

EFEITO DA APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO SALINA TRATADA COM CAMPO MAGNÉTICO NA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA E NO DESLOCAMENTO DE CÁTIONS MISCÍVEIS EM COLUNA DE SOLO

Alícia Hélida dos Santos Batista¹, Osvaldo Nogueira de Sousa Neto²

Resumo: O efeito do tratamento da água com campo magnético é tema em diversos estudos, inclusive alguns autores apontam os benefícios de sua utilização no setor da agricultura como aumento na produção e redução do uso de fertilizantes. Com base nisso, objetivou-se com a presente pesquisa avaliar o efeito de uma solução salina submetida ao tratamento com aplicação de campo magnético na estimativa da condutividade hidráulica saturada, no deslocamento de cátions miscíveis, na condutividade elétrica e no pH da solução do solo, a realização dos testes se deu com a utilização de amostras deformadas de latossolo, característico do perímetro irrigado Baixo-Açú. O ensaio foi conduzido utilizando colunas de percolação preenchidas com o Latossolo, que depois de serem saturadas e lavadas com água destilada foram submetidas à adição da solução salina com e sem tratamento magnético, seguindo o método do Permeâmetro de Carga Constante. Os resultados indicam que o campo magnético influenciou os valores medidos de condutividade hidráulica saturada, condutividade elétrica e no deslocamento de íons na solução do solo, já o mesmo não pode ser afirmado sobre o pH, pois não houve diferenças significativas entre um tratamento e outro.

Palavras-chave: latossolo; perímetro irrigado Baixo-Açú; amostra deformada.

1. INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos e rejeitos advinda dos processos industriais, agrícolas e de diversos outros setores, é responsável pela maior parte dos impactos ambientais sofridos atualmente, tais como: contaminação de águas subterrâneas, de águas superficiais e do solo [1]. Outros fatores preocupantes, no que se refere à agricultura, são o desperdício de água e a utilização inadequada de fertilizantes, condições de manejo que tem despertado a necessidade de boas práticas para o consumo eficiente dos insumos [2], e para o estudo da interação que existe nos processos ocorridos entre o solo e a água.

Na atividade agrícola, o processo de contaminação das águas subterrâneas, por exemplo, geralmente está relacionado à modificação do solo por meio de agrotóxicos e fertilizantes, submetidos ao manejo incorreto da irrigação, que quando sujeitos ao mecanismo natural de transporte do solo (o mesmo mecanismo responsável pelo processo de lixiviação dos sais) são deslocados ao longo do perfil e se tornam inacessíveis as plantas e em muitos casos, estes agentes podem alcançar o lençol freático com potencial para causar poluição [3]. Nas regiões áridas e semiáridas, a prática de irrigação pode resultar em salinização principalmente se a água utilizada contém certa quantidade de sais, quando possivelmente o lençol freático é próximo à superfície [4] e também pela falta de drenagem no solo.

Nesse contexto, visando a eficiência no uso dos recursos hídricos e de insumos, é importante destacar o estudo sobre o transporte de solutos no solo, tendo em vista que conhecendo a capacidade de suporte deste meio, encontra-se a melhor forma de trabalhá-lo, portanto gerando economia de recursos econômicos e ambientais [5]. A utilização de modelos como o permeâmetro de carga constante, auxilia o entendimento do mecanismo de transporte de solutos e é um artifício empregado para dar respaldo às ações que devem ser tomadas a fim de minimizar os impactos já citados [6], uma vez que preveem o risco de contaminação que certos componentes químicos podem proporcionar as plantas, ao solo e a água [3].

O campo magnético pode trazer diversos benefícios a atividade agrícola, dentre eles a economia de água, o aumento da produtividade das culturas, a redução do uso de fertilizantes, entre outros fatores [7], que por sua vez reduzem os riscos de contaminação. Para resolução de diversos outros problemas é necessário o conhecimento de algumas propriedades do solo, tendo em vista que assim seja possível prever determinados comportamentos. A condutividade hidráulica do solo é um desses parâmetros, pode estar aplicada à realização de um manejo adequado com bom uso do solo [7] e também na resolução de problemas de drenagem [9].

Levando em consideração esses aspectos, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar o efeito da aplicação de uma solução salina com tratamento magnético na condutividade hidráulica saturada, no deslocamento de cátions (K^+ , e Na^+), na condutividade elétrica e no potencial de hidrogênio da solução do solo em colunas de percolação

preenchidas com um latossolo, característico do perímetro irrigado Baixo-Açú.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Solo

O solo é um material poroso depositado heterogeneamente na natureza, constituído por partículas sólidas e partículas fluidas de ar e água. A partir da ação intempérica em determinada rocha, através de agentes químicos e físicos [10], suas propriedades são modificadas dando assim origem a determinado tipo solo, que irá variar de acordo com o processo intempérico sofrido e o tipo de rocha matriz [11]. Como as condições climáticas influenciam nessas características que darão origem aos solos é normal que cada região, com sua zona climática específica, esteja propensa a apresentar determinadas condições e grupos de solos [12].

