

## Artigos

### Alterações químicas do solo após irrigação com efluentes e adubação fosfatada cultivado com *Moringa oleifera* Lam.

Chemical changes in the soil after irrigation with effluents and phosphate fertilization cultivated with *Moringa oleifera* Lam.

Armando Rodrigues de Melo<sup>I</sup> 

Patrícia Ferreira da Silva<sup>II</sup> 

José Dantas Neto<sup>I</sup> 

Francisco de Assis da Silva<sup>I</sup> 

Djailson Silva da Costa Júnior<sup>III</sup> 

Aldrin Martin Pérez-Marin<sup>III</sup> 

<sup>I</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Federal de Rondonópolis, Rondonópolis, MT, Brasil

<sup>III</sup>Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, PB, Brasil

## RESUMO

O interesse na utilização de águas residuárias tem crescido, devido a limitação de água de boa qualidade, em destaque para o semiárido. Este trabalho teve por objetivo analisar as alterações químicas do solo irrigado com águas residuárias e da adubação fosfatada, na produção de muda de *Moringa oleifera* Lam. O experimento foi instalado em estufa, do viveiro florestal da Estação Experimental Prof. Ignácio Salcedo do Instituto Nacional do Semiárido – INSA, Campina Grande – Paraíba. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, arranjo fatorial 5 x 2, com quatro repetições, com cinco percentuais de água residual doméstica tratada, diluída em água de abastecimento (25%; 50%; 75%; 100% e água de abastecimento tratada), associados a dois fatores nutricionais (AF – adubação fosfatada e SA – sem adubação). Aos 110 dias após condução dos tratamentos, avaliaram-se as seguintes características do solo: potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sódio, fósforo, potássio, soma de bases, alumínio, hidrogênio, sulfato, capacidade de troca catiônica e matéria orgânica. O uso da adubação fosfatada contribuiu de maneira positiva nos teores de fósforo, carbono, matéria orgânica e capacidade de troca catiônica do solo. Os percentis crescente de água residuária alavancaram a soma de bases e a capacidade de troca catiônica, simultaneamente promoveu o aumento nos teores de Na<sup>+</sup>, Al, H<sup>+</sup>Al e na condutividade elétrica do extrato de saturação do solo.

**Palavras-chave:** Reuso de água; Aporte nutricional; Biofertilizante; Fertirrigação; Produção de mudas



## ABSTRACT

---

The interest in the use of wastewater has grown, due to the limitation of good quality water, especially in the semi-arid region. The objective was to analyze the chemical alterations of soil irrigated with wastewater and phosphate fertilization, in the production of seedlings of *Moringa oleifera* Lam. The experiment was installed in a greenhouse, in the forest nursery of the Experimental Station Prof. Ignácio Salcedo from the National Institute of the Semi-Arid Region – INSA, Campina Grande – Paraíba. A randomized block design was adopted, factorial arrangement 5 x 2, with four replications, with five percentages of treated domestic wastewater, diluted in supply water (25%; 50%; 75%; 100% and treated supply water), associated with two nutritional factors (PA – phosphorus fertilization and SA – without fertilization). At 110 days after conducting the treatments, the following soil characteristics were evaluated: hydrogen potential, electrical conductivity, calcium, magnesium, sodium, phosphorus, potassium, sum of bases, aluminum, hydrogen, sulfate, cation exchange capacity and organic matter. The use of phosphate fertilizer contributed positively to the phosphorus, carbon, organic matter and cation exchange capacity of the soil. The increasing percentiles of wastewater leveraged the sum of bases and the cation exchange capacity, simultaneously promoted the increase in Na<sup>+</sup>, Al, H<sup>+</sup>Al contents and in the electrical conductivity of the soil saturation extract.

**Keywords:** Water reuse; Nutritional intake; Biofertilizer; Fertirrigation; Seedling production

## 1 INTRODUÇÃO

A aplicação de água residuária doméstica tratada - ARDT na irrigação de cultivos agrícola representa uma eficaz ferramenta tecnológica a qual colabora para mitigação dos efeitos da escassez pelos recursos hídricos, principalmente em regiões semiáridas (Oliveira; Fernandes; Batista; Souza; Gurgel, 2014; Silva; Reis; Medeiros; Nóbrega; Dantas Neto, 2016; Martins; Fraga; Medeiros, 2020). A região semiárida do Brasil apresenta baixa pluviometria e distribuição irregular. Essas características comprometem de forma significativa a agricultura de subsistência, reduzindo o potencial produtivo das culturas e afetando negativamente a produção (Litre; Curi; Mesquita; Nasuti; Rocha, 2017; Valeriano; Oliveira; Santana; Paiva; Amaral, 2018).

A ARDT quando aplicada sem causar danos ao ambiente, além de ser uma alternativa para suprir a necessidade hídrica das culturas, tende a contribuir como fonte de macro e micronutrientes, tais como nitrogênio (N) e o fósforo (P), de fundamental importância para o desempenho e crescimento das plantas (Maimone; Harder, 2014; Souza; Nobre; Campos; Queiroz; Magalhães; Ferraz, 2017). Inclusive



Oliveira, Fernandes, Batista, Souza e Gurgel (2014) enfatizam que a aplicação de ARDT agrega vários fatores para a irrigação, tais como a redução do uso de adubos químicos. Atrelado a isso o uso de águas residuárias aumenta a produtividade das culturas, reduz o uso de água potável quando destinada para a irrigação e melhora as condições químicas do solo, devido ao aporte de nutrientes e matéria orgânica presentes na ARDT.

A maioria dos solos brasileiros são pobres no macronutriente fósforo, o que torna as áreas de cultivos dependentes de adubos fosfatados (P), essencial na transferência e no armazenamento de energia, além de auxiliar na absorção de outros elementos de nutrientes (Silva; Ignacio; Silva, 2017). Não diferente, o fósforo possui importância na produção de espécies florestais por desempenhar função de impulsionar o acúmulo de biomassa vegetal (Andrade; Pereira; Moraes; Silva; Barbosa Neto, 2018).

O uso de ARDT acrescida de macronutrientes a exemplo do fósforo, ocasiona então em uma fertirrigação, mecanismo conhecido por irrigar os vegetais com os fertilizantes diluídos em água. Esse método tem sido cada vez mais difundido, sobretudo no cultivo de frutíferas e hortaliças, inclusive pode ser verificado diversos estudos quanto a sua utilização e mudanças nos atributos químicos do solo (Costa; Vale; Batista; Silva; Lemos Filho; Santos, 2019; Sena; Ferreira; Silva, 2020).

Porém, ainda são escassos estudos quanto a sua utilização na produção de mudas florestais, seus efeitos no crescimento das culturas e suas relações com os atributos físico-químicos do solo (Pereira; Oliveira; Cavalcante; Dantas; Oliveira; Costa, 2016). Diante de tal lacuna, pesquisas que abordem a utilização de águas residuárias com teores de macronutrientes torna-se relevante para investigar seu potencial e efeitos nos atributos do solo após sua utilização.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo analisar os efeitos da fertirrigação com ARDT associada ao fósforo, sobre os atributos químicos do solo utilizado na produção de mudas de *Moringa oleífera* Lam.



