



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

LIDIANE ARAÚJO VIEIRA DOS SANTOS

**ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA SALINEIRA: CARACTERIZAÇÃO E
ADEQUAÇÃO PARA USO COMO FERTILIZANTE**

MOSSORÓ

2022

LIDIANE ARAÚJO VIEIRA DOS SANTOS

**ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA SALINEIRA: CARACTERIZAÇÃO E
MELHORAMENTO PARA USO COMO FERTILIZANTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tratamento e Uso Agrícola de Resíduos e seus Impactos no Solo e Água.

Orientador: José Francismar de Medeiros, Engo. Agro., Dr., UFERSA.

MOSSORÓ

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

SS237 Santos, Lidianne Araújo Vieira dos.

Água residuária da indústria salineira:
caracterização e adequação para uso como
fertilizante / Lidianne Araújo Vieira dos Santos.
- 2022.

81 f.: il.

Orientador: José Francismar de Medeiros.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2022.

1. Sal marinho. 2. Magnésio. 3. Agricultura.
I. Medeiros, José Francismar de, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LIDIANE ARAÚJO VIEIRA DOS SANTOS

**ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA SALINEIRA: CARACTERIZAÇÃO E
MELHORAMENTO PARA USO COMO FERTILIZANTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tratamento e Uso Agrícola de Resíduos e seus Impactos no Solo e Água.

Defendida em: 23/02/2022

BANCA EXAMINADORA



Dr. José Francismar de Medeiros
Presidente (UFERSA)



Dr. Marcelo Tavares Gurgel
Membro examinador (UFERSA)



Dr. Francisco de Assis de Oliveira
Membro examinador (UFERSA)



Dra. Kaline Dantas Travassos
Membro examinador (Externo)



Dr. José Leônicio de Almeida Silva
Membro examinador (Externo)

A meu pai **José Ubirajara Vieira**
(*In Memoriam*).

À **Jacira Izabel**, minha mãe e **Maria**
Laura Vieira dos Santos, minha filha.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

Ao meu pai José Ubirajara (*in memoriam*) por todo incentivo, esforço e coragem para que pudéssemos estudar.

À minha filha Maria Laura por estar sempre ao meu lado.

À minha mãe e minhas irmãs Lígia e Lílían por toda força, incentivo, e por serem minha base nos momentos mais difíceis.

A Carlos Antônio por todo suporte e cuidado com nossa filha na minha ausência.

Ao meu orientador José Francismar de Medeiros por todo aprendizado, sobretudo pela paciência e sabedoria que levarei pra minha vida.

Aos professores desse programa de pós-graduação que são exemplos de dedicação aos discentes.

Aos meus amigos de caminhada, de modo especial Mikhael Rangel, Sandy Tomaz, Kaline Dantas, Daisy, Rodrigo Rafael e Maria Valdete pelo companheirismo.

Aos funcionários do laboratório de solos da UFERSA.

Ao funcionário Sergio por todo trabalho durante a fase de experimento.

A CAPES pela concessão da bolsa.

Aos meus alunos da UFERSA Pau dos Ferros pela oportunidade de aprendizado e crescimento profissional durante minha breve atuação como docente nessa instituição.

“Por vezes, Deus permite que cheguemos ao limite de nossas possibilidades. E, então, ali, não podemos mais. Passamos a depender totalmente do poder de Deus. Naquele momento, com o que resta da nossa fé, Ele nos surpreende”.

Samer Agi

RESUMO GERAL

O sal é um dos minerais mais consumidos no mundo. O Brasil está entre os maiores produtores, sendo o estado do Rio Grande do Norte o maior produtor nacional. No entanto, a indústria tem como foco a produção do NaCl, popularmente conhecido como sal de cozinha, sendo que é possível produzir outros sais para as mais diversas finalidades, dentre elas a agricultura. Este trabalho tem como objetivo analisar a água residuária da indústria salineira para uso como fertilizante na agricultura. A pesquisa foi realizada na Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA, Mossoró/RN. Inicialmente a água residuária foi coletada nos cristalizadores de salinas em Areia Branca/RN, e no laboratório de solos da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) foi realizada a caracterização pelo processo de evaporação, onde analisavam-se amostras dessa água a diferentes densidades. Na fase seguinte, a água residuária foi aplicada em dois tipos de solo, sendo Cambissolo Háplico e Latossolo Vermelho Distrófico Argissólico, em que foi possível avaliar os impactos dessa água nas características químicas desses dois solos. Em seguida, a água residuária foi utilizada na água de irrigação em 2 tipos de solo, sendo um mais argiloso, Cambissolo Háplico, e um mais arenoso, Neossolo Quartzarênico, conduzidos em estufa para a cultura do melão do tipo cantaloupe americano. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Após a caracterização foi possível obter um composto de magnésio, potássio, enxofre e micronutrientes para aplicação na agricultura. Aplicado ao solo, alterou as características químicas conforme o tipo de solo, aumentou a saturação de bases no Latossolo sem provocar salinização. Por fim, ao se aplicar na cultura do meloeiro, constatou-se incremento de magnésio para os dois solos sem conferir caráter salino ou sódico, concentrou mais nutrientes na planta do solo arenoso, apresentou melhor qualidade pós-colheita para o fruto do solo mais argiloso, e maior concentração de nutrientes para o fruto do solo mais arenoso.

Palavras-chave: Sal marinho. Magnésio. Agricultura.

GENERAL ABSTRACT

Salt is one of the most consumed minerals in the world. Brazil is among the largest producers, with the state of Rio Grande do Norte being the largest national producer. However, the industry focuses on the production of NaCl, popularly known as table salt, and it is possible to produce other salts for the most diverse purposes, including agriculture. This work aims to analyze the wastewater from the saline industry for use as fertilizer in agriculture. The research was carried out at the Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA, Mossoró/RN. Initially the wastewater was collected in the crystallizers of salines in Areia Branca/RN, and in the soil laboratory of the Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) the characterization was carried out by the evaporation process, where samples of this water were analyzed at different densities. In the next phase, the wastewater was applied to two types of soil, Haplic Cambisol and Argisolic Dystrophic Red Latosol, in which it was possible to evaluate the impacts of this water on the chemical characteristics of these two soils. Then, the wastewater was used in irrigation water in 2 types of soil, one more clayey, Haplic Cambisol, and one more sandy, Quartzarenic Neosol, conducted in a greenhouse for the cultivation of American cantaloupe type melon. The data obtained were submitted to analysis of variance and regression analysis. After characterization, it was possible to obtain a compound of magnesium, potassium, sulfur and micronutrients for application in agriculture. Applied to the soil, it changed the chemical characteristics according to the type of soil, increased the base saturation in the Latosol without causing salinization. Finally, when applied to the melon crop, there was an increase in magnesium for the two soils without conferring saline or sodic character, it concentrated more nutrients in the sandy soil plant, presented better post-harvest quality for the fruit of the more clayey soil, and higher concentration of nutrients for the fruit in the sandy soil.

Keywords: Sea salt. Magnesium. Agriculture.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - USO DA ÁGUA RESIDUÁRIA PROVENIENTE DA INDÚSTRIA SALINEIRA COMO ALTERNATIVA PARA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES

Figura 1: Volume de água mãe (A.M.), volume de água evaporada (Água evap.) e massa de sais (Massa sal) precipitados em função da concentração de água mãe obtida durante o processo de evaporação em estufa de circulação forçada ajustada para uma temperatura de 38°	20
Figura 2: Composição química da água residuária para diferentes concentrações obtidas	22

CAPÍTULO II - IMPACTOS DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA SALINEIRA SOBRE AS RELAÇÕES CATIÔNICAS EM CAMBISSOLO E LATOSSOLO

Figura 1: Local de coleta da água residuária de salina utilizada no experimento	32
Figura 2: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre o pH de Cambissolo e de Latossolo	35
Figura 3: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre a condutividade elétrica de Cambissolo e de Latossolo	36
Figura 4: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre o teor de potássio em Cambissolo e de Latossolo	36
Figura 5: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre o teor de sódio em Cambissolo e de Latossolo	37
Figura 6: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre o teor de cálcio em Cambissolo e de Latossolo	38
Figura 7: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre o teor de magnésio em Cambissolo e de Latossolo	38
Figura 8: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre a acidez potencial em Cambissolo e de Latossolo	39
Figura 9: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre a CTC em Cambissolo e de Latossolo	39
Figura 10: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre a saturação por bases em Cambissolo e de Latossolo	40

CAPÍTULO III - ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA SALINEIRA NA CULTURA DO MELOEIRO

Figura 1: Experimento em condução	49
Figura 2: Variação do pH nas coletas 1 e 2 do solo argiloso (S1)	56
Figura 3: Variação do Mg nas coletas 1 e 2 do solo argiloso (S1)	57
Figura 4: Variação do Na nas coletas 1 e 2 do solo argiloso (S1)	58
Figura 5: Variação do Ca nas coletas 1 e 2 do solo argiloso (S1)	58
Figura 6: Variação do pH nas coletas 1 e 2 do solo arenoso (S2)	60
Figura 7: Variação do Mg nas coletas 1 e 2 do solo arenoso (S2)	61
Figura 8: Variação do K nas coletas 1 e 2 do solo arenoso (S2)	62
Figura 9: Variação do Na na folha diagnose do meloeiro para o solo arenoso (S2)	64
Figura 10: Variação do Mg na folha diagnose do meloeiro para o solo arenoso (S2)	64
Figura 11: Variação do Mg na folha diagnose do meloeiro para o solo argiloso (S1)	65
Figura 12: Variação do Cu na folha diagnose do meloeiro para o solo arenoso (S2)	65
Figura 13: Variação do Mn na folha diagnose do meloeiro para o solo arenoso (S2)	66
Figura 14: Variação do S na folha diagnose do meloeiro para o solo arenoso (S2)	66

Figura 15: Variação do S na folha diagnose do meloeiro para o solo argiloso (S1).....	67
Figura 16: Variação do teor de Mg para a planta do solo argiloso (S1).....	68
Figura 17: Variação do teor de Na, K, Ca e Mg para a planta do solo arenoso (S2)	69
Figura 18: Variação do teor de Cu para a planta do solo arenoso (S2).....	70
Figura 19: Variação da firmeza, espessura da casca, brix, massa fresca do fruto, massa seca do fruto, massa fresca do vegetal, massa fresca total e massa seca total na qualidade pós-colheita dos frutos cultivados em solo argiloso (S1)	72
Figura 20: Variação do diâmetro transversal e massa seca do fruto na qualidade pós-colheita dos frutos cultivados em solo arenoso (S2)	73
Figura 21: Teor de K dos frutos cultivados em solo arenoso (S2).....	75
Figura 22: Teores de micronutrientes nos frutos cultivados em solo arenoso (S2)	76

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - USO DA ÁGUA RESIDUÁRIA PROVENIENTE DA INDÚSTRIA SALINEIRA COMO ALTERNATIVA PARA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES

Tabela 1: Composição inicial da água residuária coletada na salina e utilizada para evaporação	18
--	----

CAPÍTULO II - IMPACTOS DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA SALINEIRA SOBRE AS RELAÇÕES CATIÔNICAS EM CAMBISSOLO E LATOSSOLO

Tabela 1: Características químicas e físicas dos solos Cambissolo e Latossolo coletados na região Oeste do estado do Rio Grande do Norte.....	32
Tabela 2: Características químicas do efluente da indústria salineira aplicado em dois solos da região oeste do Rio Grande do Norte.....	32
Tabela 3: Quantidade de efluente da indústria salineira adicionado por tratamento.....	33
Tabela 4: Resumo da análise de variância de características químicas de solos irrigados com doses de água residuária da indústria salineira.	34
Tabela 5: Parâmetros indicadores da salinidade em um Latossolo após a aplicação de diferentes doses de efluente da indústria salineira	40

CAPÍTULO III - ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA SALINEIRA NA CULTURA DO MELOEIRO

Tabela 1: Atributos químicos e físicos e classificação textural do Cambissolo (S1).....	48
Tabela 2: Atributos químicos e físicos e classificação textural do Neossolo Quartzarênico (S2).	48
Tabela 3: Quantidade de nutrientes adicionados ao experimento por adubação	49
Tabela 4: Características químicas da água residuária.....	50
Tabela 5: Quantidade de água residuária adicionada por tratamento.....	50
Tabela 6: Quantidade de nutrientes adicionado aos tratamentos com a utilização da água residuária	51
Tabela 7: Teores de nutrientes do solo argiloso (Cambissolo Háplico) nas coletas 1 e 2.....	55
Tabela 8: Teores de nutrientes do solo arenoso (Neossolo Quartzarênico) nas coletas 1 e 2.....	59
Tabela 9: CE e PST dos solos argiloso e arenoso	62
Tabela 10: Determinação do Na e do teor de nutrientes na folha diagnose para os solos argiloso (S1) e arenoso (S2)	63
Tabela 11: Determinação de nutrientes na planta final para os solos argiloso (S1) e arenoso (S2) 80 dias após o semeio.....	68
Tabela 12: Qualidade pós-colheita e produção para os solos argiloso (S1) e arenoso (S2)	71
Tabela 13: Efeito da água residuária da indústria salineira nos frutos cultivados em solo argiloso (S1) e arenoso (S2).	75