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, EMBRAPA [13], os tipos de solo são classificados segundo treze classes, dentre as quais está o latossolo, que são solos que foram muito afetados pela ação do intemperismo ao longo do tempo, e em virtude disso, são deficientes em minerais primários e secundários, pois estes minerais são pouco resistentes a ocorrência desse desgaste. Os latossolos são divididos em subclasses, as principais são: latossolo roxo, vermelho-escuro e amarelo.

Na mineralogia dos solos dessa classe, em um apanhado geral, nota-se o predomínio de caulinita, óxidos de ferro e alumínio, e quando acontece a precipitação deste, há ocorrência de gibbsita, partindo da condição que o potencial de sílica do meio seja baixo. Óxidos, hidróxidos e oxi-hidróxidos de ferro são os principais componentes da fração argila dos latossolos, o que confere suas cores características. Dependendo dos teores desses compostos, a matriz do solo varia entre amarelo e vermelho escuro [14].

No que se refere à fertilidade, os latossolos em geral apresentam heterogeneidade nesse parâmetro, por exemplo, o latossolo do tipo vermelho-escuro, pode deter baixo ou elevado potencial nutricional, já o vermelho-amarelo, principalmente na região semiárida, caracteriza um solo empobrecido. Juntamente com os latossolos roxos, os latossolos do primeiro e do segundo caso formam a classe de solos mais utilizada na agricultura, com destaque para as culturas de soja, trigo, milho, feijão, café etc. [14]. Cabral et al. [15] reforça que os latossolos são os tipos de solo que predominam nas áreas de cultivo brasileiras, e afirma que graças a atividade agrícola estes sofrem alterações no curso da pedogênese original, ou seja, que o processo natural de formação nesses solos é modificado, claramente devido ao manejo.

2.3. Água com tratamento magnético

A água é constituída por dois átomos de hidrogênio conectados a um átomo de oxigênio por meio de uma ligação não linear de aproximadamente $104,5^\circ$ [12]. Ela é considerada como um fluido que possui particularidades diferentes das demais substâncias da mesma ordem de grandeza, por exemplo, o ponto de ebulição é muito maior do que o de compostos como amoníaco, assim como o calor específico, calor de vaporização e etc. A tensão superficial é elevada, propriedade que contribui para a formação de gotas, e os fenômenos de capilaridade que ocorrem contra a ação da gravidade [18]. Ela possui caráter alcalino, definição para sua capacidade de neutralizar ácidos. Quanto mais alcalina a água, mais difícil será alterar seu potencial de hidrogênio (pH), quando submetida a substâncias ácidas ou básicas.

Quando submetida ao tratamento magnético, a água se torna um tema controverso e que ainda não possui uma compreensão total dos seus efeitos [19]. Porém há estudos que afirmam que o uso da água tratada magneticamente pode contribuir na agricultura, melhorando a qualidade e o desenvolvimento de plantas [20]. Alguns autores defendem que o uso da água para irrigação pode ser reduzido devido a um aumento no rendimento graças ao tratamento magnético. Generoso et al [21] observou em estudos anteriores, que na irrigação foram relatadas alterações no pH do solo, na condutividade elétrica, fósforo (P) disponível e potássio (K) extraídos pela cultura, também houve aumento na concentração de íons disponíveis na solução do solo. Segundo Maheshwari & Grewal [22] se essas afirmações são válidas vale a pena investir nessa tecnologia, para que haja economia desse recurso escasso.

Esmailnezhad [19] destaca o processo de tratamento da água por meio de campo magnético como um procedimento simples, e pode ser realizado com a instalação de um ímã permanente no sistema de tubulação, o autor chama atenção para o fato de que a força do campo magnético e o tempo de exposição da água a esse sistema influenciam em suas propriedades. Fernandes [7] afirma que o campo magnético provoca uma alteração na ordem das moléculas, formando clusters menores de moléculas reduzindo assim a tensão superficial da água.

2.4. Transporte de solutos no solo

O estudo sobre o mecanismo de dinâmica de solutos no solo é importante para determinar o fluxo no mesmo, mas não se detém apenas a isso, pois pode apresentar explicações para os fenômenos que acontecem durante a percolação, como a troca e adsorção de íons e o deslocamento de fertilizantes, minerais e outros sais [5]. Esse

transporte varia de acordo com as propriedades específicas de cada solo, com suas interações, as propriedades do líquido em questão, e também com as condições ambientais [6].

Sobre as características do solo que influenciam o transporte e a retenção das substâncias químicas neste meio estão: “o tipo de solo, mineralogia, capacidade de troca catiônica, espécies de cátions absorvidos, velocidade de percolação e teor de matéria orgânica; concentração do contaminante, presença de outras substâncias na solução percolante, condições hidrogeológicas e temperatura e pH do meio” [6].