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Fase de Laboratório

A caracterização química inicial do solo foi realizada no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba - UFPB (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise química do solo antes do experimento

pH	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	M.O
H <sub>2</sub> O (1:2,5)	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>									%
5,40	0,04	0,35	0,06	2,79	0,00	2,48	1,33	4,16	7,01	1,34

Fonte: Autores (2021)

A ARDT utilizada foi proveniente de dois ambientes. Nos primeiros 30 dias após o início do experimento, a ARDT foi captada na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários - EXTRABES que é o núcleo de pesquisas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG em parceria com a Universidade Estadual da Paraíba - UEPB e com a Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba – CAGEPA, no município de Campina Grande/PB. Esse efluente é originário de pia de cozinha de um edifício residencial localizado ao lado da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários, onde foi tratado por biorreator anaeróbio de membrana dinâmica com detenção hidráulica de 18 horas.

A partir dos 31 dias após o início do experimento até sua fase final, a ARDT utilizada foi coletada na Estação de Tratamento instalada na sede administrativa do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, Campina Grande/PB, esse efluente foi tratado por meio de Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB), a partir do efluente oriundo da pia de cozinha e banheiro da sede administrativa do INSA.

No tratamento controle, foi utilizada como testemunha água tratada, proveniente da rede pública de abastecimento de água para consumo humano, gerenciada pela Companhia de Água do Estado da Paraíba - CAGEPA.



Inicialmente, foram enviadas amostras da água utilizada na irrigação para análises físico-química no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) e Laboratório de Dessalinização (LABDES) do Centro de Testes de Tecnologias de Dessalinização de água – CTTD da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (Tabela 2).

Tabela 2 – Características químicas da água utilizada no experimento

Parâmetros	Água		
	Abastecimento CAGEPA	Residuária INSA	Residuária EXTRABES
pH	7,42	7,60	7,42
Condutividade Elétrica (dSm <sup>-1</sup> )	0,318	1,093	1,544
Cálcio (meq L <sup>-1</sup> )	0,80	0,92	0,79
Magnésio (meq L <sup>-1</sup> )	1,39	1,08	2,42
Sódio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,72	2,40	4,52
Nitrato [N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (mg L <sup>-1</sup> )	0,35	2,24	1,1
Nitrito [N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] (mg L <sup>-1</sup> )	0,015	0,081	0,056
Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	0,8	17,5	12,87
Potássio (mg dm <sup>-3</sup> )	42,9	230,1	269,1
Carbonatos (meq L <sup>-1</sup> )	0,00	0,40	0,00
Bicarbonatos (meq L <sup>-1</sup> )	1,14	5,80	9,15
Cloretos (meq L <sup>-1</sup> )	1,07	2,50	3,75
Sulfatos (meq L <sup>-1</sup> )	Ausência	Presença	Presença
Relação de Adsorção de Sódio	0,69	2,40	3,57
Classe de Água	C2	C3	C3
DQO (mg de O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	7,35	209,56	194,5
DBO <sub>5</sub> (mg de O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	5,60	102,05	79,92

Fonte: Autores (2022)

Os parâmetros analisados encontram-se no intervalo dos limites de restrição ao uso da água para irrigação conforme Almeida (2010). Inclusive em relação aos teores observados de Nitrato e Nitrito adequados para o consumo humano conforme Brasil (2017). Quanto aos níveis de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) para a irrigação requer cuidados ao longo do tempo, devido a presença de matéria orgânica.



## 2.2 Fase de viveiro

O experimento foi conduzido no viveiro florestal da Estação Experimental Prof. Ignácio Salcedo do Instituto Nacional do Semiárido – INSA, Unidade de Pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, situado em Campina Grande/PB (07° 16' 35,88" S; e 35° 57' 53,07" O, altitude de 483 m).

Foi adotado o delineamento estatístico em blocos casualizados (DBC) arranjados em esquema fatorial 5 x 2 com quatro repetições, sendo a parcela experimental constituída por quatro vasos, cada vaso com dois indivíduos da espécie *Moringa oleífera* Lam. Os tratamentos corresponderam a cinco concentrações de ARDT diluída em água de abastecimento (25, 50, 75 e 100%), um tratamento controle com água de abastecimento como testemunha, dois tratamentos com adubação fosfatada (AF) e sem adubação (SA). As unidades experimentais foram dispostas em fileiras simples com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,4 m entre plantas.

Foram utilizados vasos de polipropileno de cor preta, formato cilíndrico, com altura de 34 cm e diâmetro de 29 cm, preenchidos com 3,4 kg de brita (nº zero), com espessura fina, variando de 4,8 mm a 9,5 mm, a qual cobriu a base do vaso para auxiliar na drenagem. Os vasos possuíam um orifício na base lateral, acoplado a esse uma conexão de 90° de 20 mm de diâmetro, para viabilizar a livre drenagem, revestida com tela tipo fibra de vidro na malha 18 x 16 Fio 30 para diminuir a perda de solo junto à água drenada. Nas extremidades das conexões, foram conectadas garrafas pet com capacidade de 2 L para coleta do volume drenado.

Cada vaso foi preenchido com 20 kg de solo seco em ambiente e peneirado, classificado como Planossolo Háplico, com textura variando de arenosa a areia franco, coletado na profundidade de 0 - 30 cm.

Foi aplicado em cada vaso relativo ao tratamento com adubação fosfatada - AF a dosagem de 7,9 g kg<sup>-1</sup> de fósforo via fertirrigação, utilizando como fonte de P o fosfato de monoamônio (MAP) purificado (Dripsol®), com 61% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

As irrigações com ARDT e o tratamento controle (testemunha) foram realizados



três vezes por semana, aplicando água diretamente no solo de cada vaso. O volume de água drenado foi coletado na manhã do dia seguinte ao da irrigação. Por meio da diferença entre o volume aplicado via irrigação e drenado, foi estimado o consumo pelas plantas. Para obtenção de frações de lixiviação de 0,15 e 0,20, utilizou-se a expressão matemática de Rhoades (1974), conforme a Equação (1).

$$VI = \frac{IA-ID}{1-FL} \quad (1)$$

Em que: VI - Volume a ser irrigado (mL); IA - Irrigação aplicada anterior ou no período (mL); ID - Irrigação Drenada anterior ou no período (mL); FL - Fração de lixiviação (0,15 e 0,2).

As irrigações foram realizadas manualmente com auxílio de proveta graduada para medir as quantidades a serem aplicadas em cada vaso. Sendo o total de água aplicada por tratamento durante o período de estudo apresentado a seguir:

Tabela 3 - Aporte de água na irrigação por tratamento

Proporções da água de irrigação	Até 30 DAIT		Até 60 DAIT		Até 90 DAIT		Até 110 DAIT	
	ARDT	AA	ARDT	AA	ART	AA	ARDT	AA
	Litros							
100% (ARDT)	3,2	0	12	0	29,8	0	45,8	0
75% (ARDT) + 25% (AA)	2,4	0,8	9	3	22,4	7,4	34,4	11,4
50% (ARDT) + 50% (AA)	1,6	1,6	6	6	14,9	14,9	22,9	22,9
25% (ARDT) + 75% (AA)	0,8	2,4	3	9	7,4	22,4	11,4	34,4
100% (AA)	0	3,2	0	12	0	29,8	0	45,8

Fonte: Autores (2022)

Em que: DAIT - Dias Após Início dos Tratamentos; ARDT - Água Residuária Doméstica Tratada; AA - Água de abastecimento.