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – USO DA ÁGUA RESIDUÁRIA PROVENIENTE DA INDÚSTRIA SALINEIRA COMO ALTERNATIVA PARA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES.....	14
1 INTRODUÇÃO	16
2 MATERIAL E MÉTODOS	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4 CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS	26
CAPÍTULO II – IMPACTOS DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA SALINEIRA SOBRE AS RELAÇÕES CATIONICAS EM CAMBISSOLO E LATOSSOLO	28
1 INTRODUÇÃO	30
2 MATERIAL E MÉTODOS	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4 CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS	42
CAPÍTULO III – ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA SALINEIRA NA CULTURA DO MELOEIRO	44
1 INTRODUÇÃO	46
2 MATERIAL E MÉTODOS	47
2.1 Caracterização da área experimental e condução do experimento	47
2.2 Delineamento experimental	49
2.3 Sistema de irrigação	51
2.4 Tratos culturais.....	51
2.5 Características avaliadas	52
2.6 Análises dos dados	55
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.1 Fertilidade do solo	55
3.2 Determinação dos nutrientes e do Na no tecido vegetal	63
3.3 Qualidade pós-colheita e produção do meloeiro irrigado com água residuária proveniente da indústria salineira.....	70
3.4 Efeito da água residuária da indústria salineira no fruto.....	74
4 CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS	78

CAPÍTULO I – USO DA ÁGUA RESIDUÁRIA PROVENIENTE DA INDÚSTRIA SALINEIRA COMO ALTERNATIVA PARA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES

RESUMO: A indústria salineira do Rio Grande do Norte tem como foco a produção de cloreto de sódio, mais conhecido como sal de cozinha, mas também pode produzir outros sais para diversas outras aplicações, inclusive a agricultura. Neste sentido, objetivou-se determinar a quantidade de água remanescente e a quantidade de sais após o processo de evaporação da água residuária, a composição química desta água e o seu potencial de uso como fertilizante. Para isso, utilizou-se a água residuária coletada nos cristalizadores de salinas na cidade de Areia Branca/RN. As amostras foram analisadas no Laboratório de Análise de Água, Solo e Plantas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos, referente às concentrações de 27,6; 30,1; 33,4; 33,8 e 37,0 °Bé e quatro repetições. O processo de evaporação foi produzido em estufa de circulação forçada à temperatura de 38 °C por um período de 12 dias. Diariamente realizavam-se medições de temperatura, densidade e peso das bandejas. Foram avaliadas a CE, e as concentrações de Na, K, Ca, Mg, Cl, HCO₃ e S no diluído 1:100, e as concentrações de Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd e Cr no diluído 1:10, todos em água. Os dados interpretados por análise de variância e de regressão utilizando modelos polinomiais no software SISVAR. Verificou-se que após a caracterização e adequação da água residuária por evaporação é possível obter um composto de magnésio, potássio, enxofre e micronutrientes para aplicação na agricultura.

Palavras-chave: Salmoura. Efluente. Agricultura.

CHAPTER I - USE OF WASTE WATER FROM THE SALINER INDUSTRY AS ALTERNATIVE FOR FERTILIZING PRODUCTION

ABSTRACT: The salt industry in Rio Grande do Norte focuses on the production of sodium chloride, better known as table salt, but it can also produce other salts for several other applications, including agriculture. In this sense, the objective was to determine the amount of remaining water and the amount of salts after the wastewater evaporation process, the chemical composition of this water and its potential for use as a fertilizer. For this, wastewater collected in salt crystallizers in the city of Areia Branca/RN was used. The samples were analyzed in the Laboratory of Analysis of Water, Soil and Plants of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido. The experimental design adopted was completely randomized with 5 treatments, referring to concentrations of 27.6; 30.1; 33.4; 33.8 and 37.0 °Bè and four repetitions. The evaporation process was carried out in a forced circulation oven at a temperature of 38 °C for a period of 12 days. Daily measurements of temperature, density and weight of the trays were performed. EC, and concentrations of Na, K, Ca, Mg, Cl, HCO₃ and S in the diluted 1:100, and the concentrations of Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd and Cr in the diluted 1:10 were evaluated, all in water. Data interpreted by analysis of variance and regression using polynomial models in SISVAR software. It was found that after the characterization and adequacy of wastewater by evaporation it is possible to obtain a compound of magnesium, potassium, sulfur and micronutrients for application in agriculture.

Keywords: Brine. Effluent. Agriculture.

1 INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Norte é o maior produtor de sal do Brasil, respondendo por mais de 90% da produção de sal marinho do país. A atitude empreendedora dos empresários do Rio Grande do Norte permitiu ao estado criar a atual estrutura produtiva e de comércio do sal, pois conseguiram identificar a potencialidade do estado, aproveitando-se das melhores condições naturais para instalação da atividade salineira (Diniz et al., 2015).

Nesse contexto, Paula Junior (2017) afirma que os melhores desempenhos para essa atividade são observados em regiões com temperaturas elevadas e duradouras, ventos constantes e alta taxa de evaporação, sendo característica dessa região, tendo em vista que a produção brasileira de sal é de aproximadamente 7,5 Mt, sendo 1,5 Mt de sal-gema, e 6,0 Mt de sal marinho, sendo que, em média, 5,7 Mt é produzido no estado do Rio Grande do Norte (ANM, 2016), ou seja, este estado tem matéria-prima suficiente para diversificar as atividades produtivas.

No processo de produção do sal marinho é gerada água residuária conhecida como água mãe ou salmoura. Trata-se de água com teor de salinidade bastante elevado que sobra após a retirada do NaCl, por isso deve ser destinada corretamente para que não provoque danos ao meio ambiente. Segundo Silva et al. (2017) as salinas do estado do Rio Grande do Norte descartam por ano 8 milhões de m³ de água mãe para o oceano, o que corresponde a 662.400 t de MgCl₂ e 498.400 t de MgSO₄. Pinheiro (2016) relata que a evaporação dessa água residuária para concentrar a pelo menos 35 °Bé pode eliminar a maior parte do sódio, pois o cloreto de sódio é um dos primeiros sais a se precipitar à medida que aumenta a densidade.

O potássio é uma das substâncias minerais de maior dependência externa. O principal fornecedor é o Canadá com 33 %. A produção mineral brasileira de potássio em 2018 e

2019 foi de 200.000 t. Do total de produtos importados pelo Brasil em 2019, cerca de 42 % foram de potássio (IBRAM, 2020).

Dentre as aplicações da água mãe, ela pode ser utilizada no tratamento de efluente da indústria têxtil, como afirmou Albuquerque (2009) quando atestou a eficiência da utilização de água residuária de salinas aplicadas ao efluente dessas indústrias. Outra alternativa é a produção de fertilizante, pois diminui o lançamento dessa água de volta ao oceano. É importante a destinação adequada dessa água residuária, devido a quantidade de impactos ambientais gerados pela atividade (Bezerra et. al, 2012).

Os principais cultivos no Brasil são: soja, milho, cana-de-açúcar, café e algodão. Conforme BNDES (2012) essas culturas empregam mais de 75% dos fertilizantes consumidos no Brasil, no entanto essas culturas estão mais concentradas na região Centro-Sul que inclui os estados do Centro-Oeste e Sul, por isso essa região responde pelo consumo de 86% de fertilizantes. Sendo assim, a produção de fertilizantes por parte da indústria salineira pode vir a atender uma demanda de mercado nacional.

Considerando que o Brasil importa aproximadamente 80% dos fertilizantes utilizados na agricultura, de acordo com a Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA (2020), incluindo os magnesianos, a água residuária da produção salineira poderá ser uma fonte importante desses fertilizantes. Entretanto, essa água é saturada em cloreto de sódio, o que pode provocar fitotoxicidade nas plantas e comprometimento da estrutura ao solo. Assim, há necessidade de melhorar a qualidade desse resíduo, procurando alternativas para concentrar o magnésio e, principalmente, retirar o sódio.

Sendo assim, a água residuária da produção salineira mostra-se como alternativa para extração de substâncias úteis para uso como fertilizante na agricultura. Dentre as principais substâncias tem-se o cloreto de potássio (KCl), brometo de sódio (NaBr), cloreto de magnésio ($MgCl_2$) e sulfato de magnésio ($MgSO_4$). Esses sais estão presentes

na água do mar e precipitam-se em ordem definida e fracionada a partir dos menos solúveis. Bastos et al. (2017) mencionaram que a composição química dos sais depende da composição iônica da água de onde provém esses sais.

Neste sentido, objetivou-se determinar a quantidade de água remanescente, a quantidade de sais, a composição química desta água e o potencial de uso como fertilizante da água residuária da indústria salineira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Desenvolveu-se o experimento no Laboratório de Análise de Solo, Água e Plantas (LASAP) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) em Mossoró-RN (coordenadas: 685.691,35 E; 9.424.628,91 S), no período de 16 a 28 de janeiro de 2019. O delineamento empregado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por cinco concentrações de sais: 27,6; 30,1; 33,4; 33,8 e 37,0 °Bè advindos da concentração da água residuária obtida pela sua evaporação em estufa de circulação e renovação de ar ajustada para 38 °C. Essas concentrações foram obtidas a partir de análises prévias, pois a essas densidades é possível obter sais utilizados na agricultura.

Vale ressaltar que a água residuária coletou-se nos cristalizadores de uma salina localizada no município de Areia Branca, RN (coordenadas: 710.588,39 E; 9.451.089,44 S). A concentração total de sais equivalente a 27,6 °Bè. A composição química da água residuária coletada está descrita na Tabela 1.

Tabela 1: Composição inicial da água residuária coletada na salina e utilizada para evaporação

pH	CE	Mg	Ca	Na	K	Cl	HCO ³	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb
água	dS m-1	-----g L ⁻¹ -----							-----mg L ⁻¹ -----							
7,09	635	31,66	0,31	94,25	10,7	178,1	3,19	15,8	0,19	0,01	0,20	0,12	0,61	0,09	0,01	0,01

Para o processo de evaporação utilizou-se bandejas plásticas brancas que recebiam 1,7 L de água residuária, correspondendo a uma lâmina de água de 4,0 cm, as quais foram colocadas em uma estufa de circulação e renovação de ar ajustada para 38 °C.

Ao final, as concentrações estudadas corresponderam a 27,6; 30,1; 33,4; 33,8 e 37,0 °Bè, que foram previamente determinadas para entender a composição da água residuária a diferentes densidades. Para se obter estas concentrações, pela manhã e à tarde coletavam-se uma amostra de duas parcelas e realizavam-se as médias, caso estivesse menos de 0,5 °Bè da concentração desejada, o sobrenadante era drenado, o precipitado colhido e em seguida realizadas as medições.

A concentração foi determinada a partir da densidade (d) medida pelo método direto, utilizando balão volumétrico de 50 mL previamente aferido e balança de precisão 0,01 g para realização das pesagens. Para converter densidade em concentração °Bè aplicou a Eq. 1.

$$^{\circ}\text{Bè} = 145 - \frac{145}{d} \quad (1)$$

Após cada etapa de evaporação, o sobrenadante drenado foi pesado e medidos seu volume e temperatura, e os sais precipitados foram também pesados. De cada material foi recolhido uma amostra e armazenada em recipientes plásticos para realização das demais análises. A água residuária remanescente de cada bandeja depois de drenada, misturada e redistribuída em bandejas vazias permanecendo 1,7 L em cada, sendo posta para outra etapa de evaporação, repetindo-se por mais três vezes este mesmo procedimento.

Para analisar o sobrenadante, a condutividade elétrica e as concentrações de sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), cloro (Cl), bicarbonato (HCO₃) e enxofre (S) foi medido no diluído 1:100, e as concentrações de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), chumbo (Pb), níquel (Ni), cádmio (Cd) e cromo (Cr) no diluído 1:10, todos em água destilada (Baird, 2017).

O cálcio e magnésio foram conquistados por complexometria com EDTA, o sódio e potássio em fotômetro de chama, cloro por precipitação com nitrato de prata, o enxofre por precipitação com bário e medida por espectrofotometria (turbidez), bicarbonato por titulação e os demais elementos por absorção atômica (Baird, 2017).

Avaliaram-se os dados relativos ao volume de água residuária remanescente e sua respectiva composição em cada processo de evaporação, volumes evaporados, quantidade de sais precipitados e a composição da água residuária. Os dados interpretados por análise de variância e de regressão utilizando modelos polinomiais no software SISVAR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização e adequação da água residuária realizado por evaporação em temperatura controlada são apresentados na Figura 1.