3. MATERIAL E MÉTODOS

As ações de pesquisa foram realizadas no Laboratório de hidráulica, nas dependências do campus da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizado na cidade de Angicos-RN. O município de Angicos está localizado na região central do estado do Rio Grande do Norte, limitando-se com os municípios de Ipanguaçu (oeste), Afonso Bezerra e Pedro Avelino (norte), Lajes (leste), Fernando Pedroza e Santana do Matos (sul) e Itajá (sul e oeste). A sede do município está situada a 5° 39' 56" de latitude sul e 36° 36' 04" de longitude oeste. A caracterização climática da região é do tipo: clima quente e semiárido, com período chuvoso de fevereiro a abril, tendo como umidade relativa média anual 70% e 2.400 horas de insolação, as temperaturas médias anuais são de: máxima de 33,0 °C, média de 27,2 °C e mínima de 21,0 °C [23]. Os dados do posto pluviométrico de Angicos indicam uma precipitação média anual de 530 mm em uma série histórica de 1911-2004 [24].

3.1. Definição dos tratamentos e desenvolvimento da estrutura experimental

Os tratamentos consistiram de duas formas de aplicação de uma solução salina em colunas de solo, totalizando dois tratamentos, sendo: um com aplicação da solução salina sem o tratamento magnético no solo, e o outro com aplicação da solução salina exposta ao campo magnético no solo.

Foi utilizada solução salina composta de sais binários e com o balanceamento da relação cátions e ânions (Tabela 3). Esta solução foi baseada na recomendação de Hoagland e Arnon [29], sendo esta, mundialmente utilizada no cultivo hidropônico em fertirrigação. Os sais PA (puro para análise) foram solubilizados em água destilada produzida no Laboratório de química da UFERSA/Angicos.

Tabela 3. Balanceamento da relação entre cátions e ânions da solução (Autoria Própria)

Compostos (mmol)	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Total (mmol)
NO ₃ ⁻¹		6	6		12
H ₂ PO ₄ ⁻¹	3				3
SO ₄ ⁻²				2	2
Cl ⁻¹					0
Total (mmol)	3	6	6	2	17

O tratamento magnético da solução salina ocorreu por meio da exposição da mesma a uma sequência de campos magnéticos possuindo em média 437,0 mT (miliTesla). Além disso, o sistema continha um tubo flexível transparente de 4,0 mm de diâmetro interno e 1,0 mm de parede, um reservatório de 18 L e uma bomba centrífuga de rotor de plástico com 12 volts de tensão. O tratamento magnético era realizado mediante o bombeamento e circulação da solução salina partindo do reservatório, passando pelo campo magnético gerado pela associação de imãs e retornando ao reservatório (Figura 1). A solução salina era considerada tratada quando o tempo de circulação (passagem da solução pelo campo magnético) era realizado por um período superior a 6,0 (seis) horas.

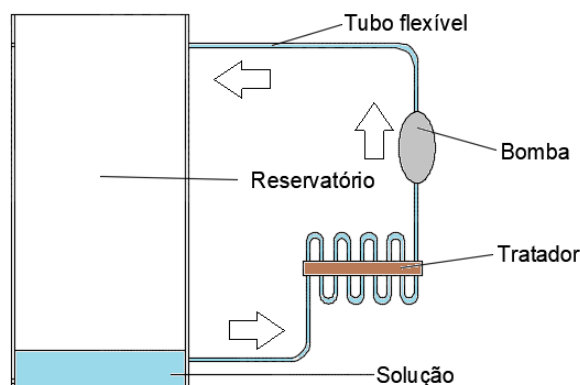


Figura 1: Desenho esquemático do fluxo de tratamento. (Autoria própria)

O experimento foi conduzido em colunas de percolação, preenchidas com amostras de solos (Figura 2). Foram utilizadas colunas de tubo de PVC com dimensões de 0,25 m de altura e diâmetro interno de 0,075 m, cujas extremidades inferiores foram preenchidas com uma camada de 2,0 cm de brita nº 1 (1,0-0,5 mm), e por um círculo de tecido TNT, para facilitar a drenagem e evitar perda de material do solo. As colunas de solo foram fixadas sobre a bancada do laboratório, sendo mantidas por suportes (hastes) que favoreceram um melhor manuseio. Além disso, às colunas foram acopladas a um tubo que conduzia a solução salina do reservatório do tratador de campo magnético até a parte superior da coluna, assim como também, foi acoplado um tubo dreno que permitiu manter uma lamina de 10 mm altura de solução acima da superfície do solo, esse método é denominado de Permeâmetro de Carga Constante (PCC).

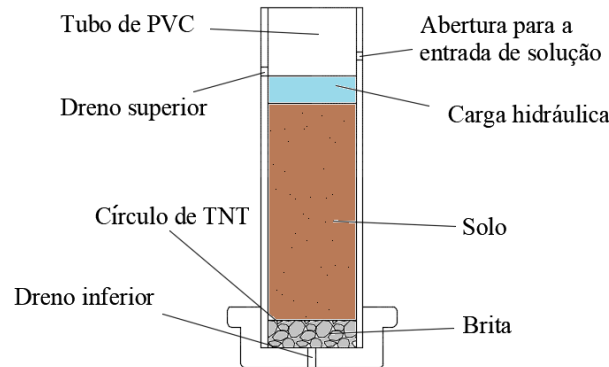


Figura 2: Montagem da coluna de tubo de PVC. (Autoria própria)

O PCC é recomendado para determinar a condutividade hidráulica em laboratório, por gerar resultados aproximados dos obtidos nos métodos de campo, quando é inviável realizar os testes in situ [16]. A condutividade hidráulica saturada foi calculada com base na seguinte expressão:

$$K_0 = \frac{V_a L}{A t (h + L)} \quad (1)$$

em que:

- K_0 – é a condutividade hidráulica saturada;
- V_a – é o volume coletado de efluente em ml;
- L – a altura da coluna de solo em cm;
- A – a área da coluna de solo em cm^2 ;
- t – o tempo médio correspondente à coleta do volume de efluente em min; e
- h – a altura da carga hidráulica sobre a coluna de solo em cm.