Aos 110 dias após início dos tratamentos (DAIT), foi coletada uma amostra de solo em cada um dos vasos, seco em temperatura ambiente e posteriormente peneirado (malha de 2 mm). Devidamente identificadas, as amostras foram encaminhadas para análise química em laboratório (pH, CE, Ca, Mg, Na, P, K, Soma de bases, Al, H, Sulfato, CTC e MO).



### 2.3 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática para as concentrações de água residuária e teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para os tratamentos com adubação fosfatada. Com auxílio do *software* Sisvar (Ferreira, 2014).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente o pH do solo utilizado no experimento foi de 5,40, no qual foi observado um aumento na faixa de pH quando irrigado nas diferentes proporções de ARDT (0; 25; 50; 75%), respectivamente, quando comparado ao pH inicial, exceto para o tratamento com 100% de ARDT (Tabela 4). Sendo que os valores observados estão dentro da faixa de pH considerado ideal para o cultivo agrícola em geral.

Tabela 4 – Valores de pH ao término do experimento, no solo irrigado com ARDT na produção de mudas de *Moringa oleifera* Lam

	Proporções de ARDT				
	0%	25%	50%	75%	100%
pH	5,71	5,79	5,83	5,62	5,16

Fonte: Autores (2022)

Em que: ARDT – Água Residuária Doméstica Tratada; AA – Água de abastecimento.

No tratamento com AF, observou-se uma elevada acidez do solo, com pH de 5,24. Ocorrendo um decréscimo de 12,8% no pH do solo quando comparado aos tratamentos com diferentes concentrações de ARDT e sem adubação fosfatada SA.

Essa redução no pH do solo com a aplicação AF está associada ao tipo do fertilizante aplicado (MAP) e à aplicação de cobertura vegetal que também é uma fonte nitrogenada. Dessa maneira, o nitrogênio amoniacal presente no fertilizante ocasionou a oxidação do amônio e conseqüentemente a liberação de  $H^+$  para o meio, resultando na acidificação do solo (Heinrichs; Soares Filho; Crociolli; Figueiredo; Fruchi;

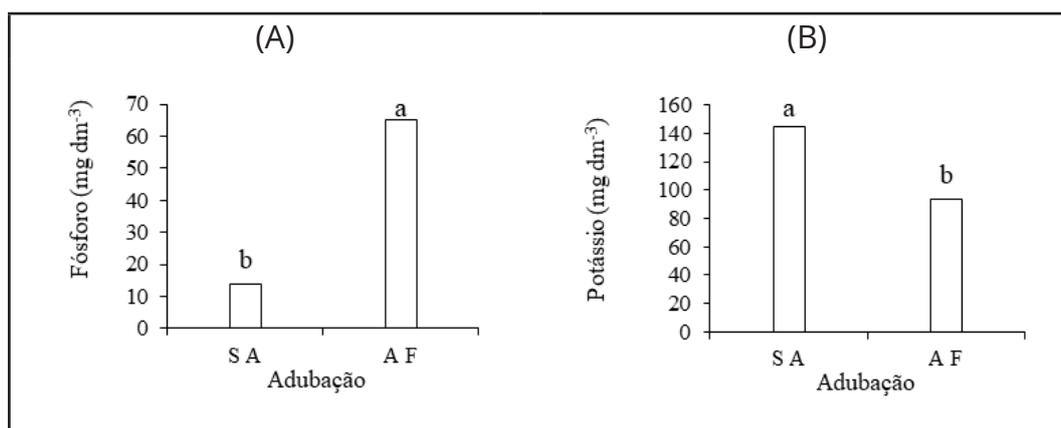


Kodel; Rodrigues, 2012; Garcia; Mendes, 2022). Lisboa, Heinrichs e Figueiredo (2017) ao avaliarem os efeitos da fosfatagem nos atributos químicos do solo, utilizando MAP como fonte de fósforo, observaram redução do pH, assim como os resultados obtidos por Ros, Sestari, Jaeger, Oliveira, Weber, Silva e Torchelsen (2019), os quais corroboraram que a aplicação da adubação fosfatada alterou a acidez, cujo pH do solo alterou de 6,0 para 4,4.

Já no tratamento controle foi observado um comportamento inverso, quando comparado ao pH do solo natural, ou seja, o pH do solo elevou-se.

O teor inicial de fósforo no solo verificado inicialmente foi de 14,16 mg dm<sup>-3</sup>, ao término do experimento esse teor de fósforo no solo com AF foi de 65,33 mg dm<sup>-3</sup>. Já no solo do tratamento SA o teor de fósforo foi de 13,74 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 1A). Essa redução no teor de fósforo do solo sem adubação fosfatada ocorreu em função da absorção do nutriente pela cultura, pelo processo de adsorção do solo, ou até mesmo pela lixiviação.

Figura 1 – (A) Valores médios de fósforo P (mg dm<sup>-3</sup>); (B) potássio K (mg dm<sup>-3</sup>), no solo na produção de mudas de *Moringa oleifera* Lam em função da adubação fosfatada



Fonte: Autores (2022)

Em que: SA = sem adubação fosfatada; AF= adubação fosfatada; Letras iguais nas barras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

O teor inicial de potássio no solo anteriormente à instalação do experimento foi de 139,9 mg dm<sup>-3</sup>, ao final do experimento observou-se teores de 93,32 e 144,33 mg



dm<sup>-3</sup> para os tratamentos com AF e AS, respectivamente (Figura 1B). Ocorrendo um incremento de 35,6% nos teores de potássio no solo do tratamento sem adubação. Esse acréscimo está diretamente relacionado ao aporte potássio ocasionado pela aplicação ARDT, que possuía uma elevada concentração desse elemento em sua composição (Tabela 2).

Quanto aos teores de sódio no solo ao final do experimento, observou-se relação proporcional entre os percentuais de ARDT e os teores médios de sódio no solo. A regressão linear aplicada ajustou-se satisfatoriamente aos dados, cujo teor de sódio no solo aumentou cerca de 236%, quando comparado à testemunha e 100% ARDT, na proporção de 100%, ARDT correspondeu ao maior teor de sódio, que foi de 0,34 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> (Figura 2A).

O aumento nos teores de Na<sup>+</sup> do solo foram ocasionados pela alta concentração desse elemento na água de irrigação (Tabela 2). De modo que antes do experimento, o solo apresentava 0,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Na<sup>+</sup>, enquanto as águas utilizadas na irrigação apresentavam teores 0,72; 2,40 e 4,52 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> respectivamente para água de abastecimento local, ARDT utilizada nos primeiros trintas dias e ARDT utilizada no restante do período de pesquisa.