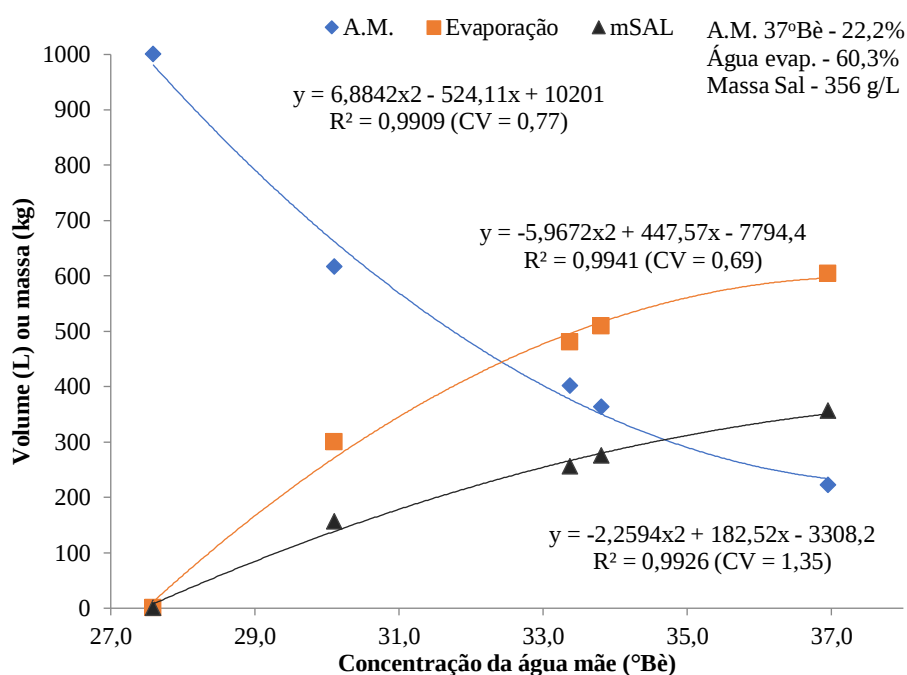


Figura 1: Volume de água mãe (A.M.), volume de água evaporada (Água evap.) e massa de sais (Massa sal) precipitados em função da concentração de água mãe obtida durante o processo de evaporação em estufa de circulação forçada ajustada para uma temperatura de 38°

O volume de água residuária remanescente (Vol), em litros, obtido pelo processo de evaporação, a partir de 1000 L de água residuária bruta de 27,6 ° Bè, para diferentes concentrações atingidas pode ser estimada pela Eq. 2.

$$\text{Vol}(c) = 6,8842c^2 - 524,11c + 10201 \quad (R^2 = 0,9909) \quad (2)$$

Onde:

“c” – concentração da água residuária (°Bè).

A água evaporada, em % do volume total de água residuária bruta que iniciou o processo de evaporação (E) pode ser calculado pela Eq. 3.

$$E(c) = - 0,59672c^2 + 44,757c - 779,44 \quad (R^2 = 0,9941) \quad (3)$$

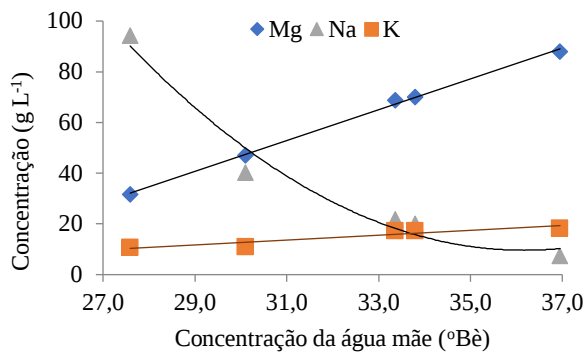
A produção de sais precipitados (m), em kg, a partir da evaporação de 1000 L de água residuária bruta para diferentes concentrações pode ser estimada pela (Eq. 4).

$$m(c) = - 2,2594c^2 + 182,52c - 3308,2 \quad (R^2 = 0,9926) \quad (4)$$

Ou seja, para a água residuária atingir 37 ° Bè, precisa evaporar 60,3% do seu volume inicial, produzindo no final 22,2% de água residuária nesta concentração e 356 g de sais precipitados por litro de água residuária bruta.

A composição da água residuária remanescente atingida pelo processo de evaporação para diferentes concentrações encontra-se na Figura 2. Verifica-se que a concentração de magnésio e potássio cresce de forma constante com o processo de evaporação, aumentando em 278 e 187%, respectivamente, enquanto o teor de sódio reduziu, chegando a 50% da concentração inicial à densidade de 30,5 °Bè, e alcançando o menor valor à densidade de 36,2 °Bè, com diminuição de 90% do valor de sódio inicial (Figura 3A), pois a água do mar segue uma ordem de precipitação, e o sódio é dos primeiros sais a se precipitar, prevalecendo os outros sais com o aumento da concentração.

A.

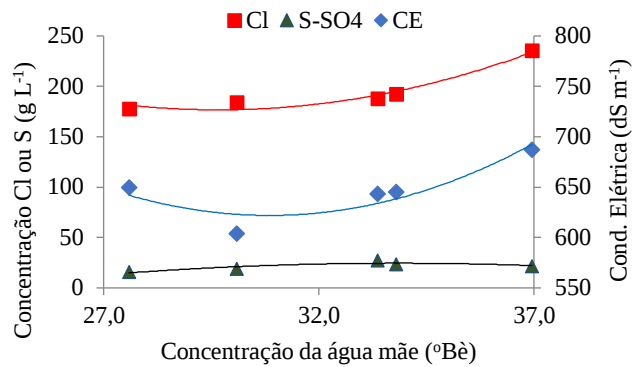


$$y(\text{Na}) = 1,094x^2 - 79,18x + 1442 \quad (R^2 = 0,968; \text{CV} (\%) = 3,4)$$

$$y(\text{Mg}) = 6,078x - 135,6 \quad (R^2 = 0,998; \text{CV} (\%) = 3,3)$$

$$y(\text{K}) = 0,960x - 16,13 \quad (R^2 = 0,872; \text{CV} (\%) = 12)$$

B.

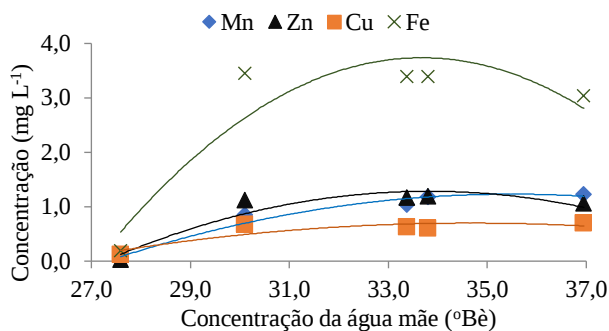


$$y(\text{CE}) = 1,888x^2 - 116,5x + 2418 \quad (R^2 = 0,831; \text{CV} (\%) = 2,0)$$

$$y(\text{Cl}) = 1,073x^2 - 63,67x + 1121 \quad (R^2 = 0,957; \text{CV} (\%) = 2,9)$$

$$y(\text{S}) = -0,2446x^2 + 16,56x - 255,7 \quad (R^2 = 0,798; \text{CV} (\%) = 8,5)$$

C.



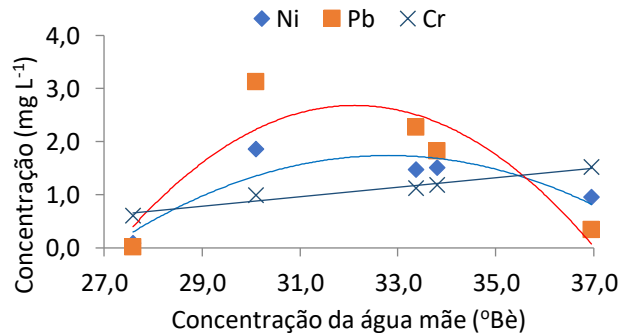
$$y(\text{Fe}) = -0,0866x^2 + 5,83x - 94,4 \quad (R^2 = 0,865; \text{CV} (\%) = 5,2)$$

$$y(\text{Zn}) = -0,030x^2 + 2,02x - 32,96 \quad (R^2 = 0,904; \text{CV} (\%) = 9,7)$$

$$y(\text{Mn}) = -0,0184x^2 + 1,31x - 21,98 \quad (R^2 = 0,96; \text{CV} (\%) = 3,2)$$

$$y(\text{Cu}) = -0,0101x^2 + 0,699x - 11,41 \quad (R^2 = 0,772; \text{CV} (\%) = 7,3)$$

D.



$$y(\text{Ni}) = -0,0531x^2 + 3,48x - 55,35 \quad (R^2 = 0,784; \text{CV} (\%) = 11,2)$$

$$y(\text{Pb}) = -0,112x^2 + 7,16x - 112,3 \quad (R^2 = 0,803; \text{CV} (\%) = 27,1)$$

$$y(\text{Cr}) = 0,0896x - 1,81 \quad (R^2 = 0,957; \text{CV} (\%) = 99,4)$$

Figura 2: Composição química da água residuária para diferentes concentrações obtidas

O cloro (Cl) e a condutividade elétrica (CE), aumentaram em taxas constantes (Figura 2B), chegando a 236 g L^{-1} e 688 dS m^{-1} , com aumento de 32 e 6,2 %, respectivamente, em função do aumento da concentração de sais, enquanto o enxofre (S-SO₄) atingiu a

maior concentração a 33,8 °Bè que equivale a um aumento de 64 % do valor antes do processo de evaporação, mas a 37 °Bè houve redução para 56 % do valor inicial (Figura 2B).

Para os micronutrientes (Cu, Mn, Fe e Zn), houve aumento em sua concentração quando na concentração da água residuária de 30 ° Bè e depois se manteve com valores ao redor de 0,5; 1,0; 3,0; 0,6 mg L⁻¹ para cobre, manganês, ferro e zinco, respectivamente (Figura 3C).

Quanto aos metais pesados, o níquel atingiu maior concentração a 33° Bè quando chegou a 1,66 mg L⁻¹ depois decresceu à medida que aumentou a densidade. O chumbo atingiu maior concentração a 32° Bè quando chegou a 2,13 mg L⁻¹ e decresceu. O cromo aumenta com o aumento da densidade (Figura 3D).

Diante dos resultados aqui obtidos, é importante ressaltar que de acordo com a Resolução CONAMA 357 (2005) que dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, o teor de chumbo está dentro dos padrões para água salina classe II que podem ser destinadas para pesca amadora e a recreação de contato secundário. Porém, o teor de níquel apresenta valor superior ao estabelecido na resolução para as classes I e II, mas para uso agrícola, está adequado, pois atualmente é considerado um micronutriente. Porém, na mesma resolução consta que para lançamento de efluentes o valor máximo de níquel permitido é de 2,0 mg L⁻¹.

A concentração de cromo evoluiu de forma constante com o aumento da concentração da água residuária, variando de 0,6 para 1,6 mg L⁻¹ na maior concentração (Figura 2D). O teor de cromo tem valor máximo aceitável de 1,1 mg L⁻¹, de acordo com a CONAMA 357, portanto, para atender esse valor deve estar à densidade de 32,5° Bè (Figura 2D).

Costa et al. (2018) estudaram a precipitação dos sais nessas águas residuárias, e concluíram que essas águas apresentam dinâmica geoquímica no espaço e no tempo, e o

conhecimento desses ambientes ainda são muito incipientes, o que justifica a realização deste estudo por meio da evaporação, pois o aumento da densidade determina a variação na concentração dos sais, sendo estes com potencial para uso na agricultura.

Assim, diante dos resultados aqui obtidos, pode-se constatar que o melhoramento da água residuária pelo processo de evaporação eleva os níveis de magnésio, potássio, enxofre e de micronutrientes e que com exceção do cromo, os metais pesados como chumbo e níquel tem concentração reduzida. O sódio tem redução significativa em seus valores e o cloro cresce proporcional ao aumento da condutividade elétrica. No entanto, há necessidade de realização de mais pesquisas neste segmento, sendo este trabalho pioneiro na caracterização química dessa água residuária.

Ao final do processo de evaporação, a 37 °Bè, a massa (kg) dos nutrientes magnésio, potássio e enxofre por volume de água residuária remanescente do processo de evaporação (L) correspondeu a 8,9, 1,9 e 2,2%, respectivamente; enquanto, o sódio e o cloreto corresponderam a 1,0 e 23,6%, respectivamente. A água residuária a 37 °Bè incrementa a condutividade elétrica em 6,8 dS m⁻¹ para adição de 10 mL em um litro de água. A concentração total de sais foi de 37,6%, com o magnésio, potássio e enxofre representando 34,6% sólidos solúveis totais. A água residuária a 37 °Bè tem 81% de MgCl₂ entre os sais presentes.

Assim, considerando produção de 8 milhões de m³ de água mãe anual, conforme Silva (2016), seria possível, através do processo de evaporação, produzir 1.776 milhões m³ de água residuária a 37 °Bè, que produziria 158 mil t de Mg, 39,0 mil t de S e 33,7 mil t de K.