O volume de poros no interior de cada coluna (V_p , em cm^3), foi determinado pela Equação 2:

$$V_p = \pi R^2 h \left(1 - \frac{D_s}{D_p} \right) \quad (2)$$

- V_p - volume total do solo na coluna (cm^3);
- R - raio interno da coluna (cm);
- h - altura de solo na coluna (cm);
- D_s - densidade do solo (g cm^{-3}); e
- D_p - densidade das partículas (g cm^{-3}).

Inicialmente, as colunas de solo foram saturadas de forma ascendente, com água destilada, com o intuito de diminuir ao máximo a presença de ar nos poros. Terminada a saturação, um frasco contendo água destilada, foi posicionado na extremidade superior da coluna, onde foi continuada a aplicação de água destilada por um período de 24 horas até a obtenção de escoamento permanente e para que todos os íons presentes na solução do solo fossem removidos pela água que foi percolada.

Após a obtenção de fluxos permanentes nas colunas de percolação foram aplicados pulsos equivalentes a sete volumes de poros da solução deslocadora com e sem aplicação do campo magnético nas colunas de solo, recolhendo-se frações de efluente com 0,25 volumes de poros, as quais foram acondicionadas em recipientes plásticos, com tampa, resfriadas e encaminhadas para análises posteriores. Conhecendo-se as concentrações de

Sódio (Na^+) e Potássio (K^+) no efluente (C), foram calculadas as concentrações relativas (C/Co) para cada íon, sendo Co a concentração dos íons na solução salina do respectivo tratamento.

Com isso, foi possível a obtenção do fluxo (cm min^{-1}) para cada tratamento por meio da Equação 3:

$$q = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

em que:

Q - vazão ($\text{cm}^3 \text{min}^{-1}$); e

A - seção transversal da coluna (cm^2).

A velocidade média de percolação da água de irrigação com tratamento magnético, bem como do controle, V_m (cm h^{-1}), foi calculada para cada tratamento e profundidade, pela Equação 4:

$$V_m = \frac{q}{\alpha} \quad (4)$$

em que α é a porosidade do solo da coluna.

Após a obtenção das concentrações relativas e dos respectivos números de volume de poros foram obtidas as curvas experimentais de efluente para os íons de potássio e sódio, condutividade elétrica, condutividade hidráulica saturada e pH. Os parâmetros de entrada em planilhas do programa Microsoft Office Excel foram constituídos pelos dados relativos à coluna e ao escoamento, como comprimento, fluxo, concentração do soluto, porosidade total, número de volume de poros e concentração relativa, e as curvas de efluente e concentração são dados de saída.

3.2. Coleta e caracterização das amostras de solo

Foram coletadas amostras deformadas em perfis de solos em áreas de produção irrigada situadas no Distrito Irrigado Baixo-Açu (DIBA). O solo foi classificado como Latossolo de acordo com EMBRAPA [25], foi na camada de 0 – 0,30 m de profundidade em uma área de cultivo com a cultura do mamoeiro já estabelecida. Após a coleta dos materiais, os mesmos foram expostos ao ar livre, protegidos das intempéries climáticas, tais como chuva e radiação solar, para secagem ao natural, passado um período de 73 horas após o início da exposição. As amostras foram destorroadas e passadas em peneiras de malha com abertura 2 mm, acondicionadas em sacos plásticos, identificados e encaminhados para o Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta (LASAP) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido onde foram determinadas as características físico-químicas do material de solo.

Foram determinados os teores de fósforo (P), sódio (Na) e potássio (K) a partir da extração dos elementos com Mehlich-1, sendo o P determinado por calorimetria em presença do ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) como catalisador e expresso em (mg dm^{-3}), enquanto o Na e o K foram determinados por fotometria de emissão de chama, expressos em ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). Os teores de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis foram extraídos das amostras de solo a partir da adição da solução de cloreto de potássio (KCl) 1 mol L^{-1} e titulados com EDTA 0,0125 mol L^{-1} na presença dos indicadores calcon para o Ca e o negro de eriocromo para o Ca + Mg, sendo o Mg determinado pela diferença, expressos em ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). A acidez potencial (H^+Al) foi determinada pelo método do acetato de cálcio ($\text{C}_4\text{H}_6\text{CaO}_4$). Todos os métodos que foram utilizados nas análises poderão ser encontrados em EMBRAPA, [26]. A partir destes foram determinadas a Capacidade de Troca Catiônica (CTC a pH 7,00s) e Soma de Bases (SB) expressos em ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), saturação por bases (V) e a Percentagem de Sódio Trocável (PST) ambos expressos em (%). A matéria orgânica do solo (MO) foi determinada através da oxidação por dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), segundo método Walkley-Black descrito por Mendonça & Matos [27] e expressa em (%). O pH em água foi determinado potenciometricamente na suspensão cuja proporção solo-líquido foi de 1:2,5 com tempo de reação de 30 minutos e agitação da suspensão antes da leitura [26]. A Condutividade Elétrica do extrato de saturação (CEes) foi medida no extrato da pasta de saturação preparado segundo método descrito por Richards (1954) e expressa em (dS m^{-1}). Os valores relacionados à caracterização química dos solos utilizados na pesquisa são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1. Resultados das análises químicas do solo (adaptado de: LASAP)