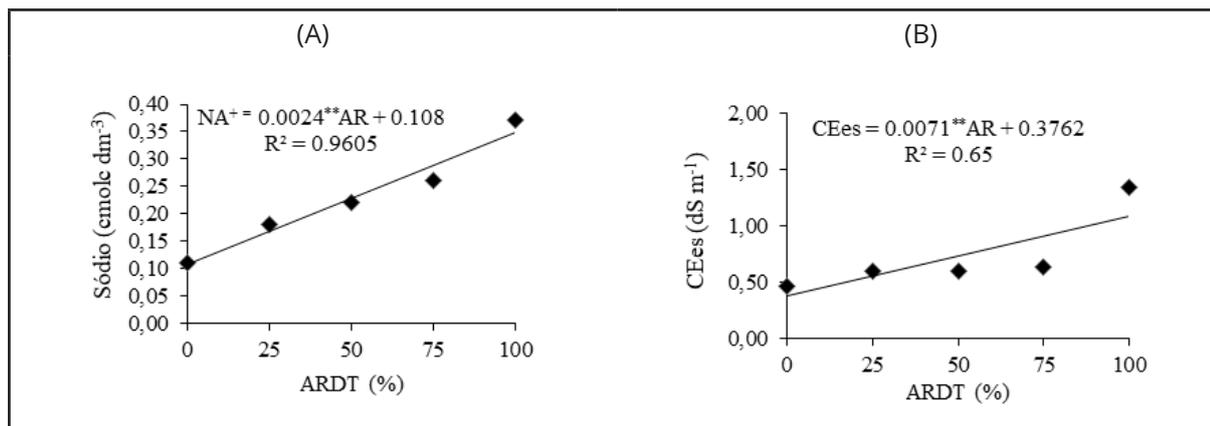
Nessas concentrações, o sódio influencia diretamente na disponibilidade de outros minerais importantes para as plantas, o que requer maior cautela na proporção de ARDT utilizada na irrigação agrícola. Ribeiro (2014), incorporando de 30 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de potássio no solo via água de esgoto sanitário tratado, observou um acúmulo de 51,3 a 202,2 kg ha<sup>-1</sup> de sódio na solução do solo em cultivo de milho. Teores elevados de Na<sup>+</sup> no solo podem diminuir a permeabilidade da água e do ar, alterando algumas propriedades físicas do solo pela dispersão dos colóides, bem como entupir os microporos, reduzindo a aeração e a infiltração de água (Medeiros; Gheyi; Pérez-Marin; Soares; Fernandes, 2011).

De acordo com Oliveira, Gloaguen, Gonçalves e Santos (2013), o efeito direto do sódio no solo ocorre quando seu excesso advém da água de irrigação, já de forma



indireta o excesso de sódio trocável no solo provoca condições físicas desfavoráveis para o crescimento da planta, em virtude da redução da mineralização do nitrogênio.

Figura 2 – (A) Valores médios de sódio  $\text{Na}^+$  ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e (B) condutividade elétrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) do extrato de saturação (CE.es) no solo após o cultivo de *Moringa oleífera* Lam em função da fertirrigação com água residuária (AR)



Fonte: Autores (2022)

Em que: ARDT = água residuária doméstica tratada.

Observou-se um incremento na condutividade elétrica do extrato de saturação em função das diferentes concentrações de ARDT (Figura 2B), saindo de  $0,47 \text{ dS m}^{-1}$  (0% de ARDT) para  $1,34 \text{ dS m}^{-1}$  (100% de ARDT). Esse aumento exponencial da condutividade elétrica do solo nos tratamentos com ARDT está diretamente relacionada à composição ARDT utilizada na irrigação, com  $1,09 \text{ dS m}^{-1}$  nos primeiros 30 dias e com  $1,55 \text{ dS m}^{-1}$  a partir dos 31 dias.

Ocorre que o excesso de sais presente na ARDT é acumulado no solo reduzindo a disponibilidade de água para a cultura, prejudicando seu desenvolvimento, e um decréscimo de produtividade, em casos mais severos, pode levar a um colapso da produção agrícola. Isso ocorre em razão da diminuição do potencial osmótico da solução do solo, por efeitos tóxicos dos íons específicos e alteração das condições físico-químicas, a exemplo do conteúdo de argila, capacidade de troca catiônica, teores de cálcio e magnésio e até mesmo do teor de matéria orgânica (Varallo; Souza; Santoro, 2012; Carmo; Silva, 2016).



Em relação ao teor de alumínio no solo em função das concentrações de ARDT, observou-se um aumento, variando de  $0,052 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (0% de ARDT) a  $0,118 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (100% ARDT) com incremento percentual na ordem de 126,9% (Figura 3A). Corroborando com Trevisan, Freitas, Rezende, Silvano e Faria Junior (2013) ao afirmarem que o aumento na proporção de água residuária tratada promove acréscimo na quantidade de  $\text{Al}^{3+}$  presente no solo.

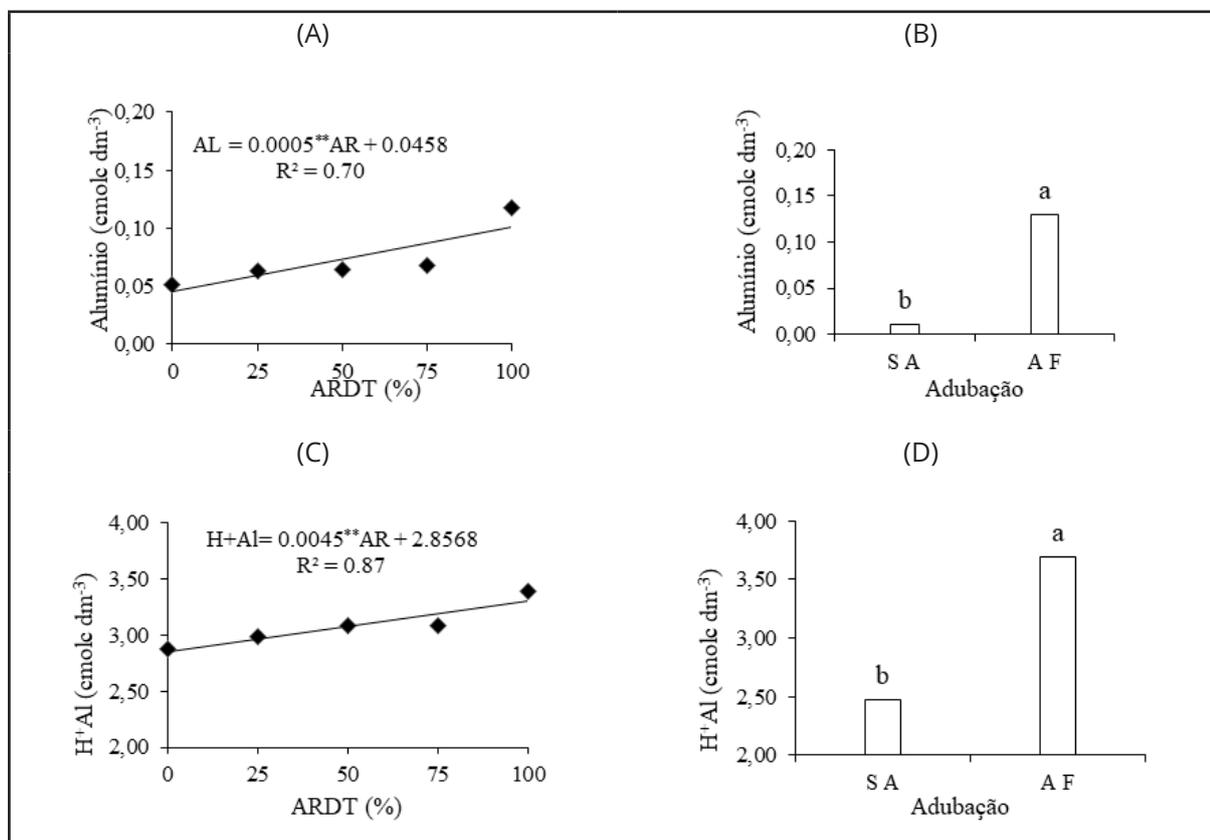
Observa-se que o solo no início do experimento apresentava  $0,00 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  de Al e que ao final do experimento o teor foi elevado para  $0,052 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para o tratamento (0% de ARDT).