4 CONCLUSÕES

1. Com 60,3% do volume da água residuária evaporada se produz 22,2% de água residuária concentrada a 37 ° Bè, contendo 81% de MgCl_2 .
2. A concentração total de magnésio é similar ao do fertilizante sulfato de magnésio e contém ainda enxofre e potássio, além de traços de micronutrientes.
3. A água residuária apresenta-se como alternativa para uso como fertilizante na agricultura.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, L. F. **Aplicação da água residuária das salinas no tratamento de efluente têxtil**. Natal: UFRN, 2009. 129p. Tese Doutorado.

BAIRD, R. B.; Eaton, A. D.; Rice, E. W. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23.ed. Washington: APHA, AWWA, WPCR, 2017. 1504p.

BASTOS, A. B. de; Carvalho, H. R. do A.; Silva, C. C.; Araujo, L. M. **Análise e comparação da composição química inorgânica do sal de cozinha com o sal rosa do Himalaia pelo método de fluorescência de raios-x por dispersão de ondas**. The Journal of Engineering and Exact Sciences, v.3, p.678-687, 2017.

BEZERRA, J. M.; Batista, R. O.; Silva, P. C. M. da; Moraes, C. T. da S. L.; Feitosa, A. P. **Aspectos econômicos e ambientais da exploração salineira no estado do Rio Grande do Norte**. Engenharia Ambiental, v.9, p.3-20, 2012.

BRASIL. **Agência Nacional de Mineração (ANM). Sumário Mineral**. Brasília: DNPM, 2016.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Mineração. Informações sobre a economia mineral brasileira**. Brasília: IBRAM, 2020.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia. Associação nacional para a difusão de adubos – ANDA**. <https://anda.org.br/>. Acesso em: 26 out de 2020.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES). A Indústria Química e o Setor de Fertilizantes**, 2012. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/?locale=pt_BR>. Acesso em: 5 jan. 2021.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>>. Acesso em: 25 out. 2020.

COSTA, D. F. da S.; Silva, D. E. M.; Souza, A. C. D.; Saldanha, D. S. Precipitação geoquímica em ambientes evaporíticos/hipersalinos - O caso das salinas solares do Brasil. **Revista de Geociência do Nordeste**, v.4, p.58-70, 2018.

DINIZ, M. T. M.; Vasconcelos, F. P.; Martins, M. B. Inovação tecnológica na produção brasileira de sal marinho e as alterações sócio territoriais dela decorrentes: uma análise

sob a ótica da teoria do empreendedorismo de Schumpeter. **Revista Sociedade & Natureza**, v.27, p.421-437, 2015.

GRAUS DE BAUME. Disponível em:<
Acesso em: 11 jan 2021.

PAULA Junior, A. F. de; Lima, K. C.; Spyrides, M. H. C. Impactos econômicos das mudanças climáticas sobre a indústria de sal marinho na principal região produtora do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, p. 584-596, 2017.

PINHEIRO, B. M. de S. **Avaliação dos Possíveis Impactos da Atividade Salineira Através do Monitoramento da Qualidade da Água e Sedimento do Estuário Tomás-Galinhos em Galinhos/RN**. Natal: UFRN, 2016. 111p. Dissertação Mestrado.

SILVA, C. L. C.; Grigio, A. M.; Lemos Filho, L. C. A.; Oliveira Júnior, H. S. Potential of magnesium oxide production from saline effluent from marine salt production in the municipality of Grossos/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, p. 894-905, 2017.

CAPÍTULO II – IMPACTOS DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA SALINEIRA SOBRE AS RELAÇÕES CATIÔNICAS EM CAMBISSOLO E LATOSSOLO

RESUMO: O estado do Rio Grande do Norte é o maior produtor de sal marinho do Brasil. Todavia, na produção do sal é gerado um efluente com alto teor de salinidade que, em condições favoráveis, é lançado de volta ao oceano, no entanto é rico em nutrientes e pode ser utilizado, como por exemplo, na agricultura. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo determinar o efeito da adição da água residuária da indústria salineira visando aumentar o teor de magnésio de um Cambissolo Háplico, e elevar a saturação de bases em Latossolo. A água residuária foi coletada nos cristalizadores de uma salina no município de Areia Branca/RN. Conduziu-se 2 experimentos em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições para cada solo. Os tratamentos diferiram de acordo com o tipo de solo, sendo: 0,0; 0,33; 0,93; 2,01 mL/dm³ de água residuária no Cambissolo e 0,0; 0,34; 0,75; 1,05 mL/dm³ no Latossolo. Cada repetição continha 200 g de solo, as quais realizou-se irrigação com efluente salino em diferentes concentrações. Após a aplicação da solução nas amostras de solo, estas ficaram incubadas em potes plásticos por 30 dias. A seguir determinou-se pH, CE, concentrações de Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e acidez potencial. Os dados submetidos à análise de variância e análise de regressão, para os quais foi exigido nível de significância de 5 %. A aplicação de água residuária da indústria salineira aumentou o teor de magnésio no Cambissolo e promoveu aumento da saturação de bases no Latossolo.

Palavras-chave: Correção do solo. Efluente salino. Saturação por bases.

CHAPTER II - IMPACTS OF WASTE WATER FROM THE SALINER INDUSTRY ON CATIONIC RELATIONSHIPS IN CAMBISOL AND LATOSOL

ABSTRACT: The state of Rio Grande do Norte is the largest producer of sea salt in Brazil. However, in the production of salt, an effluent with a high salinity content is generated, which, under favorable conditions, is released back into the ocean, however it is rich in nutrients and can be used, for example, in agriculture. In this sense, this work aims to determine the effect of adding wastewater from the saline industry in order to increase the magnesium content of a Haplic Cambisol, and increase the base saturation in an Latosol. The wastewater was collected in the crystallizers of a saline in the municipality of Areia Branca/RN. Two experiments were carried out in a completely randomized design with four treatments and six replications for each soil. The treatments differed according to the type of soil, being: 0.0; 0.33; 0.93; 2.01 mL/dm³ of wastewater in Cambisol and 0.0; 0.34; 0.75; 1.05 mL/dm³ in the Latosol. Each repetition contained 200 g of soil, which was irrigated with saline effluent at different concentrations. After application of the solution to the soil samples, they were incubated in plastic pots for 30 days. Then, pH, EC, concentrations of Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ and potential acidity were determined. Data submitted to analysis of variance and regression analysis, for which a significance level of 5% was required. The application of wastewater from the saline industry increased the magnesium content in Cambisol and promoted an increase in base saturation in the Latosol.

Keywords: Soil correction. saline effluent. Base saturation.

1 INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Norte é o maior produtor de sal marinho do Brasil (Diniz & Vasconcelos, 2017). As indústrias salineiras do estado produzem principalmente o cloreto de sódio, apesar de poderem produzir outros sais (Costa et al., 2018). Estes outros sais são utilizados para diversas finalidades, dentre elas a agricultura, servindo como corretivos ou fertilizantes de solos.

Na produção de sal marinho, o sal é colhido a uma densidade média de 27°Bé. Após a retirada do sal, a água restante, mais conhecida como água mãe, é lançada de volta ao oceano ou armazenada em tanques nas salinas, pois a disposição inadequada dessa água pode provocar degradação do solo e da água devido à alta concentração salina (Bezerra et al. 2012). Essa água residuária é rica em elementos como magnésio, potássio e enxofre, que são nutrientes necessários na agricultura (Costa et al., 2018).

No entanto, a aplicação de água salina aos solos promove o incremento dos íons no solo, sendo prejudicial, conforme Pessoa (2009). Entre os efeitos negativos do estresse salino citam-se a redução na área foliar das plantas (Lima et al. 2020), que resulta na redução na sua produtividade (Santana et al. 2003). Por isso é importante conhecer a composição química do solo após a aplicação de água salina, visando minimizar os impactos negativos ao solo e verificar o equilíbrio entre os nutrientes, de forma a otimizar a produtividade agrícola.

Além disso, é importante estabelecer a relação Ca:Mg:K no solo, pois existe uma relação ideal que beneficia a produtividade das culturas, (Guimarães Junior et al., 2013). Neste sentido, far-se-á necessário conhecer a composição química do efluente salino aplicado, visando prever alterações nas características químicas do solo (Medeiros et al., 2017; Rodrigues et al., 2019).

Contudo, é possível que a água salina provoque aumento na saturação de bases do solo, desde que seja rica em cálcio, magnésio e potássio, conforme observado por Holanda Filho et al. (2011), constataram que, ao mesmo tempo onde a água salina aumentou os teores de magnésio, ela também aumentou o teor de sódio, mas diminuiu o teor de potássio no solo. Todavia, Pereira Filho et al. (2017) não verificaram aumento dos teores de cálcio, magnésio e sódio com o aumento da salinidade das águas.

A hipótese apresentada é que a água residuária da indústria salineira, por apresentar elevadas concentrações de magnésio e potássio, pode ser utilizada como material alternativo visando o aumento da saturação de bases no solo.

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo determinar o efeito da aplicação de água residuária da indústria salineira como incremento do magnésio de um Cambissolo, e elevar a saturação de bases de um Latossolo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa deu-se a partir de dois experimentos, ambos conduzidos no Laboratório de Análise de Água, Solos e Plantas (LASAP), da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN.

Verificou-se os experimentos com dois tipos de solo. As amostras de solo foram coletadas na camada de 0-20 cm em áreas de mata nativa. Os solos classificados conforme Santos et al. (2016) como Cambissolo Háplico, coletado na cidade de Upanema, RN (702.340,18 E, 9.387.312,80 S) e, conforme Rego et al. (2016) Latossolo Vermelho Distrófico Argissólico, coletado na cidade de Mossoró, RN (677.195,52 E, 9.439.808,74 S). O Cambissolo caracteriza-se por uma alta relação Ca/Mg e Ca/K, enquanto o Latossolo apresenta uma baixa saturação de bases. Algumas características dos solos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Características químicas e físicas dos solos Cambissolo e Latossolo coletados na região Oeste do estado do Rio Grande do Norte.

Classe de solo	pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	V	Areia	Silte	Argila	d
		dS m ⁻¹	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		%		%		g cm ⁻³
Cambissolo	7,07	0,10	390,00	8,60	6,70	1,80	9,50	100,00	72	5	23	1,30
Latossolo	4,75	0,07	55,00	7,60	0,66	0,71	1,51	38,60	78	2	20	1,33

A água residuária coletada nos tanques de uma salina localizada na cidade de Areia Branca, RN (Figura 1), cujas coordenadas UTM são: 710.588,39 E; 9.451.089,44 S. As características do efluente salino usado para irrigação encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Características químicas do efluente da indústria salineira aplicado em dois solos da região oeste do Rio Grande do Norte.

pH	CE	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ³⁻	HCO ³⁻	RAS
	dS m ⁻¹				g L ⁻¹				
8,60	770	17,0	2,0	81,0	10,9	206,00	1,90	0,80	10,80



Figura 1: Local de coleta da água residuária de salina utilizada no experimento

O arranjo experimental para cada tipo de solo foi Inteiramente Casualizado com quatro tratamentos e seis repetições, perfazendo um total de 24 amostras para o Cambissolo e 24 amostras para o Latossolo. Cada unidade experimental consistia de 200 g de solo acondicionadas em potes plásticos. Os tratamentos foram estabelecidos a partir de soluções do efluente salino, as quais visavam avaliar a resposta do magnésio no Cambissolo e elevar a saturação de bases no Latossolo.

Os tratamentos constituídos por diferentes doses da solução de efluente sendo predeterminadas com base nas características químicas dos solos e da água residuária. Para isso adicionou-se aos tratamentos as quantidades de água residuária especificadas na Tabela 3.

Tabela 3: Quantidade de efluente da indústria salineira adicionado por tratamento

Tratamentos	Cambissolo	Latossolo
	(mL dm ⁻³)	(mL dm ⁻³)
M0	0	0
M1	0,33	0,34
M2	0,93	0,75
M3	2,01	1,05

No Cambissolo, as doses do efluente salino foram calculadas para elevar o teor de magnésio. No Latossolo, inicialmente ajustou-se o teor de cálcio para 2,0 cmol_c dm⁻³ adicionando-se 75 mg de Ca (OH)₂ por tratamento. Em seguida, acrescentou-se as doses de água residuária.

A irrigação no Cambissolo realizada com 37 mL por pote da solução especificada referente a cada tratamento. No Latossolo essa irrigação executada com 30 mL da solução especificada. Adicionava-se a quantidade requerida de água residuária (Tabela 3) e completava com água destilada.

Após o período de 30 dias de incubação em potes plásticos, o solo foi seco, destorreado e peneirado (TFSA) e as amostras analisadas para condutividade elétrica (CE) e pH (proporção solo: água de 1:2,5), concentrações de sódio, potássio, cálcio, magnésio, além de acidez potencial. Determinou-se em fotômetro de chama o sódio e o potássio, o cálcio e o magnésio obtiveram-se por complexometria com EDTA, e a acidez potencial por determinação volumétrica com NaOH (Teixeira et al., 2017).