P	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	(H^+Al)	SB	t	CTC
----- mg dm^{-3} -----			----- $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----						
7,7	164,30	18,60	3,10	0,70	0,00	0,00	4,30	4,30	4,30
N		pH	CE	MO		V		m	PST
g kg^{-1}		(água)	dS m^{-1}	g kg^{-1}		-----	%	-----	

0,38	7,10	0,10	3,76	100	0	2
------	------	------	------	-----	---	---

As características físicas do solo apresentadas na Tabela 02 foram determinadas a partir da metodologia descrita pela EMBRAPA [28]. As frações granulométricas foram determinadas a partir proporções de areia grossa, areia fina, silte e argila pelo método da pipeta e expressas em kg kg^{-1} . A densidade de partículas do solo (D_p) foi determinada pelo método do balão volumétrico e a densidade do solo (D_s) determinada pelo método da proveta para amostra deformada, ambas expressas em kg dm^{-3} . A porosidade total (P_{total}) foi determinada a partir da relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas expressa em (%).

Tabela 2. Resultados das análises físicas dos solos (adaptado de: LASAP)

Frações granulométricas (kg kg^{-1})					Densidade (kg dm^{-3})		Porosidade total	C. Textural
A. Gros.	A.Fin.	A.Total	Silte	Argila	Aparente	Real	(%)	
0,27	0,57	0,84	0,05	0,11	1,48	2,50	40,1	Areia franca

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 (a), estão representadas as curvas de concentração relativa de potássio, com e sem tratamento magnético. Pode-se observar que em até 1,8 volumes de poros (VP), ambas as curvas apresentam trajetória similar, porém imediatamente após isso a S – CM dá um salto com relação a S – SM, voltando a convergir por volta de VP = 3,5 quando os valores das concentrações de potássio na solução de solo ficaram próximos aos da concentração inicial a que as colunas foram submetidas. Esse comportamento da curva S – CM significa que a concentração de íons na solução de solo foi maior, ou seja, os íons foram adsorvidos de forma menos efetiva pela matriz do solo na coluna com solução sujeita ao campo do que na coluna que foi submetida à solução não tratada. O comportamento de baixa eficiência de adsorção dos íons de potássio corrobora com os resultados de Matos, Cariglio e Mônaco [30] que definem isso como baixa interação solo-soluto ou forte deslocamento pelos cátions, justificada pelo deslocamento provocado por outros cátions presentes na solução salina.

Alfaro et al [31]., ao estudarem os fatores que influenciam a lixiviação de potássio em diferentes solos, constataram que as propriedades hidráulicas do solo influenciaram mais a dinâmica de movimentação do que as propriedades químicas, em seu trabalho Grecco [32] destaca entre alguns desses parâmetros a condutividade hidráulica do solo, ao observar a Figura 6, percebe-se que a condutividade hidráulica saturada para a S – CM foi maior do que no caso da S – SM, sabendo que na curva com o tratamento sujeito ao campo também houve o maior deslocamento do potássio, então pode-se supor que de fato a permeabilidade do solo influenciou o deslocamento de potássio, nas condições em que esse estudo foi executado.

No caso do sódio (Figura 3-b), as curvas representam a concentração do íon no efluente. É notável que ambas apresentam trajetória crescente similar até atingir o primeiro volume de poros, quando a solução com tratamento continuou a crescer em um nível maior do que a sem tratamento, também são perceptíveis alguns saltos na curva com tratamento. Uma causa para o comportamento das curvas de concentração de sódio, possivelmente seria que o cálcio presente na solução balanceada provocou sua substituição, potencializando a lixiviação do íon. Como afirma Miranda et al. [33] a interação entre cálcio e sódio é um princípio comprovado e muito utilizado na correção de solos salinos-sódicos, a fim de reduzir a salinidade e o pH dos mesmos. Para Vasconcelos [34] conforme acontece o deslocamento de sódio devido ao cálcio existe uma melhora na taxa de infiltração do solo, que seria equivalente a dizer que aumenta a permeabilidade, isso pode de ser constatado na Figura 3(b) e na Figura 6 que a curva com maior deslocamento de sódio S – CM, também é a curva com maiores valores para K_o .