De acordo com Lima, Severino, Ferreira, Silva, Albuquerque e Beltrão (2007) e Müller, Feldmann e Mühl (2022), o alumínio passa a ser tóxico no solo principalmente quando o pH do solo é inferior a 5,3, prejudicando o crescimento das raízes das plantas que, por consequência, limitam a exploração dos nutrientes no solo. Neste estudo, o pH do solo irrigado com 100% de ARDT foi de 5,1 e com adubação fosfatada foi de 5,24, reforçando a tese de que a água residuária em alta proporção pode provocar toxicidade do Al no solo. Com base nesses resultados, inferi-se que há necessidade de se monitorar os teores de  $\text{Al}^{3+}$  em solos submetidos a aplicações de ARDT.

A adubação fosfatada aumentou o teor de alumínio para  $0,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , elevando em 1300% em relação ao tratamento SA com  $0,01 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Figura 3B). Esse aumento ocorreu em função da mudança do pH solo, que controla a disponibilidade desse elemento (Malavolta, 1980). No entanto, fatores como o baixo teor de matéria orgânica e deficiência em bases trocáveis podem contribuir para o aumento no teor de alumínio e acidez potencial no solo (Lima; Severino; Ferreira; Silva; Albuquerque; Beltrão, 2007; Müller; Feldmann; Mühl, 2022). Novais, Alvarez, Barros, Fontes, Cantarutti e Neves (2007) afirmam que o alumínio na forma de cátion trivalente ( $\text{Al}^{3+}$ ) é um dos elementos principais na promoção de efeito fitotóxico em solos ácidos.



Figura 3 – (A) e (B) Valores médios de alumínio (Al) e (C) e (D) acidez potencial ( $H^+Al$ ) ( $cmol_c dm^{-3}$ ) do solo após a produção de mudas de *Moringa oleífera* Lam em função do uso de água residuária e adubação fosfatada



Fonte: Autores (2022)

Em que: ARDT = água residuária doméstica tratada; SA = sem adubação fosfatada; AF = adubação fosfatada; Letras iguais nas barras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Observa-se também relação proporcional entre a acidez potencial ( $H^+Al$ ) do solo e os percentuais de ARDT utilizado na fertirrigação, cujo valor da acidez potencial do solo variou de  $2,87 cmol_c dm^{-3}$  (0% ARDT) até  $3,38 cmol_c dm^{-3}$  (100% ARDT), cuja variação entre os percentuais mencionados foi de 17,7% (Figura 3C). Sabe-se que o teor da acidez potencial do solo inicial (sem irrigação) foi de  $2,79 cmol_c dm^{-3}$ , e ao final do experimento ao aplicar (100% ARDT) foi de  $3,38 cmol_c dm^{-3}$ , um aumento de 21,14%. Singh (2021) afirma que os elementos químicos presentes na água residuária são fatores limitantes para o uso agrícola devido às concentrações de sais dissolvidos e íons tóxicos, que modificam a sua acidez.



Já ao comparar a acidez potencial com o tratamento (SA), houve um decréscimo de 11,4% nos teores de  $(H^+Al)$ , com relação ao teor inicial do solo (sem aplicação de tratamento), cujo valor inicial do solo foi de  $2,79 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e ao final do experimento sem adubação fosfatada (SA) foi de  $2,47 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , já ao aplicar adubação fosfatada (AF) verificou-se um aumento de 49,3%, cujo teor final no solo foi de  $3,69 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . A diminuição nos teores de  $(H^+ Al)$  está relacionada ao aumento do pH do solo, uma vez que solos com pH acima de 5,5 aumentam os teores de Al em solução no solo.

A soma de bases aumentou em função da concentração de ARDT, com médias de  $3,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (sem ARDT) e  $4,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (100% de ARDT), com um incremento de 17,2% (Figura 4A). Esse resultado ocorreu pelo fato de que a quantidade de Ca, Mg, Na e K presentes na água residuária é maior do que na água de abastecimento utilizada como tratamento de controle. Por outro lado, a soma de bases do solo inicialmente era de  $4,22 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , ou seja, maior que ao final do experimento ( $4,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). Tal comportamento foi ocasionado pelo maior aporte de nutriente ofertado à cultura da Moringa, ou até mesmo pela perda desses elementos no processo de lixiviação.

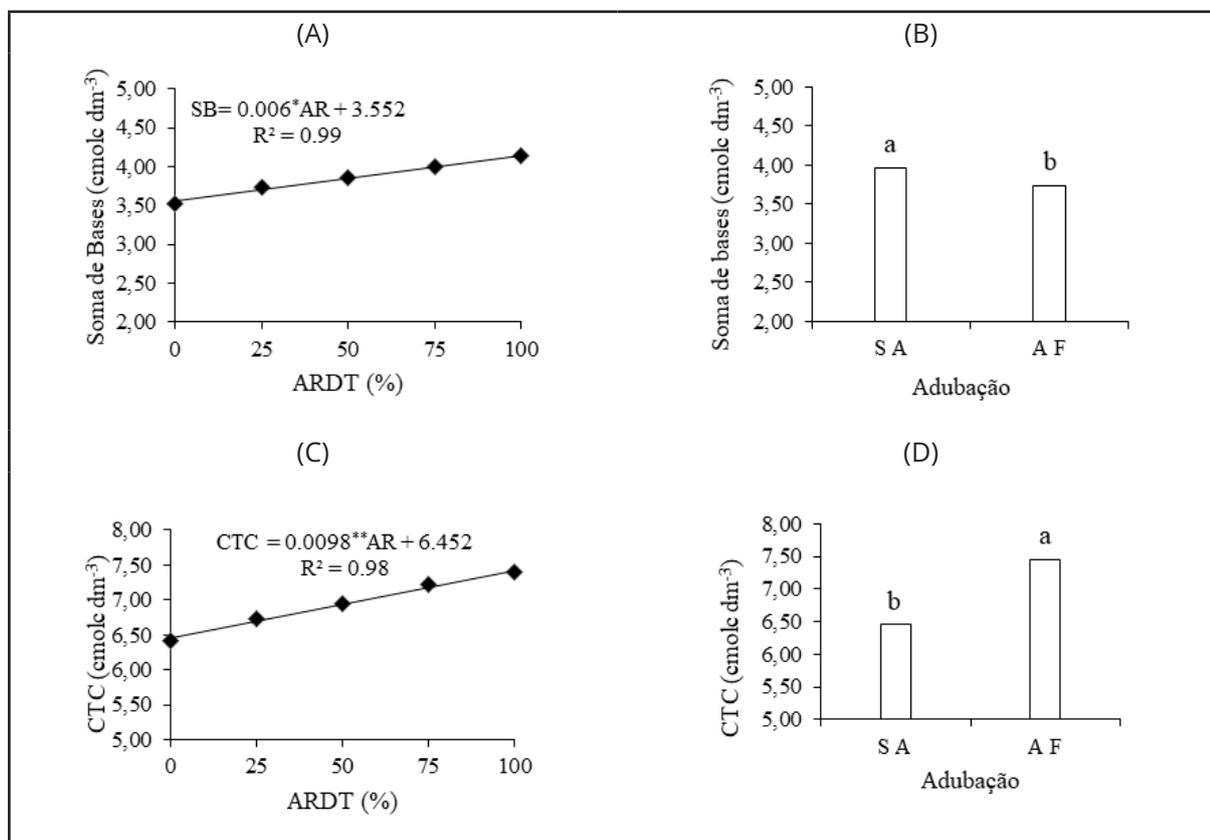
Varallo, Souza e Santoro (2012) observaram médias crescentes no solo quando se comparou o valor da soma de base no solo antes do experimento com o solo após aplicação de água residuária. Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Com a AF houve um decréscimo na soma de bases do solo de 5,7% quando comparado ao tratamento sem adubação fosfatada SA (Figura 4B). Correlacionando com a maior acidez no solo submetido ao tratamento com AF (5,24) e a maior concentração de  $H^+ + Al^{3+}$  (49,3%), influenciando na diminuição dos valores de SB e V%, e refletindo na perda de fertilidade do solo.