As variáveis dependentes, nos dois solos, consistiam nas seguintes características químicas: pH, condutividade elétrica (CE - dS m^{-1}), K ($\text{cmol}_\text{c}\text{dm}^{-3}$), Na ($\text{cmol}_\text{c}\text{dm}^{-3}$), Ca ($\text{cmol}_\text{c}\text{dm}^{-3}$), Mg ($\text{cmol}_\text{c}\text{dm}^{-3}$), acidez potencial (H + Al - $\text{cmol}_\text{c}\text{dm}^{-3}$), CTC (capacidade de troca de cátions - $\text{cmol}_\text{c}\text{dm}^{-3}$), V (saturação por bases - %).

Os dados submetidos à análise de variância e análise de regressão, para as quais exigido nível de significância de 5 %. A dose de efluente adicionada à solução de irrigação em cada solo foi considerada a variável independente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação das doses de água residuária da indústria salineira exerceu efeitos significativos sobre a maioria das características químicas nos dois solos estudados, em geral com nível de probabilidade $p < 0,01$ (Tabela 4). Não observou-se efeitos significativos apenas nos teores de K, Ca, acidez potencial, e saturação por bases no Cambissolo, e Ca e acidez potencial no Latossolo.

Tabela 4: Resumo da análise de variância de características químicas de solos irrigados com doses de água residuária da indústria salineira.

Variável	Média		CV (%)		Significância da análise de variância	
	Cambissolo	Latossolo	Cambissolo	Latossolo	Cambissolo	Latossolo
pH	6,60	4,72	0,85	1,86	*	**
CE	0,30	0,29	17,24	24,64	**	**
K	1,14	0,11	7,64	8,76	ns	**
Na	0,07	0,04	8,40	24,85	**	**
Ca	6,87	1,11	5,37	15,31	ns	ns
Mg	3,03	1,42	7,03	6,66	**	**
H+Al	2,48	1,02	7,39	8,49	ns	ns
CTC	13,60	3,71	3,57	6,84	**	**
V	81,77	72,04	1,59	3,31	ns	**

** significativo ($p < 0,01$). * significativo ($p < 0,05$). ns não significativo.

O aumento da dose de efluente causou diminuição do pH nos dois solos (Figura 2). Esses resultados corroboram com o que foi verificado por Pessoa (2009), que concluiu que a diminuição do pH foi influenciada pela adição de sais de cloreto, devido à substituição de ânions básicos como carbonatos e bicarbonatos. Isso não é confirmado

por Lima et al. (2020), que não verificaram efeito significativo da aplicação de água salina de irrigação sobre as características químicas do solo, e nem por Santana et al. (2003), que não atentaram para a variação no pH do solo após a aplicação de águas com diferentes concentrações de sais em Latossolo. Por outro lado, Medeiros et al. (2017) observaram o aumento do pH com o aumento da salinidade da água de irrigação.

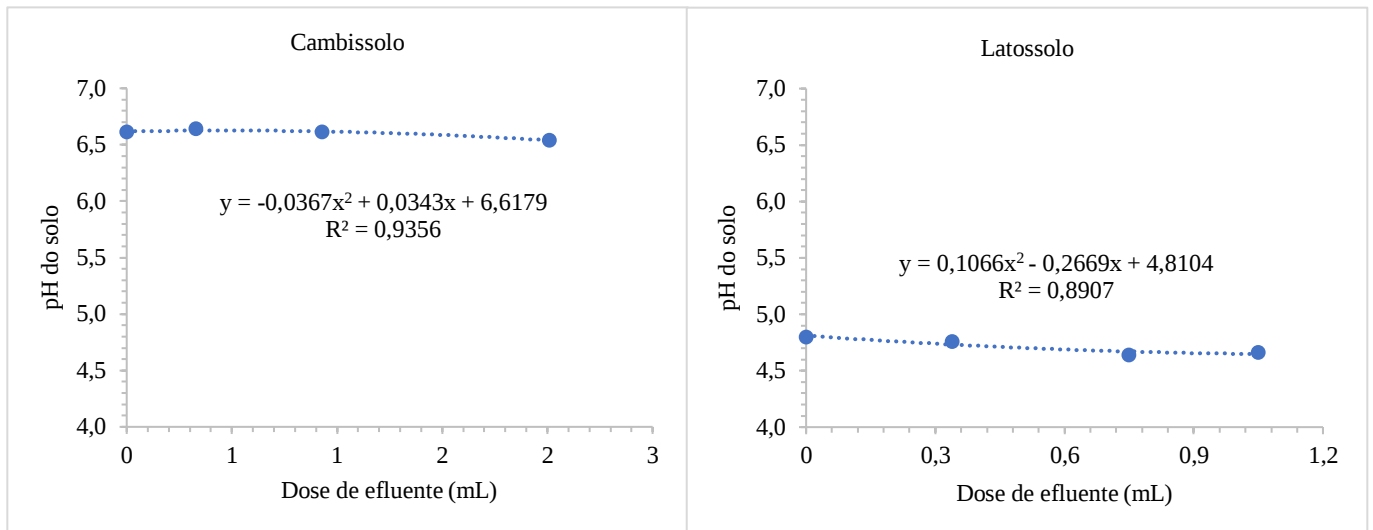


Figura 2: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre o pH de Cambissolo e de Latossolo

O aumento da dose do efluente de salina aumentou linearmente a CE dos dois solos (Figura 3). Esse comportamento é esperado de um efluente salino, devido à maior adição de íons ao solo e, consequentemente, aumento da condutividade elétrica, que indica um solo mais salino.

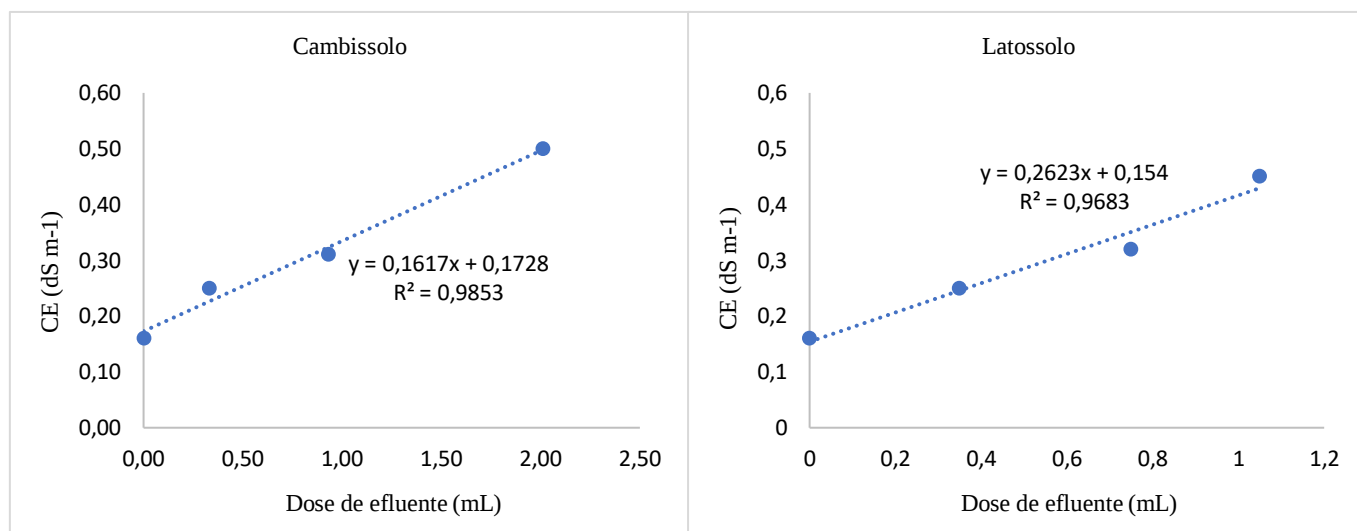


Figura 3: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre a condutividade elétrica de Cambissolo e de Latossolo

O aumento das doses do efluente da indústria salineira também proporcionou aumento linear do teor de potássio nos dois solos (Figura 4), devido aos teores de potássio do efluente, porém este efeito foi significativo apenas no Latossolo. Neste sentido, também foi verificado aumento do teor de K⁺ no solo com a aplicação de substâncias salinas por Barcellos et al. (2015) e após a aplicação de água salina por Dias et al. (2015). Todavia, Rodrigues et al. (2019) verificaram redução no teor de potássio, mesmo com o aumento da dose de água salina.

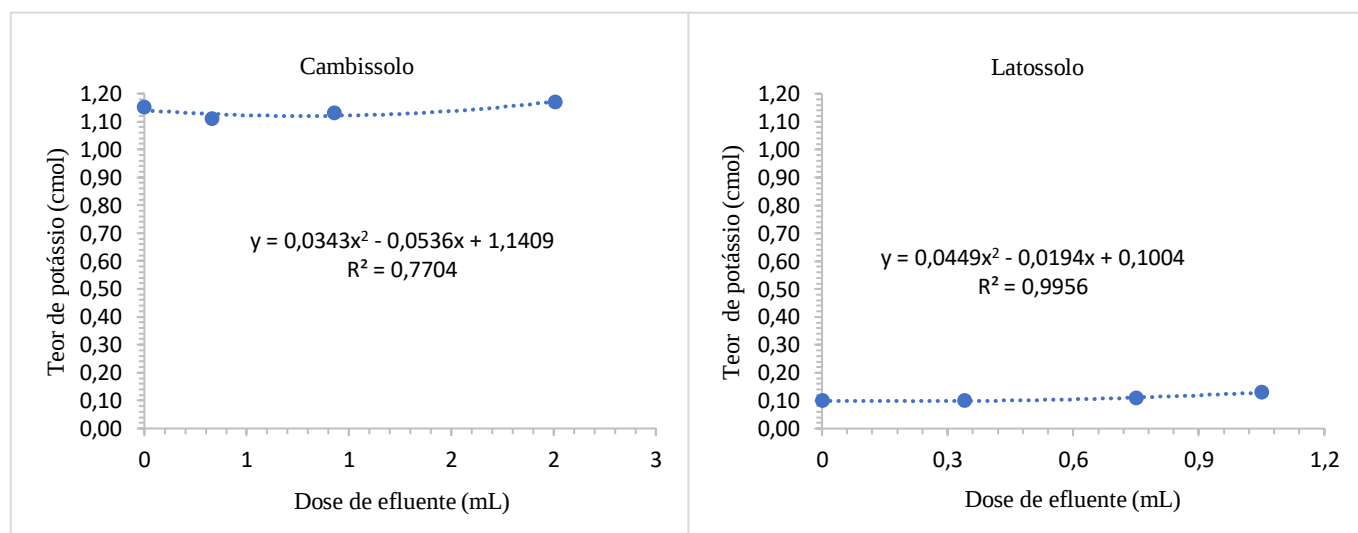


Figura 4: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre o teor de potássio em Cambissolo e de Latossolo

O teor de sódio nos dois solos aumentou linearmente em função das doses do efluente

da indústria salineira (Figura 5) porque o teor de sódio no efluente também é elevado, sendo o incremento maior no Latossolo, devido ao poder tampão do Cambissolo. De maneira semelhante, a grande concentração de sódio na água de irrigação proporcionou maiores teores de sódio do solo em resposta a níveis crescentes de água salina em trabalhos de Rodrigues et al. (2019) e de Santana et al. (2003).

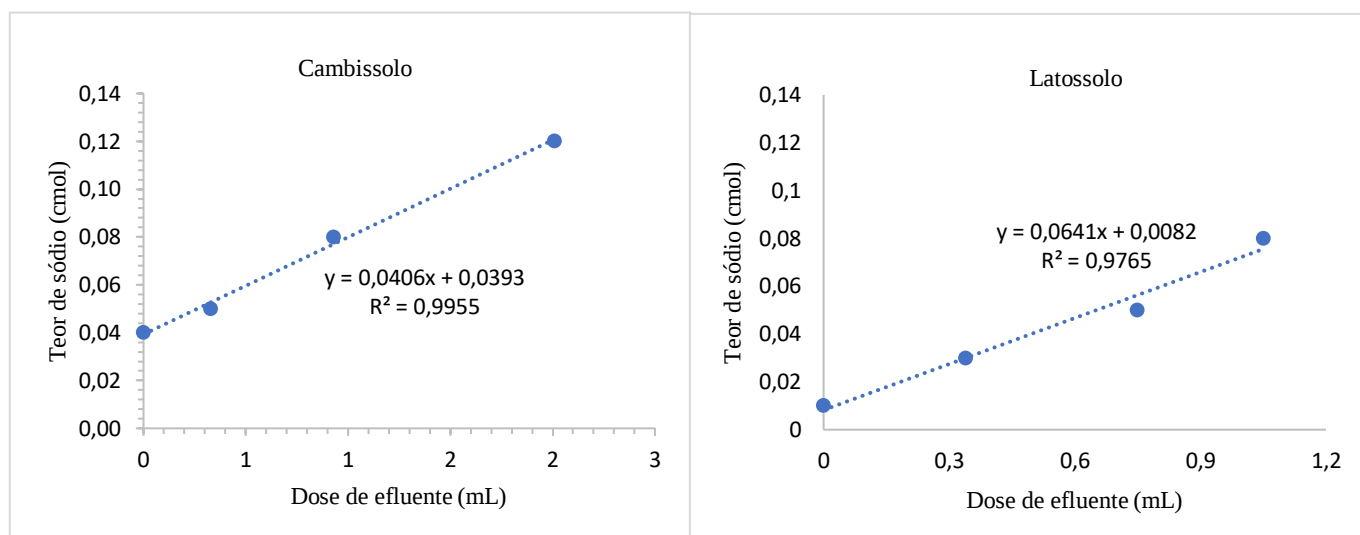


Figura 5: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre o teor de sódio em Cambissolo e de Latossolo

O teor de cálcio nos dois solos variou pouco em função da dose de efluente (Figura 6). Além do teor de Ca no efluente ser mais baixo em relação a outros cátions, o K e o Mg podem ter prevalecido nos sítios de troca, pois se apresentam em grande quantidade no efluente aplicado. Neste sentido, Pereira Filho et al. (2017) não identificaram influência do aumento da salinidade da água sobre o teor de cálcio do solo. Enquanto que Dias et al. (2015) notaram que a irrigação com água salina proporcionou acréscimo no teor de cálcio no solo, enquanto que Rodrigues et al. (2019) observou diminuição no teor de cálcio com o aumento da dose de água salina, analisado no Cambissolo desta pesquisa.