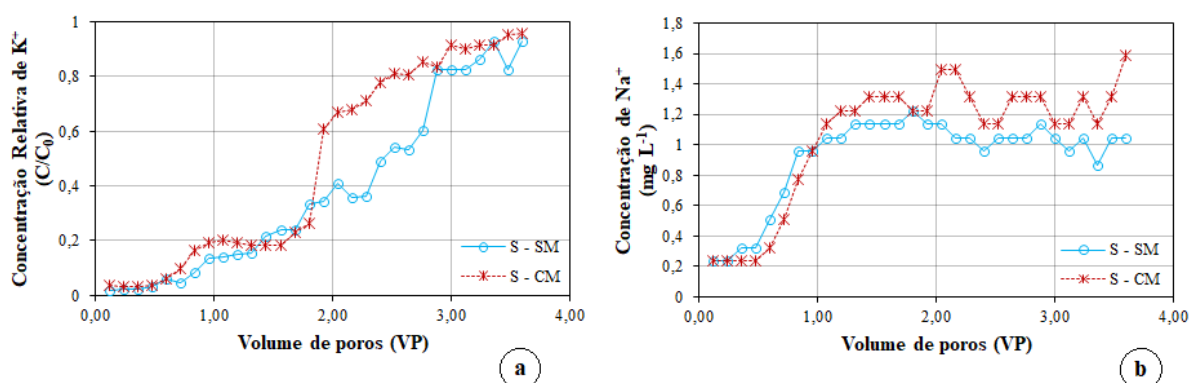


Figura 3. (a) Curva de distribuição de potássio; (b) Curva de distribuição de sódio. (Autoria própria)

Para as curvas com a distribuição da condutividade elétrica (Figura 4), houve um crescimento progressivo nos valores sucedido por um padrão contínuo, evento característico aos dois casos, Bonini et al. [35] afirmam

que a condutividade elétrica é uma medida indireta da concentração de sais presentes na solução de solo, e com base nisso pode-se constatar que esse seria o motivo para a trajetória crescente da curva, uma vez que o efluente conforme passava o tempo adquiria mais íons.

Vale salientar que, para a coluna de solo sujeita a solução com campo magnético, aconteceu uma pequena alteração dos valores de condutividade elétrica da solução, após atingir aproximadamente o VP = 1, eles tenderam a serem maiores do que os valores medidos na coluna de controle. Estudos anteriores como de Santos et al. [36] e Pang e Shein [37] obtiveram resultados parecidos, assim como os que são descritos por Generoso [38], que notou um aumento na CE para tratamentos submetidos ao campo magnético em seu estudo sobre os efeitos da magnetização, explicando que certamente pode haver mudanças graças ao tratamento, como a quebra das pontes de hidrogênio, que permite a existência de íons livres, tornando a água um meio com maior condutividade elétrica.

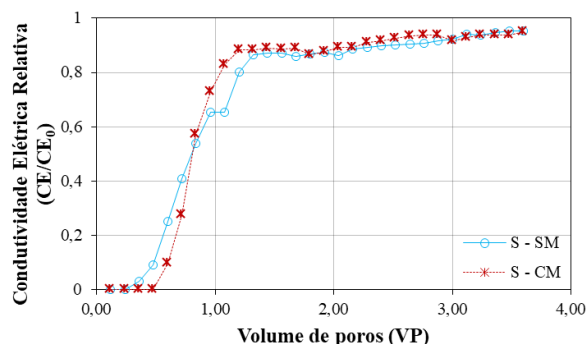


Figura 4. Curva de distribuição de condutividade elétrica relativa. (Autoria própria)

Já para os valores medidos de pH (Figura 5) não houveram mudanças significativas entre um tratamento e outro, as curvas ficaram praticamente sobrepostas, contrariando o resultados esperados que fossem valores superiores do pH na solução com tratamento, então pode-se inferir que a intensidade do campo magnético talvez não tenha sido suficiente para causar alterações nesse parâmetro [38].

Mendonça et. al. [39] estudaram o uso da água imantada no cultivo de alface e, observaram que nos ensaios com tratamento antes da adição de sais na solução nutritiva o pH medido foi equivalente a solução sem tratamento sob a mesma condição, da mesma forma, o pH após a adição de sais para a solução com e sem tratamento também foi semelhante. Além disso, foi observado um comportamento linear decrescente em ambos os casos da análise, uma explicação para isso seria que, no início, o solo estava com concentrações mínimas de sais, devido a lavagem descrita na metodologia, e conforme foi ocorrendo a adsorção dos sais advindos da solução balanceada, o pH foi reduzindo [40].

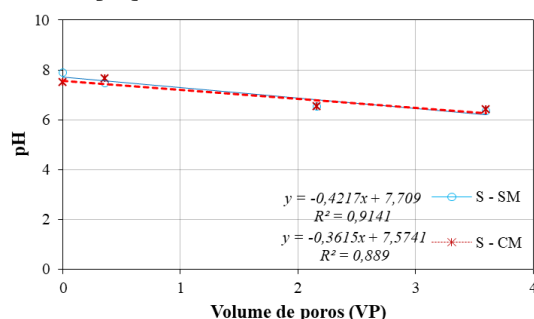


Figura 5. Curva de distribuição de pH. (Autoria própria)

Para a condutividade hidráulica percebe-se que ao longo do tempo ela variou para os dois casos de tratamento, nota-se ainda que a solução tratada obteve resultados maiores desse parâmetro com relação a não tratada, esse aumento é na ordem de 20%, então se pode supor que o campo magnético influenciou nesse parâmetro. Como fora dito sobre as curvas de distribuição de potássio e sódio, para o caso em que o campo magnético atuou, esses íons foram mais lixiviados, com isso aumentando a permeabilidade. Outro motivo possível foi que o campo pode reduzir a tensão superficial da solução inicial, o que causaria uma penetração mais fácil no meio poroso em questão.