A capacidade de troca de cátions (CTC) do solo no final do experimento aumentou em função das concentrações de ARDT, variando de 6,41 a  $7,39 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  nos tratamentos com 0 e 100% de ARDT respectivamente (Figura 4C). A elevação da CTC pode ser atribuída ao aumento dos teores de  $H^+Al$ , bem como às bases trocáveis presentes na ARDT.



Figura 4 – (A) e (B) Valores médios da soma de bases (SB) em (cmolc dm<sup>-3</sup>); (C) e (D) da capacidade de trocas catiônicas (CTC) em (mmolc dm<sup>-3</sup>) do solo em função da fertirrigação com água residuária e adubação fosfatada



Fonte: Autores (2022)

Em que: ARDT = água residuária doméstica tratada; SA = sem adubação fosfatada; AF = adubação fosfatada; Letras iguais nas barras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

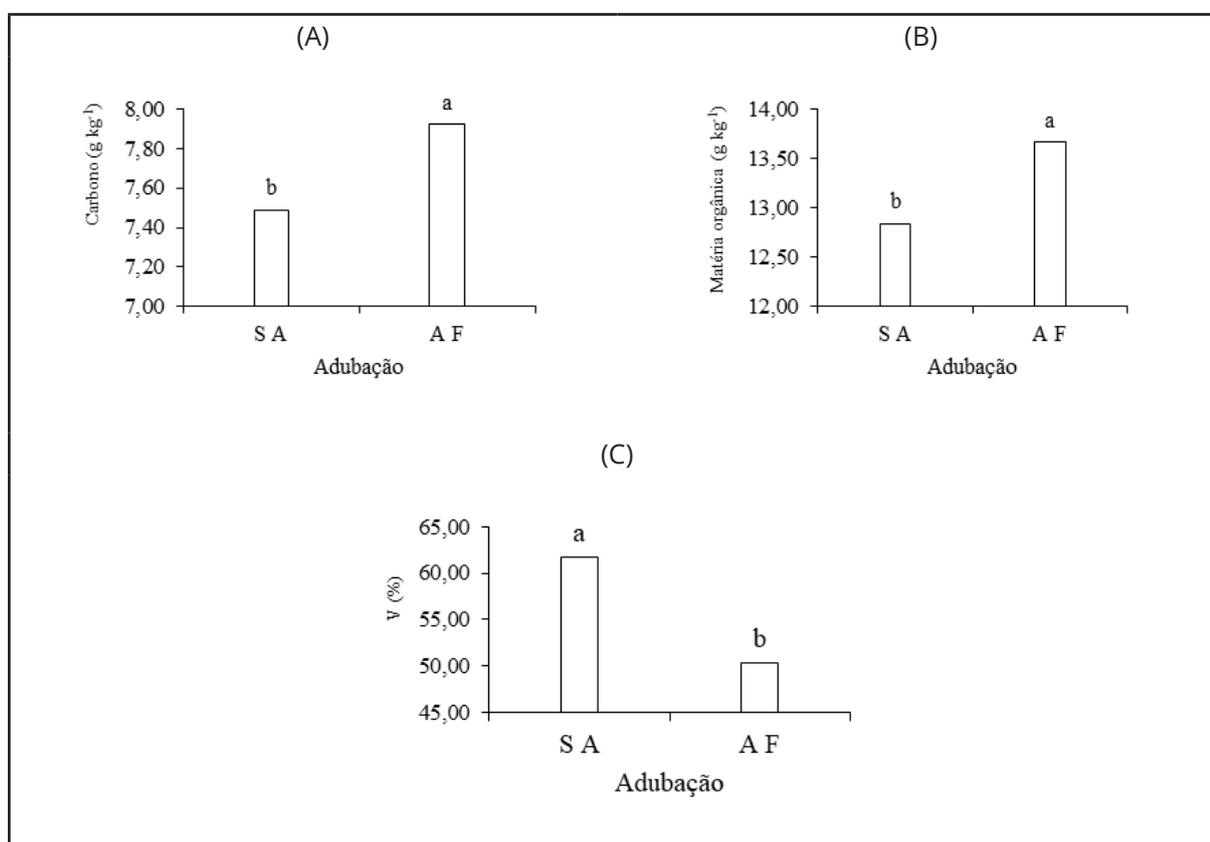
Fortes Neto, Veiga, Fortes, Targa, Gadioli e Peixoto (2013) e Santos, Santana, Ramos, Facioli e Gomes Filho (2018) atribuem esse aumento na CTC do solo ao aporte de nutrientes proporcionado pelo efluente utilizado como água de irrigação. Enquanto Erthal, Ferreira, Matos e Pereira (2010) enfatizam que esse aumento na CTC ocorre pela alta concentração de íons e colóides orgânicos presentes no efluente.

A CTC do solo aumentou em 15,3% com a adubação fosfatada (Figura 4D). Diretamente influenciada pela concentração de H<sup>+</sup>Al, visto que o solo do tratamento sem adubação fosfatada apresentou menor CTC, de modo que o pH do solo diminuiu quando submetidos à adubação fosfatada.



Observou-se uma maior concentração de carbono orgânico e matéria orgânica no solo com adubação fosfatada quando comparado com o solo sem adubação fosfatada (Figura 5A e 5B). O que é atribuído ao fato de que o carbono nos tratamentos com adubação fosfatada tenha mineralizado mais rapidamente, visto que o fósforo é um nutriente essencial para muitos microrganismos, cuja deficiência reduz as atividades microbianas do solo.

