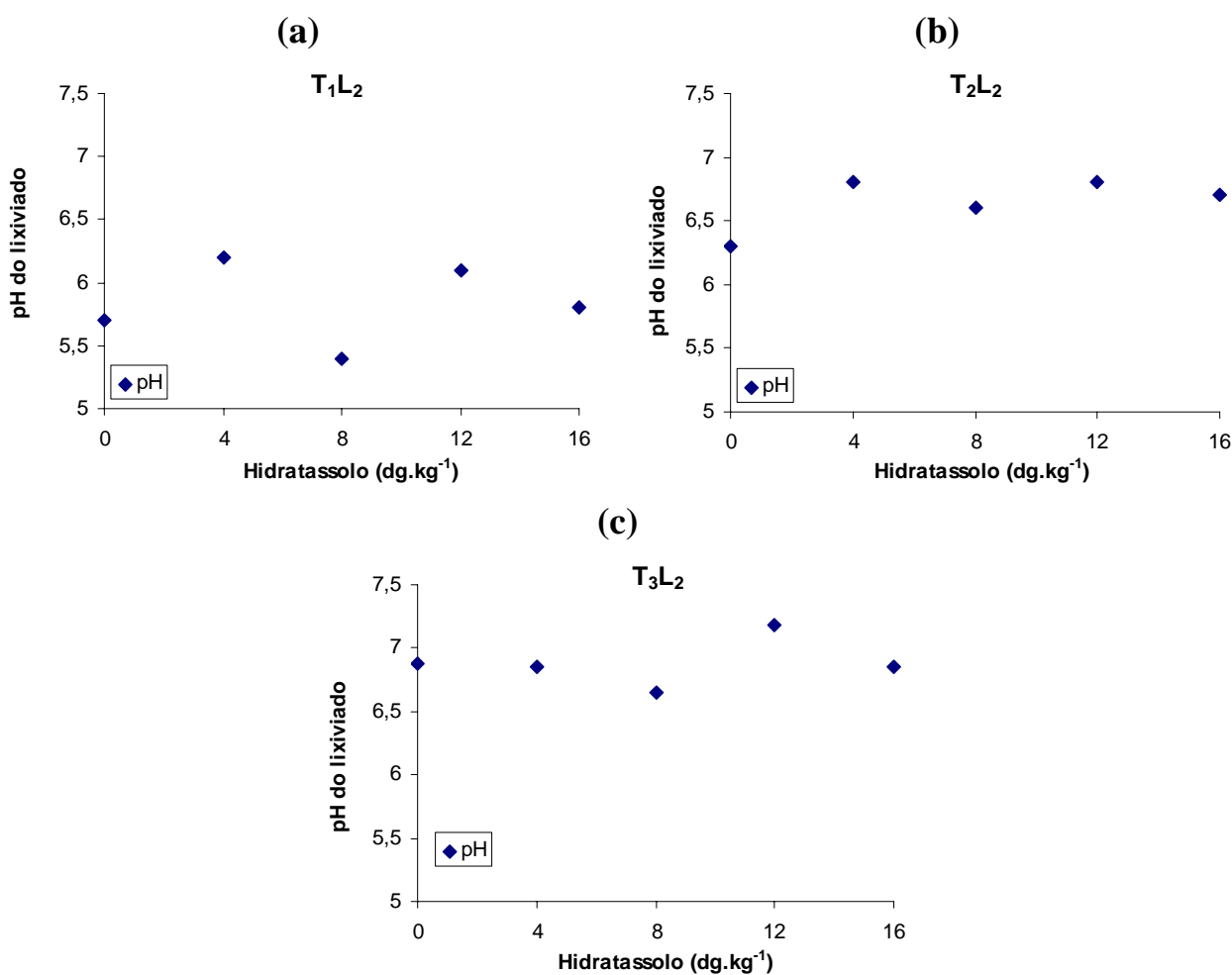


Figura 6C (a,b,c): Diagramas de dispersão dos dados médios observados da variável pH nas épocas de balanço hídrico (T₁, T₂ e T₃), em função das doses de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (L₂).