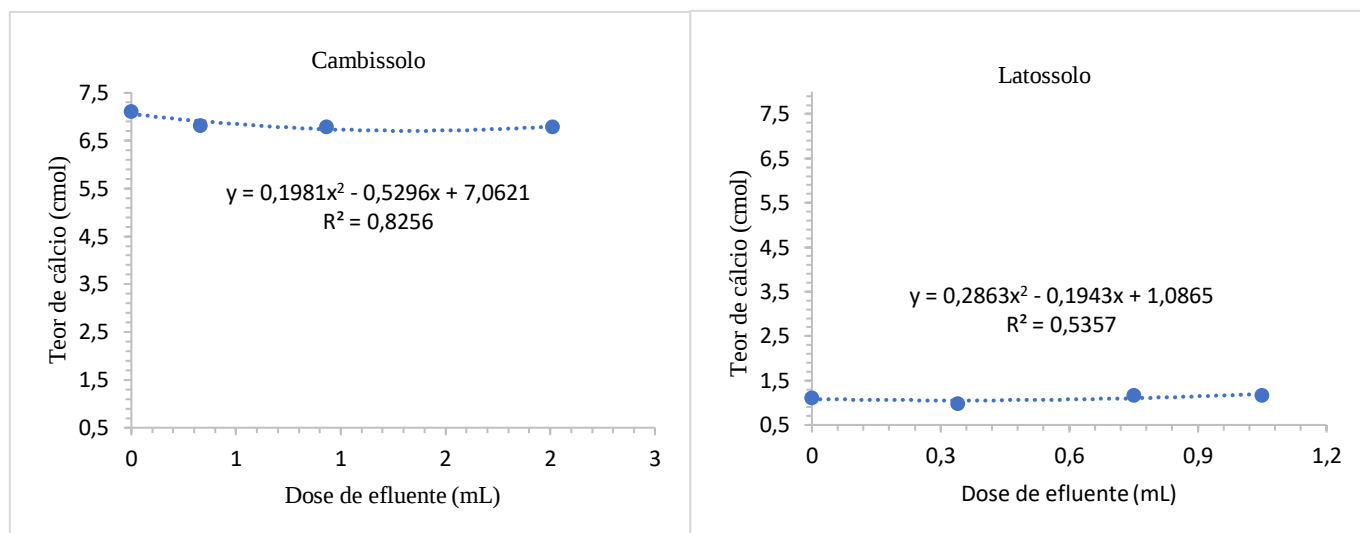


Figura 6: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre o teor de cálcio em Cambissolo e de Latossolo

O teor de Mg no solo aumentou linearmente em função da dose do efluente nos dois solos (Figura 7). Isso pode ser explicado pelo teor de Mg no efluente. Esses resultados não são confirmados por Pereira Filho et al. (2017) e por Rodrigues et al. (2019), que não verificaram influência da aplicação da água salina sobre o teor de Magnésio no solo. Estes resultados demonstram a necessidade de se avaliar o tipo de água salina que está sendo utilizada, a qual nesta pesquisa é rica em magnésio.

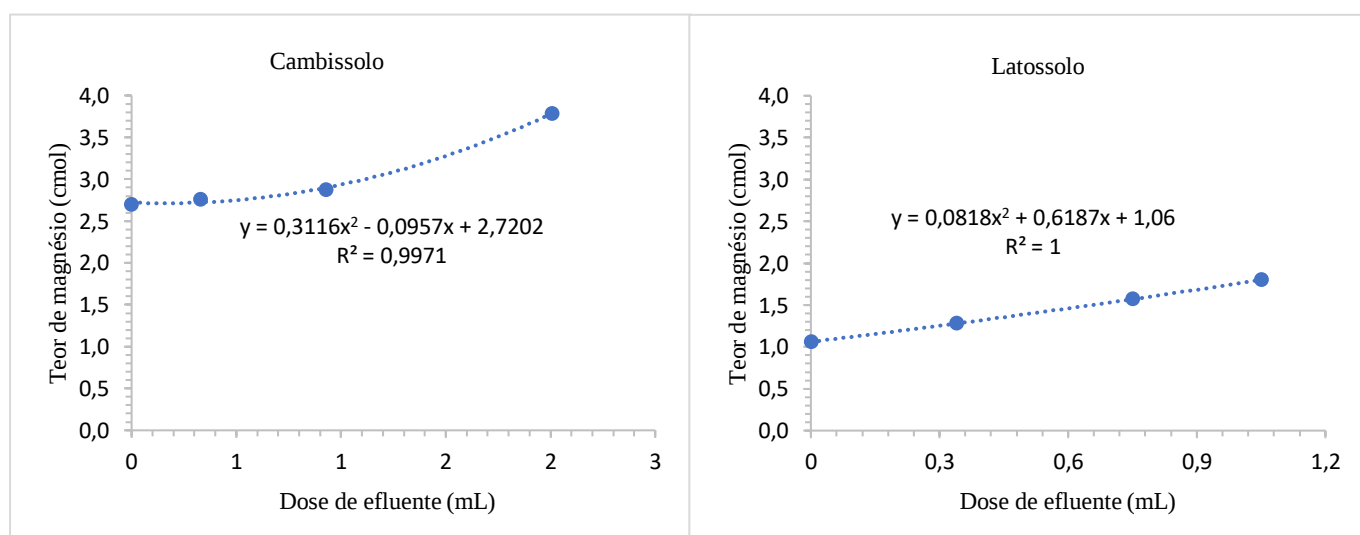


Figura 7: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre o teor de magnésio em Cambissolo e de Latossolo

A acidez potencial não foi significativo para os solos aqui estudados, portanto a dose salina não influenciou a acidez potencial (Figura 8).

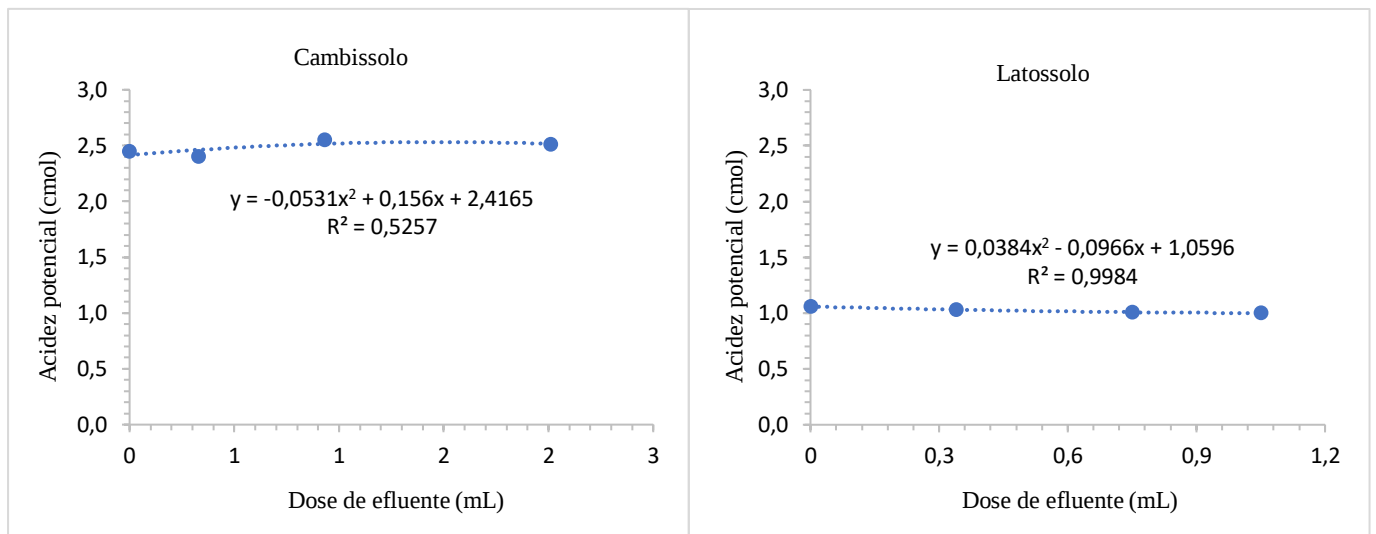


Figura 8: Efeito da aplicação de efluente da indústria salina sobre a acidez potencial em Cambissolo e de Latossolo

A tendência de aumento linear da CTC dos dois solos em função da dose de efluente é devido à predominância de bases trocáveis no efluente (Figura 9).

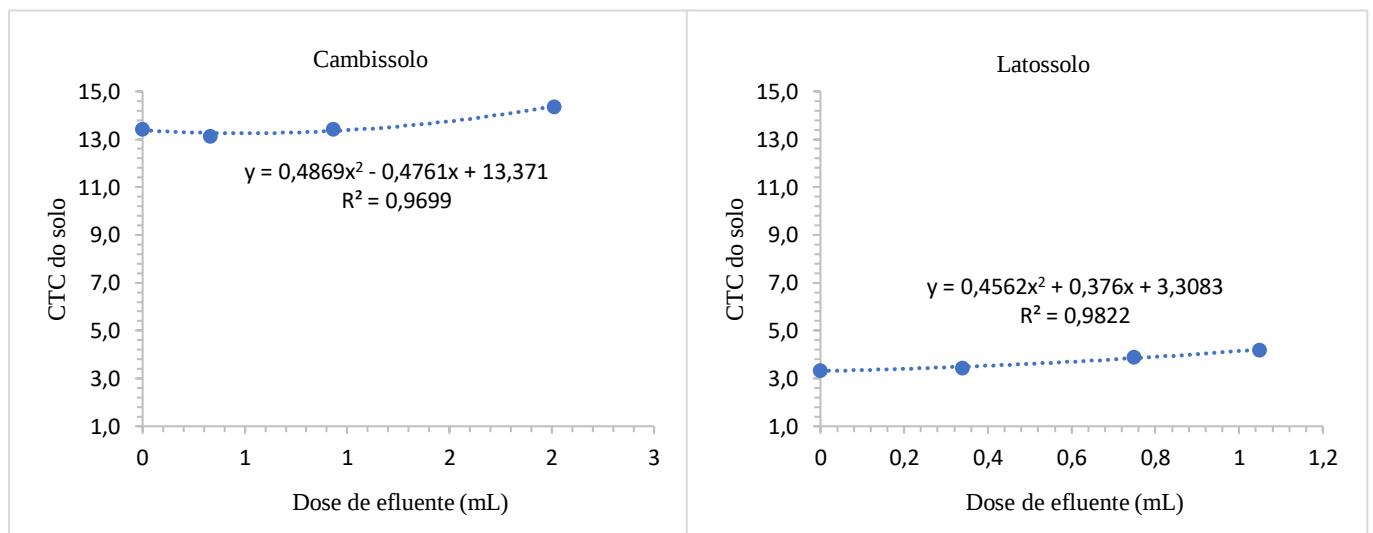


Figura 9: Efeito da aplicação de efluente da indústria salina sobre a CTC em Cambissolo e de Latossolo

A saturação por bases do solo variou pouco no Cambissolo, mas observou-se a tendência de aumento linear em função da dose de efluente no Latossolo (Figura 10). No Latossolo isso poderia ser explicado pelo aumento da CTC e no teor de alguns cátions trocáveis, enquanto a acidez potencial praticamente não variou, como visto anteriormente.