Figura 5 – (A) Valores médios de carbono – C em ( $\text{g kg}^{-1}$ ); (B) matéria orgânica (MO) em ( $\text{g kg}^{-1}$ ); e (C) saturação por bases (V%) do solo ao final do experimento em função da adubação fosfatada



Fonte: Autores (2022)

Em que: SA = sem adubação fosfatada; AF = adubação fosfatada; Letras iguais nas barras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Primieri, Muniz e Lisboa (2017) reportam que o aporte de carbono no solo é controlado pela taxa de decomposição do carbono orgânico, que é diretamente afetada pelo manejo a que o solo está submetido, alterando a quantidade, a qualidade do carbono e suas vias de acesso.



O solo com adubação fosfatada apresentou menor saturação por bases (V%), quando comparado com o solo sem adubação fosfatada (Figura 5C). Comportamento esse relacionado à CTC do solo, onde o solo submetido à adubação fosfatada apresentou maior teor de  $H^+Al$  do que de bases trocáveis do solo, auferindo assim que a adição de fósforo na quantidade utilizada não contribuiu para o aumento da fertilidade do solo, uma vez que a saturação inicial antes do experimento era de 60%.

Aumentos na saturação por bases também foram observados por Fortes Neto, Veiga, Fortes, Targa, Gadioli e Peixoto (2013) e Sanches, Missio e Cordeiro (2022) com o uso de ARDT na irrigação. Santos, Santana, Ramos, Facioli e Gomes Filho (2018) argumentam que, de forma geral, os valores aumentados de CTC e de V% no solo irrigado com água residuária se devem aos considerados níveis de íons e colóides orgânicos concentrados na água residuária.

## **4 CONCLUSÕES**

A aplicação de ARDT ocasionou alterações na capacidade de troca catiônica do solo, promovendo aumento nos teores de  $Na^+$ ,  $Al$ ,  $H^+Al$  e na condutividade elétrica do solo.

A adubação fosfatada ocasionou aumento nos teores de fósforo, carbono, matéria orgânica e CTC, com elevada acidez no solo.

A utilização de ARDT para fins de irrigação na produção de mudas é recomendada, porém na irrigação agrícola requer mais pesquisas sobre sua utilização em maior escala.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias da UFPB e ao INSA/MCTI.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água para irrigação**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
- ANDRADE, F. H. A.; PEREIRA, W. E.; MORAIS, R. R.; SILVA, A. F.; BARBOSA NETO, M. A. Effect of phosphorus application on substrate and use of saline water in sugar-apple seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 2, p. 190-199, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-40632018v48n2035>
- BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Anexo XX da Portaria de Consolidação 5**, de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano. Brasília: SVS, 2017.
- CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Condutividade elétrica e crescimento do milho em solos contrastantes sob aplicação de diversos níveis de calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n.10, p.1762-1772, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001000008>
- COSTA, D. O.; VALE, H. S. M.; BATISTA, R. O.; SILVA, P. C. M.; LEMOS FILHO, L. C. A.; SANTOS, D. B. Suscetibilidade ao entupimento de gotejadores aplicando água residuária doméstica tratada. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.12, n.4, p.1251-1266, 2019. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n4p1251-1266>
- ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G. Alterações físicas e químicas de um argisolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 467-477, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000500003>
- FERREIRA, D. F. **Programa Sisvar**: Sistema de Análise de Variância. Versão 4.6 (Build 6.0). UFLA/DEX, Lavras, Brasil. 2014.
- FORTES NETO, P.; VEIGA, P. G. A.; FORTES, N. L. P.; TARGA, M. S.; GADIOLI, J. L.; PEIXOTO, P. H. M. Alterações químicas do solo e produção de aveia fertilizada com água residuária do tratamento de esgoto sanitário. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 8, p. 71-83, 2013. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- GARCIA, J. C.; MENDES, M. B. Fontes de fósforo mineral e organomineral no estado nutricional e no crescimento inicial da cana-de-açúcar. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 5, n. 2, p. 2003-2013, 2022. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n2-044>
- HEINRICHS, R.; SOARES FILHO, C.V.; CROCIOLLI, C.A.; FIGUEIREDO, P.A.M.; FRUCHI, V.M.; KODEL, F.J.; RODRIGUES, T.A. Doses and sources of nitrogen fertilizer and their effects on soil chemical properties and forage yield of Brachiaria brizantha cv. Xaraés. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1745-1754, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n5p1745>
- LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; SILVA, M. I. L.; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 11, n. 1, 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/255658989\\_CRESCIMENTO\\_DA\\_MAMONEIRA\\_EM\\_SOLO\\_COM\\_ALTO\\_TEOR\\_DE\\_ALUMINIO\\_NA\\_PRESENCIA\\_E\\_AUSENCIA\\_DE\\_MATERIA\\_ORGANICA#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/255658989_CRESCIMENTO_DA_MAMONEIRA_EM_SOLO_COM_ALTO_TEOR_DE_ALUMINIO_NA_PRESENCIA_E_AUSENCIA_DE_MATERIA_ORGANICA#fullTextFileContent). Acesso em: 10 mai. 2022.



LISBOA, L. A. M.; HEINRICHS, R.; FIGUEIREDO, P. A. M. Efeitos da fosfatagem nos atributos químicos do solo e produção de cana-de-açúcar para forragem. **Boletim de Indústria Animal**, v. 74, n. 3, p. 213-220, 2017. <https://doi.org/10.17523/bia.v74n3p213>

LITRE, G.; CURI, M.; MESQUITA, P. S.; NASUTI, S.; ROCHA, G. O desafio da comunicação da pesquisa sobre riscos climáticos na agricultura familiar: a experiência de uso de cartilha educativa no Semiárido nordestino. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 40, p.207-228, 2017. <https://doi.org/10.5380/dma.v40i0.49069>

MAIMONE, J. C. C; HARDER, M. N. C. Uso e conservação da água na produção de alimentos e energia. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v. 4, n. 2, p.1-26, 2014.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora agronômica Ceres Ltda. 1980. 251 p.

MARTINS, E. L.; FRAGA, V. S.; MEDEIROS, S. S. Utilização de água residuária tratada na recuperação da fertilidade de solo degradado no semiárido paraibano. **Revista Principia**, v. 1, n. 50, p. 90-98, 2020. <https://doi.org/10.18265/1517-03062015v1n50p90-98>

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; PÉREZ-MARIN, A. M.; SOARES, F. A. L.; FERNANDES, P. D. Características químicas do solo sob algodoeiro em área que recebeu água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n. 03, p.1047- 1055, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000300038>

MÜLLER, T.; FELDMANN, N. A.; MÜHL, F. R. Diagnóstico da fertilidade do solo de pequenas em propriedades nos municípios de Itapiranga e São João do Oeste. **Revista Inovação – Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, v. 1, n. 1, p. 29-45, 2022.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 207, 2007.