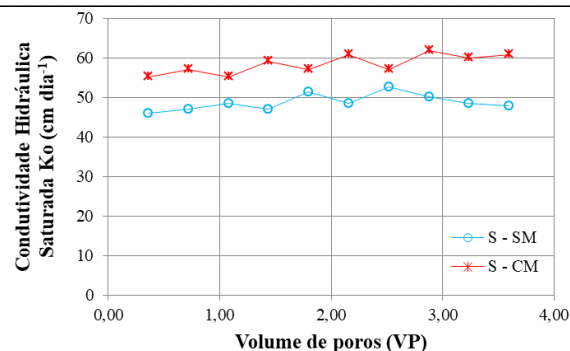


Figura 6. Curva de distribuição de condutividade hidráulica saturada. (Autoria própria)

5. CONCLUSÕES

Nas condições para as quais foram desenvolvidas as atividades do presente trabalho constatou-se que a atuação do campo magnético proporcionou maior lixiviação de potássio (K^+) e sódio (Na^+), isso pode trazer benefícios para a agricultura, se o interesse for retirar os sais da zona radicular das plantas, porém pode ser ruim porque pode ocasionar a poluição do lençol freático, então é necessário um estudo na área em que se deseja aplicar para determinar se deve ou não ser utilizada. Também foi visto que a condutividade elétrica relativa medida nos efluentes indica um crescimento proporcional a concentração dos íons lixiviados resultantes do processo de percolação para os dois tratamentos em questão. Também foi observado que o tratamento magnético da solução inicial não alterou o pH da solução drenada e houve um aumento da permeabilidade do solo com a aplicação da solução salina tratada com campo magnético. Por fim, com esse estudo percebeu-se que o tratamento magnético da água é uma questão difícil de ser trabalhada, pois, apesar dos efeitos do campo magnético serem conhecidos, ainda não são explicados de uma forma definida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SANTOS, J. S. et al. Mobilidade de solutos em colunas de solo com água residuária doméstica e de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, p. 1226–1233, 2010.
- [2] FAGGION, F. et al. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v. 2, n. 1, p. 187-190, 2009.
- [3] FERREIRA, P. A. et al. Transporte no solo de solutos presentes na água residuária de café conilon. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 28, n. 1, p. 29-35, 2006.
- [4] BORGES JÚNIOR, J. C. F.; ANDRADE, C. L. T. Transporte de solutos no solo. In: ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. (editores técnicos). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. cap. 3, p. 151-167.
- [5] LELIS NETO, J. A. et al. Transporte e adsorção de nitrato e potássio em colunas de solo sob aplicação de vinhaça. **Rev. Bras. Agric. Irr.**, Fortaleza, v. 11, n. 6, p. 1797-1803, 2017.
- [6] SILVA, N. F. et al. Distribuição de solutos em colunas de solo com vinhaça. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 340-350, 2012.
- [7] FERNANDES, A. L. T. et al. Tratamento magnético da água para irrigação do cafeeiro cultivado no cerrado de minas gerais. **IV INOVAGRI International Meeting**, 2017.
- [8] GONÇALVES, A. D. M. de A.; LIBARDI, P. L. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1174-1184, 2013.
- [9] GHIBERTO, P. J.; MORAES, S. O. Comparação de métodos de determinação da condutividade hidráulica em um latossolo vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1177-1188, 2011.
- [10] PINTO, C. de S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- [11] SILVEROL, A. C.; MACHADO FILHO, L. Aproveitamento de rejeitos de mineração e mantos de alteração de rocha para fertilização de solos através da técnica de Rochagem. **Geografares: Revista do Mestrado e do Departamento de Geografia**, Centro de Ciências Humanas e Naturais (UFES), v. 5, p. 7-16, 2006.
- [12] HILLEL, D. **Introduction to environmental soil physics**. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004.
- [13] _____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.
- [14] KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, 5:17-40, 1998.
- [15] CABRAL, I.L.L. Aspectos físico-químicos de latossolos vermelho, amarelo e Glei em área com e sem a cultura da soja. **VI Simpósio Nacional de geomorfologia**, 2006.
- [16] MARQUES, J. D. de O. et al. Avaliação da condutividade hidráulica do solo saturada utilizando dois métodos de laboratório numa topossequência com diferentes coberturas vegetais no Baixo Amazonas. **ACTA AMAZONICA**, Amazonas, v. 38, n. 2, p. 193-206, 2008.