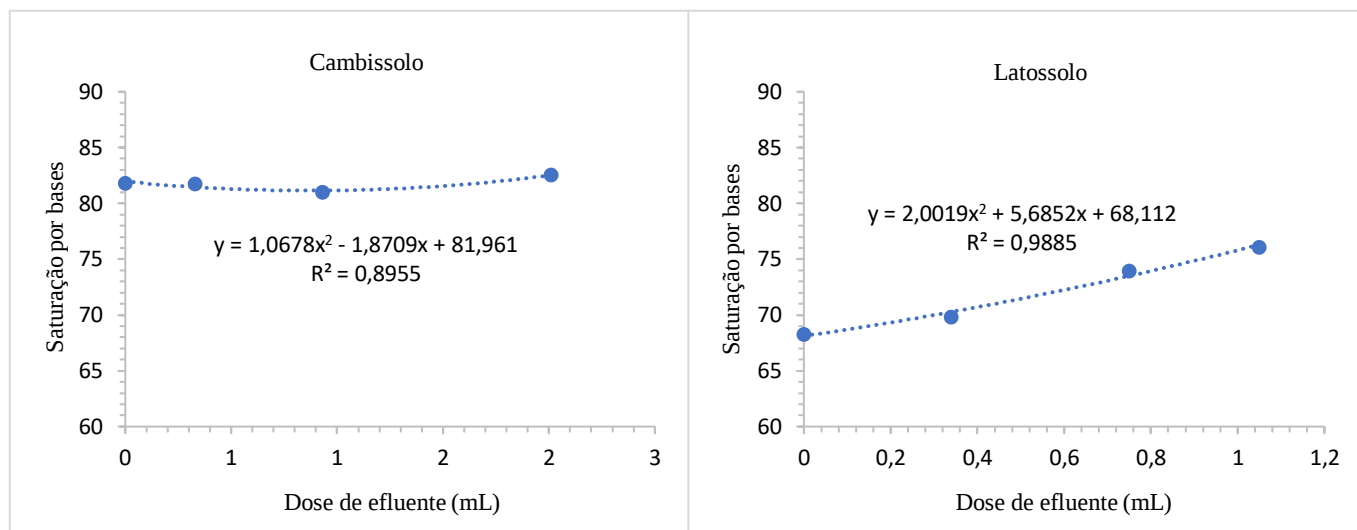


Figura 10: Efeito da aplicação de efluente da indústria salineira sobre a saturação por bases em Cambissolo e de Latossolo

O aumento da saturação por bases no Latossolo em função das doses de água salina se deve à quantidade de cátions presentes na água residuária utilizada nesta pesquisa, à exemplo do potássio e magnésio, enquanto o cálcio apresentou teor baixo. O aumento da saturação de bases devido à aplicação de água salina também foi verificado por Holanda Filho et al. (2011).

Neste aspecto, Santos et al. (2016) afirmam que uma alta saturação por bases não significa fertilidade se o solo tiver teores elevados de sódio e sais solúveis. Por isso, foram avaliadas a CE, CTC e o teor de sódio para cada tratamento, e verificou-se que a adição da água residuária não conferiu caráter sálico, salino, sódico ou solódico ao Latossolo (Tabela 5). Dessa forma, nota-se que ocorreu aumento efetivo da fertilidade do solo, sem prejuízos devido à salinização.

Tabela 5: Parâmetros indicadores da salinidade em um Latossolo após a aplicação de diferentes doses de efluente da indústria salineira

Dose de efluente (mL)	V (%)	CE (dS/m)	CTC (cmolc/dm ³)	Na	Saturação por sódio (%)
0,0	68,18	0,16	3,33	0,009	0,27
17,7	69,57	0,25	3,40	0,031	0,91
37,53	73,62	0,32	3,86	0,050	1,29
152,66	75,62	0,45	4,10	0,084	2,05

4 CONCLUSÕES

1. A aplicação de água residuária da indústria salineira altera as características químicas do solo de forma diferente conforme a característica avaliada e o tipo de solo;
2. A água residuária proveniente da atividade salineira usada neste trabalho promoveu resposta no Cambissolo;
3. A água residuária usada neste trabalho promoveu aumento da saturação de bases no Latossolo sem provocar salinização do solo.

REFERÊNCIAS

BARCELLOS, M.; Motta, A. C. V.; Pauletti, V.; Silva, J. C. P. M. da; Barbosa, J. Z. **Atributos químicos de Latossolo sob plantio direto adubado com esterco de bovinos e fertilizantes minerais.** *Comunicata Scientiae*, v. 6, ed. 3, p. 263-273, 2015.

BEZERRA, J. M.; Batista, R. O.; Silva, P. C. M. da; Moraes, C. T. da S. L.; Feitosa, A. P. **Aspectos econômicos e ambientais da exploração salineira no estado do Rio Grande do Norte**. Engenharia Ambiental, v.9, p.3-20, 2012.

COSTA, D. F. S.; Silva, D. E. M.; Souza, A. C. D.; Saldanha, D. S.; Batista, A. I. L. **Precipitação geoquímica em ambientes evaporíticos/hipersalinos – o caso das salinas solares do Brasil.** Revista Regne, v. 4, n. 1, p. 58-70, 2018.

DIAS, T. J.; Freire, J. L. de O.; Cavalcante, L. F.; Nascimento, E. S. do; Dantas, L. A.; Dantas, M. M. de M. Atributos químicos do solo irrigado com águas salinas e uso de mitigadores do estresse salino no maracujazeiro amarelo. **Revista Principia**, v. 27, p. 19-29, 2015.

DINIZ, M. T. M.; Vasconcelos, F. P. **Condicionantes naturais à produção de sal marinho no Brasil.** Revista Mercator, v. 16, p. 1-19, 2017.

GOOGLE imagens. Disponível em: <
https://www.google.com/search?q=mapa+areia+branca+rn&sxsrf=ALeKk00Yc7qiCRsuv9ypgax98tI5Weh6wQ:1610111817975&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj21dX3tYzuAhU1CrkGHZ-rA0gQ_AUoA3oECBIQBQ&biw=1366&bih=625#imgsrc=cUsgd1Ce94n3KM>. Acesso em: 5 jan. 2021.

GUIMARÃES Junior, M. P. A.; Santos, A. C. dos; Araújo, A. S.; Oliveira, L. B. T de; Rodrigues, M. O. D.; Martins, A. D. Relação Ca:Mg do corretivo da acidez do solo e as características agrônômicas de plantas forrageiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, ano 3, v. 14, p. 460-471, 2013.

HOLANDA Filho, R. S. F. de; Santos, D. B. dos; Azevedo, C. A. V. de; Coelho, E. F.; Lima, V. L. A. de. Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, ed. 1, p. 60-66, 2011.

LIMA, A. F.; Sousa, G. G. de; Souza, M. V. P. de; Silva Junior, F. B. da; Gomes, S. P.; Magalhães, C. L. Cultivo do milho irrigado com água salina em diferentes coberturas mortas. **Revista Irriga**, v. 25, ed. 2, p. 347-360, 2020.

MEDEIROS, J. F. de; Dias, N. da S.; Gheyi, H.; Silva, M. V. T. da. Salinidade e pH de um Argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 3, p. 1407-1419, 2017.

PEREIRA Filho, J. V.; Bezerra, F. M. L.; Silva, T. C. da; Pereira, C. C. M de S.; Chagas, K. L. Alteração química do solo cultivado com feijão caupi sob salinidade e dois regimes hídricos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, ed. 8, p. 2206-2216, 2017.

PESSOA, L. G. M. **Desenvolvimento de cebola e atributos químicos de dois Neossolos Flúvicos irrigados com água salina**. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2009.

RÊGO, L. G. da S., Martins, C. M., Silva, E. F. da, Silva, J. J. A. da, Lima, R. N. da S. (2016). Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, state of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, 29(4), 1036–1042. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n430rc>

RODRIGUES, V. dos S.; Sousa, G. G. de; Saraiva, S. E. L.; Cardoso, E. R. da C.; Pereira Filho, J. V.; Viana, T. V. de A. Atributos químicos do solo em área cultivada com milho sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, ed. 7, p. 3129-3138, 2019.

SANTANA, M. J. de; Carvalho, J. de A.; Silva, É. L. da; Miguel, D. da S. **Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)**. Ciência e Agrotecnologia, v. 27, ed. 2, p. 443-450, 2003.

SANTOS, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Cunha, T. J. F.; Oliveira, J. B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA, 2016.

TEIXEIRA, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. EMBRAPA, 2017.

CAPÍTULO III – ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA SALINEIRA NA CULTURA DO MELOEIRO

RESUMO: O Rio Grande do Norte é o principal produtor de sal marinho do Brasil. Dessa atividade produtiva resulta uma água residuária conhecida na região como água mãe ou salmoura. Esse rejeito é rico em nutrientes, como magnésio, potássio e enxofre que são elementos de grande importância na agricultura. O objetivo deste trabalho foi corrigir a relação Mg/Ca de um Cambissolo Háplico, e fazer a correção do nível de magnésio em valores absolutos para o Neossolo Quartzarênico, utilizando como fonte de magnésio a água residuária da indústria salineira, durante um ciclo do meloeiro cultivado em colunas de PVC, e avaliar a resposta desta cultura submetida a esta aplicação nos dois solos. Para isto foram realizados dois experimentos em delineamento inteiramente casualizado, sendo um solo de textura argilosa (S1 - Cambissolo Háplico) e outro solo de textura arenosa (S2 - Neossolo Quartzarênico), cultivados com meloeiro, onde aplicou-se água residuária com as seguintes doses: S1 (0; 6,24; 17,17; 40,72 mL) e S2 (0; 5,25; 12,34; 26,53 mL). Avaliaram a fertilidade dos solos, os nutrientes do tecido vegetal, a qualidade pós-colheita e a produção dos frutos. Submetendo à análise de variância os dados obtidos pelo teste F ao nível de 5 % de significância. Em casos de efeitos significativos, realizou-se análise de regressão, utilizando o software estatístico RStudio versão 4.1.0. Verificou-se que a dose 3 de água residuária obteve a relação Mg/Ca mais próxima do ideal para S1, e obteve incremento no teor de magnésio para S2. Em S1 houve aumento da concentração de nutrientes na folha diagnose e os frutos apresentaram melhor qualidade pós-colheita. Para S2 a concentração de nutrientes na folha diagnose diminuiu, porém houve aumento da produtividade. Portanto, a água residuária é indicada para uso agrícola após diluição, com vista a atender a quantidade de magnésio requerida pela cultura.

Palavras-chave: Efluente. Magnésio. Meloeiro. Produção.

CHAPTER III - WASTE WATER FROM THE SALINER INDUSTRY IN MELOEIRO CULTURE

ABSTRACT: Rio Grande do Norte is the main producer of sea salt in Brazil. This productive activity results in a wastewater known in the region as mother water or brine. This waste is rich in nutrients such as magnesium, potassium and sulfur, which are elements of great importance in agriculture. The objective of this work was to correct the Mg/Ca ratio of a Haplic Cambisol, and to correct the magnesium level in absolute values for the Quartzarenic Neosol, using the saline industry wastewater as a magnesium source, during a cultivated melon cycle. in PVC columns, and to evaluate the response of this culture submitted to this application in both soils. For this purpose, two experiments were carried out in a completely randomized design, with a clayey soil texture (S1 - Haplic Cambisol) and another with a sandy texture (S2 - Quartzarenic Neosol), cultivated with melon, where wastewater was applied with the following doses: S1 (0; 6.24; 17.17; 40.72 ml) and S2 (0; 5.25; 12.34; 26.53 ml). They evaluated soil fertility, plant tissue nutrients, post-harvest quality and fruit production. Submitting to analysis of variance the data obtained by the F test at a 5% significance level. In cases of significant effects, regression analysis was performed using the statistical software RStudio version 4.1.0. It was verified that the dose 3 of wastewater obtained the Mg/Ca ratio closer to the ideal for S1, and obtained an increase in the magnesium content for S2. In S1, there was an increase in the concentration of nutrients in the diagnosis leaf and the fruits showed better post-harvest quality. For S2, the nutrient concentration in the diagnosis leaf decreased, but there was an increase in productivity. Therefore, wastewater is indicated for agricultural use after dilution, in order to meet the amount of magnesium required by the crop.

Keywords: Effluent. Magnesium. Melon. Production.

1 INTRODUÇÃO

A exploração de sal marinho na região do Rio Grande do Norte data de 1802, e perdura até os dias atuais, sendo os municípios de Mossoró, Macau, Areia Branca, Grossos e Galinhos os principais produtores. A produção inicia com a captação da água do mar que é direcionada para os evaporadores. À medida que essa água percorre a área de evaporação aumenta sua concentração passando a ser chamada de “água mãe” ou salmoura (Bezerra et al., 2012).

A “água mãe” é uma água residuária proveniente da extração do NaCl, sendo rica em magnésio, potássio e enxofre, que são elementos necessários ao desenvolvimento das culturas, e se descartado no mar pode vir a provocar danos à biota. Então, a produção de fertilizante pela indústria salineira surge como alternativa de produção, e ainda minimiza danos ao meio ambiente (Silva et al., 2017).

Contudo, a irrigação com água de elevado teor salino pode provocar danos às culturas, pois, conforme Dias et al. (2016) o crescimento, a expansão da superfície foliar e o metabolismo do carbono primário de muitas culturas são afetados negativamente devido ao efeito osmótico, déficit hídrico, toxicidade de íons e desequilíbrio nutricional. Então, é necessário adequar a água residuária para utilizar na agricultura.