OLIVEIRA, A. F. M.; FERNANDES, F. G. B. C.; BATISTA, R. O.; SOUZA, L.; GURGEL, M. T. Teores de metais pesados em cambissolo irrigado com água residuária doméstica e água de poço/ Heavy metal contents in irrigated cambisoil with domestic wastewater and well water. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 2, p. 302-312, 2014. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1309>

OLIVEIRA, P. C. P.; GLOAGUEN, T. V.; GONÇALVES, R. A. B.; SANTOS, D. L. Produção de moranga irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi**, v. 17, n. 8, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000800010>

PEREIRA, K. T. O.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, A. L. G.; DANTAS, R. P.; OLIVEIRA, M. K. T.; COSTA, J. P. B. M. Qualidade de mudas de moringa sob diferentes níveis de nutrientes aplicados via fertirrigação. **Brazilian Journal of Forest Research/Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 497-504, 2016. <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.1038>

PRIMIERY, S.; MUNIZ, A. W.; LISBOA, H. M. Dinâmica do carbono no solo em ecossistemas nativos e plantações florestais em Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.110314>



RHOADES, J. Drainage for salinity control. In: Shilfgaard, J. Van (Ed.). Drainage for Agriculture. **American Society of Agronomy**, v. 1, n.1, p. 433-462. 1974.

RIBEIRO, D. P. **Alterações químicas em solo cultivado com milho, algodoeiro e feijoeiro em sucessão e fertirrigado com esgoto sanitário tratado**. 2014. 76p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2014.

ROS, C. O.; SESTARI, G.; JAEGER, C.; OLIVEIRA, E. H.; WEBER, L.; SILVA, R. F.; TORCHELSEN, M. Efeito da calagem e da adubação fosfatada no crescimento inicial e na nutrição das plantas de *Khaya ivorensis*. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 123, p. 430-439, 2019. <https://doi.org/10.18671/scifor.v47n123.05>

SANCHES, L. R.; MISSIO, R. F.; CORDEIRO, J. Influência da fertirrigação com água residuária sobre o solo e crescimento de mudas arbóreas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e53411223043, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.23043>

SANTOS, C. K.; SANTANA, F. S.; RAMOS, F. S. M.; FACIOLI, G. G.; GOMES FILHO, R. R. Impacto do uso de efluentes nas características do solo cultivado com quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada - RBAI**, v. 12, n. 4, p. 2776, 2018. <https://doi.org/10.7127/rbai.v12n400975>

SENA, C. C. R.; FERREIRA, A. A.; SILVA, V. C. R. Mudança dos atributos químicos do solo após a aplicação de água residuária. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, v. 9, n. 2, p. 1-10, 2020. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/biociencia/article/view/10008>. Acesso em: 30 ago. 2023.

SILVA, M. R.; IGNACIO, L. A.; SILVA, G. A. Desenvolvimento de mudas de maracujá amarelo em função de diferentes doses fósforo reativo. – **Reagro**, v.6, n.1, p.41-50, jan./jun. 2017. Disponível em: [https://www.fatecjales.edu.br/revista-agro/images/artigos/1a\\_edicao/volume6/desenvolvimento-de-mudas-de-maracuja-amarelo-na-utilizacao-de-diferentes-doses-fosforo-reactivo.pdf](https://www.fatecjales.edu.br/revista-agro/images/artigos/1a_edicao/volume6/desenvolvimento-de-mudas-de-maracuja-amarelo-na-utilizacao-de-diferentes-doses-fosforo-reactivo.pdf). Acesso em: 10 jun. 2022.

SILVA, S. S.; REIS, C. F.; MEDEIROS, S. S.; NÓBREGA, R. F.; DANTAS NETO, J. Potencial do uso de água residuária na silvicultura utilizando espécies nativas da caatinga. **Irriga & Inovagri**, v. 1, n. 1, p. 93-98, 2016. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p93-98>

SINGH, A. A review of wastewater irrigation: Environmental implications. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 168, 105454, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105454>

SOUZA, M. A.; NOBRE, R. G.; CAMPOS, A. C.; QUEIROZ, M. M. F.; MAGALHÃES, I. D.; FERRAZ, R. L. S. Características biométricas e acúmulo de fitomassa da berinjela sob irrigação com água residuária e doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada - RBAI**, v. 11, n. 7, p. 1975-1985, 2017. <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n700665>

TREVISAN, A. P.; FREITAS, P. S. L. de; REZENDE, R.; SILVANO, C.; FARIA JUNIOR, C. A. Atributos químicos do solo e qualidade do percolado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16, p. 2686-2697, 2013. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/atributos%20quimicos.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.



VALERIANO, T. T. B.; OLIVEIRA, A. F.; SANTANA, M. J.; PAIVA, I. A.; AMARAL, D. R. Reposições de água no solo e incidência de doenças foliares em cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Irriga*, v. 23, n. 4, p. 697-712, 2018. <https://doi.org/10.15809/irriga.2018v23n4p697-712>

VARALLO, A. C. T.; SOUZA, C. F.; SANTORO, B. L. Mudanças nas características físico-químicas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico após a irrigação com água de reuso na cultura da alface-crespa. *Engenharia Agrícola*, v. 32 n. 2, p. 271-279, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000200007>

## **Contribuição de Autoria**

### **1 Armando Rodrigues de Melo**

Agroecólogo, Mestre em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais

<https://orcid.org/0000-0002-7952-7264> • armando.melo.7@gmail.com

Contribuição: Conceituação; Curadoria de dados; Análise de dados; Escrita do manuscrito original; Escrita – revisão e edição

### **2 Patrícia Ferreira da Silva**

Engenheira Agrônoma, Doutora em Engenharia Agrícola

<https://orcid.org/0000-0002-4580-2336> • patrycyafs@yahoo.com.br

Contribuição: Supervisão; Metodologia; Validação de dados e experimentos; Análise de dados; Escrita – revisão e edição

### **3 José Dantas Neto**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia

<https://orcid.org/0000-0003-0798-6717> • zedantas1955@gmail.com

Contribuição: Administração do projeto; Metodologia; Supervisão; Validação de dados e experimentos; Escrita – revisão e edição

### **4 Francisco de Assis da Silva**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola

<https://orcid.org/0000-0003-4558-1147> • agrofdsilva@gmail.com

Contribuição: Conceitualização; Análise de dados; Escrita – revisão e edição



## 5 Djailson Silva da Costa Júnior

Engenheiro Florestal, Doutor em Ciências Florestais

<https://orcid.org/0000-0002-9513-4268> • [djailson.junior@insa.gov.br](mailto:djailson.junior@insa.gov.br)

Contribuição: Conceitualização; Escrita – revisão e edição

## 6 Aldrin Martin Pérez-Marin

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Energia Nuclear na Agricultura e Meio Ambiente

<https://orcid.org/0000-0001-9855-3284> • [aldrin.perez@insa.gov.br](mailto:aldrin.perez@insa.gov.br)

Contribuição: Administração do projeto; Metodologia; Supervisão; Validação de dados e experimentos; Escrita – revisão e edição

## Como citar este artigo

MELO, A. R.; SILVA, P. F.; DANTAS NETO, J.; SILVA, F. A.; COSTA JUNIOR, D. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Alterações químicas do solo após irrigação com efluentes e adubação fosfatada cultivado com *Moringa oleifera* Lam. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 3, e70786, p. 1-22, 2023. DOI 10.5902/1980509870786. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509870786>. Acesso em: dia mês abreviado. ano.