- [17] MESQUITA, M. da G. B. de F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 963-969, 2004.
- [18] MACHADO, A. A. S. C. A água: Uma substância com características raras a influência das propriedades físicas da água no meio ambiente. **Revista Indústria da Água**, n. 13, p. 45-51, 1994.
- [19] ESMAEILNEZHAD, E. et al. Characteristics and applications of magnetized water as a green technology. **Journal of Cleaner**, v. 161, p. 908-921.
- [20] SALES, F. H. S.; DOS SANTOS, L. G.; FERREIRA, K. S. Effects of magnetic generated by permanent magnet in water pH. **ResearchGate**, p.1-6, 2015.
- [21] GENEROSO, T. N. et al. Water magnetization and phosphorus transport parameters in the soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.1, p. 9-13, 2017.
- [22] MAHESHWARI, B. L.; GREWAL, H. S. Agricultural Water Management. Elsevier, p. 1229–1236, 2009.
- [23] _____. Perfil do seu município: Angicos. - v.10, p.1-22 – Natal, 2008.
- [24] MORAES, N. O.; MARTON, E.; PIMENTEL, L. C. G. Simulações Numéricas da Formação de Ilha de Calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ), Rio de Janeiro, v.10, n.2, p.116–138, 2005.
- [25] _____. Manual de Métodos de Análise de Solos. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2013.
- [26] _____. Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997.
- [27] MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S.. Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises. Viçosa: UFV, 2005. 107 p.
- [28] _____. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. – 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009.
- [29] HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: Califórnia Agricultural Experimental Station, 347p., 1950.
- [30] MATOS, A. T. de; GARIGLIO, H. A. A.; MONACO, P. A. V. Deslocamento miscível de cátions provenientes da vinhaça em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p.743–749, 2013.
- [31] ALFARO, M. A.; JARVIS, S. C.; GREGORY, J. P. Factors affecting potassium leaching in different soils. *Soil Use and Management*, Denmark, c. 20, n. 2, p. 182-189, 2004.
- [32] GRECCO, K. L. Caracterização do volume de solo molhado em diferentes fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar sob gotejamento subsuperficial. 2016. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2016.
- [33] MIRANDA, F. A. M. et al. Correção de solo salino-sódico com soluções de cloreto de cálcio cultivado com sorgo sudanense. *Caatinga*, v.21, n.5 (Número Especial), p.18-25, 2008.
- [34] VASCONCELOS, R. R. A. Características físicas de solos salino-sódicos do semiárido pernambucano em função de diferentes níveis de gesso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.12, p.1318–1325, 2013.
- [35] BONINI, M. A. et al. Alterações nos atributos químico e físicos de um Latossolo Vermelho irrigado com água residuária e vinhaça. *Revista Biociências*, Taubaté, v. 20, n. 1, p. 78-85, 2014.
- [36] SANTOS, L. G. dos.; FERREIRA, K. S.; SALES, F. H. S. Efeitos de Campo Magnético por imã Permanente na Condutividade da água. **Anais “Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação”**. Palmas, TO. 2012.
- [37] PANG, X. F.; SHEN, G. F. The changes of physical properties of water arising from the magnetic field and its mechanism. **Institute of Life Science and Technology**, University of Electronic Science and Technology of China, Sichuan, China. *Modern Physics Letters B*, v.27, n.31, 2013.
- [38] GENEROSO, T. N. Efeito da magnetização nas características da água e nos parâmetros de transporte de fósforo no solo. 2016. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Minas Gerais, 2016.
- [39] MENDONÇA, R. M.; GARCIA, C. C.; AGUIAR, J. A. Uso de água imantada no cultivo de alface em sistema hidropônico NFT. FAZU – Faculdades Associadas de Uberaba em *Revista*, Uberaba, n.5, p.30-33, 2008.
- [40] VELOSO, C.A.C. et al. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 49, n. 1, 123-128, 1992.

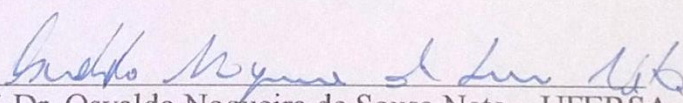
ALÍCIA HÉLIDA DOS SANTOS BATISTA

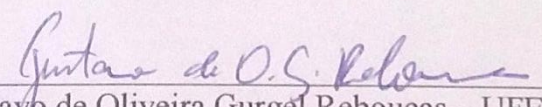
**EFEITO DA APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO SALINA TRATADA COM CAMPO
MAGNÉTICO NA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA E NO
DESLOCAMENTO DE CÁTIOS MISCÍVEIS EM COLUNA DE SOLO**

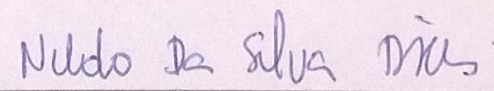
Trabalho de Conclusão de Curso em
formato de Artigo Científico, apresentado
à Universidade Federal Rural do Semi-
Árido – UFERSA, Campus Angicos, para
a obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 15 / 09 / 2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto – UFERSA
Presidente


Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças – UFERSA
Primeiro Examinador


Prof. Dr. Nildo Da Silva Dias – UFERSA
Segundo Examinador