Neste sentido, a busca por alternativas de produção de fertilizantes se faz necessária, tendo em vista que o Brasil apresenta elevada dependência do mercado internacional, especialmente o potássio, há grande risco de aumento dos preços e a tendência de escassez causados pela guerra na Ucrânia.

O Brasil é responsável por cerca de 8 % do consumo global de fertilizantes, sendo o quarto do mundo, atrás da China, Índia e Estados Unidos. O principal nutriente aplicado é o potássio, com 38 %, seguido do cálcio, com 33 %, e nitrogênio, com 29 %. Por isso,

a situação é mais crítica com relação ao potássio, por causa da pequena produção interna, o Brasil importa quase 90 % (Brasil, 2020).

Nesta pesquisa, utilizou-se o meloeiro (*Cucumis melo* L.), pois é uma planta pertencente à família *cucurbitaceae*, cultivado em várias regiões do mundo, devido a adaptação a diversos tipos de clima e solo, além de elevada expressão econômica (Araújo, 2016) especialmente na região semiárida. O Brasil produziu em 2020, 613.933 t de melão, sendo a região Nordeste responsável por 95% da produção nacional, concentrada principalmente nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará (IBGE, 2022).

Este trabalho tem por objetivo fazer a correção da relação relativa Mg/Ca para Cambissolo Háplico (S1) e do nível de magnésio em valores absolutos para o Neossolo Quartzarênico (S2), utilizando como fonte de magnésio a água residuária da indústria salineira, durante um ciclo do meloeiro cultivado em vasos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental e condução do experimento

Dois experimentos realizados concomitantemente no período de outubro a dezembro de 2020, em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA, Campus Oeste, localizado nas coordenadas geográficas 5° 11' de latitude sul e 37° 20' de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 18 m. O clima local é classificado como quente e seco segundo a classificação de Köppen. Possui precipitações médias anuais entre 380 a 760 mm, temperatura média anual do ar maior do que 18 °C e umidade relativa do ar média de 65% (ALVAREZ et al., 2013).

Utilizou-se o meloeiro (*Cucumis melo* L.) do tipo cantaloupe americano híbrido ‘Ranger’ por ser uma variedade mais comercializável, cultivado em colunas de PVC, com 20 cm de diâmetro e 45 cm de altura, contendo 11 L de material de solo. Os experimentos diferenciaram pelos materiais de solo utilizado (Experimento 1 - material de solo coletado

na camada de 0-20 cm de um Cambissolo Háplico (S1) e Experimento 2 - material de solo coletado na camada de 0-20 cm de um Neossolo Quartzarênico (S2), cujas características químicas e físicas estão especificadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1: Atributos químicos e físicos e classificação textural do Cambissolo (S1).

Prof. (m)	pH	CE	Na	K	Ca	Mg	Areia grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila	Classificação textural
0,00 - 0,20	(água)	dS m ⁻¹	mg dm ³		cmol _c dm ³		-----g.kg-----					
	7,5	1,48	2,89	155,63	13,54	1,19	0,47	0,25	0,72	0,05	0,23	Franco argilo arenosa

Fonte: Autoria própria; Oliveira (2019).

Tabela 2: Atributos químicos e físicos e classificação textural do Neossolo Quartzarênico (S2).

Prof. (m)	pH	CE	Na	K	Ca	Mg	Areia grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila	Classificação textural
0,00 – 0,20	(água)	dS m ⁻¹	mg dm ³		cmol _c dm ³		-----g.kg-----					
	4,5	0,08	6,9	64,6	0,50	0,15	0,48	0,38	0,85	0,05	0,10	Areia franca

Fonte: Autoria própria; Moura (2013).

Em cada vaso foram adicionados 11,0 L de solo, e em seguida, adicionou-se hidróxido de cálcio ao solo mais arenoso para correção do pH e do teor de cálcio, na proporção de 15 g/vaso, no dia anterior à aplicação da solução de água residuária.

Foi realizada uma adubação de fundação, utilizando-se o MAP (11-52-00), colocando-se 20 g por coluna. Aos 21 dias após a semeadura (DAS) foi adicionado nitrato de cálcio equivalente a 1,0 g/planta. Aos 32 DAS aplicado o extrato de algas do gênero glacialaria em pulverização na proporção de 0,2 mL/planta para o solo argiloso e 0,1 mL/planta para o solo arenoso. Aos 33 e 53 DAS usado nitrato de cálcio na dose de 0,5 g/planta junto com a água de irrigação. Aos 44 DAS empregou-se adubo na proporção de 2,0 g de ureia

e 1,0 g de sulfato de potássio por vaso. Aos 59 e 66 DAS praticada a adubação utilizando 100 g de sulfato de potássio, 100 g de ureia e 50 g de MAP diluídos em 2 L de água destilada, e desta solução inseriu-se 20 mL/coluna. As quantidades de nutrientes adicionadas com a adubação estão especificadas na Tabela 3.

Tabela 3: Quantidade de nutrientes adicionados ao experimento por adubação

DAS	N	P	K	Ca	S
	-----g vaso ⁻¹ -----				
0	1,65	7,80		4,35*	
21	0,14			0,19	
32					
33	0,07			0,10	
44	0,88		0,51		0,17
53	0,07			0,10	
59	0,50	0,26	0,51		0,17
66	0,50	0,26	0,51		0,17

*Essa substância foi adicionada somente ao solo mais arenoso, no caso o Latossolo.

Fonte: autoria própria (2022)

2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições, sendo avaliados 4 tratamentos para 2 tipos de solos, perfazendo um total de 40 parcelas. Cada parcela foi constituída por uma coluna de PVC com capacidade de 35 kg. Utilizou-se o espaçamento de 1,0 x 0,5 m entre plantas (Figura 1).



Figura 1: Experimento em condução

Fonte: Autoria própria

Os tratamentos constaram da correção da relação Mg/Ca para o solo S1 e do nível de Mg valores absolutos para o solo S2, baseando-se nas análises químicas e físicas dos solos, utilizando como fonte de Mg a água residuária da indústria salineira (Tabela 4), durante o ciclo do meloeiro cultivado em vasos.

Tabela 4: Características químicas da água residuária

	pH	CE	Mg	Na	K
Água residuária	água	dS m ⁻¹	-----g L ⁻¹ -----		
	9,00	700	85,0	9,4	18,8

Feito a aplicação da solução preparada com água residuária e água destilada até atingir a capacidade de campo para os dois tipos de solo. Para o preparo da solução utilizou-se 600 mL de água residuária e completou para 3 L de água destilada, tornando a solução diluída a 1:5. Esses 3 L de solução foram adicionados aos solos junto com a água de irrigação para as seguintes quantidades predeterminadas, conforme Tabela 5. Essas doses divididiu-se em 4 aplicações junto à água de irrigação.

Tabela 5: Quantidade de água residuária adicionada por tratamento

Solo argiloso (S1)	Solo arenoso (S2)
M0* – 0 mL de água residuária/vaso	M0* – 0 mL de água residuária/vaso
M1* – 6,24 mL de água residuária/vaso	M1* – 5,25 mL de água residuária/vaso
M2* – 17,17 mL de água residuária/vaso	M2* – 12,34 mL de água residuária/vaso
M3* – 40,72 mL de água residuária/vaso	M3* – 26,53 mL de água residuária/vaso

Solo argiloso (S1): M0 – foi adicionado somente água destilada (4 L); M1 – foi adicionado 6,24 mL de água residuária e completou a quantidade para 4 L; M2 - foi adicionado 17,17 mL de água residuária e completou a quantidade para 4 L; M3 - foi adicionado 40,72 mL de água residuária e completou a quantidade para 4 L. Essas quantidades equivalem à quantidade de água residuária pura adicionada em cada tratamento. **Solo arenoso (S2):** M0 – foi adicionado somente água destilada (3 L); M1 – foi adicionado 5,25 mL de água residuária e completou a quantidade para 3 L; M2 - foi adicionado 12,34 mL de água residuária e completou a quantidade para 3 L; M3 - foi adicionado 26,53 mL de água residuária e completou a quantidade para 3 L.

A água residuária empregada ao longo do desenvolvimento da cultura, evitando o aumento abrupto da salinidade do solo, e consequente prejuízo à cultura. Neste sentido, repartiu-se as doses em 4 aplicações iguais, sendo a primeira um dia antes do plantio, e

as demais aos 21, 32 e 44 DAS. A Tabela 6 consta quanto foi depositado de magnésio, sódio e potássio a partir da água residuária.

Tabela 6: Quantidade de nutrientes adicionado aos tratamentos com a utilização da água residuária

Dose	Argiloso (S1)			Arenoso (S2)		
	Mg	Na	K	Mg	Na	K
	g L ⁻¹ de solo			g L ⁻¹ de solo		
M0	0	0	0	0	0	0
M1	0,27	0,03	0,06	0,23	0,03	0,05
M2	0,73	0,08	0,16	0,53	0,06	0,12
M3	1,73	0,19	0,39	1,13	0,13	0,25

2.3 Sistema de irrigação

O controle da irrigação realizou-se a partir da umidade do solo, com o auxílio de leituras de tensiômetros e da curva característica de retenção de água no solo. De início, as irrigações foram feitas manualmente utilizando água destilada. Aos 40 DAS adotou-se o sistema de irrigação por gotejamento, com um emissor tipo espaguete de 1,0 metro de comprimento e vazão média de 3,6 L.h⁻¹, também utilizando água destilada.

Para atingir a umidade na capacidade de campo, de acordo com as análises de umidade do solo realizadas, inicialmente, aplicou-se 4,0 L de solução de água residuária para o solo mais argiloso (S1) e 3,0 L de solução de água residuária para o solo mais arenoso (S2), sendo que o tratamento testemunha, para o solo argiloso e o arenoso, foi aplicado somente água destilada, na quantidade de 4,0 L e 3,0 L, respectivamente. Fez-se essas soluções manualmente, utilizando uma proveta graduada.

2.4 Tratos culturais

O plantio foi realizado por semeadura direta, colocando-se 3 sementes por vaso. A germinação ocorreu após 5 dias. O desbaste empreendido aos 10 dias após a semeadura (DAS), deixando duas plantas por coluna. Aos 30 dias retirada a segunda planta, e a partir dessa fase o experimento foi conduzido somente com 1 planta.

As plantas conduzidas em haste única, tutorada verticalmente com auxílio de espaldeiras verticais instaladas ao longo da linha de plantio, amarrando-as a fios de arame liso que ajudaram na condução das plantas e sustentação das mesmas.

A polinização efetuada manualmente, a partir dos 30 até os 40 DAS quando apareceram as primeiras flores femininas e hermafroditas. Os frutos foram acomodados em redes de nylon e amarrados aos fios de arame para sustentação dos mesmos.

Aos 54 DAS foi realizada a coleta da folha diagnose. De cada três ramos principais, coletava-se uma folha.

O controle de pragas aconteceu através de pulverizações com Tiofanato metílico 70 % e Abamectina 1,8 %, com apenas uma aplicação para combater a mosca branca.

2.5 Características avaliadas

Fertilidade do solo

Para avaliação da fertilidade do solo realizaram-se duas coletas de solo em cada coluna. A primeira coleta executada aos 38 DAS, retirado duas amostras em cada coluna, na camada de 0 a 30 cm. A segunda, aos 80 DAS, na fase de colheita do experimento, retirando duas amostras de solo em cada coluna na profundidade de 0 a 30 cm. As amostras conduzidas ao Laboratório de Análises de Solo e Planta da UFERSA – LASAP, e feitas as análises seguindo a metodologia da Embrapa (2009).

As amostras foram secas ao ar, peneiradas em malha de 2 mm e submetidas a análises químicas, em que se determinaram os seguintes atributos: pH em água (1:2,5), cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) e capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe). Para os cátions trocáveis (Ca e Mg) a extração feita em solução de KCL 1,0 mol L⁻¹, e para os cátions trocáveis (Na, K) executada a extração com Mehlich -1 (HCL 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) e determinação de seus teores no sobrenadante.

A CTC efetiva (CTCe) foi obtida por meio do somatório dos cátions trocáveis ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Al}^{+3} + \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$). A condutividade elétrica no sobrenadante solo: planta 1:2,5 (CE) e o potencial hidrogeniônico (pH) medidos com o auxílio do condutivímetro e pHmetro, respectivamente.

Determinação de nutrientes no tecido vegetal

Para avaliação do estado nutricional das plantas analisaram-se a folha diagnose e a planta final, pois conforme afirmam Silva et al. (2021), enquanto avaliavam o estado nutricional de plantas de melão gália irrigadas com água salina em diferentes solos, observaram que o teor de nutrientes nas folhas, além de refletir o estado nutricional das plantas, mostravam o efeito da salinidade da água de irrigação na absorção de nutrientes.

Para isso, foram coletadas e analisadas a folha diagnose aos 54 DAS, e a planta ao final do experimento. Pesou-se a planta inteira (MFVEG), depois colocou-se na estufa para secar a 70 °C por 3 dias (MSVEG). As amostras do material vegetal, após secas, foram moídas em moinho e analisadas para determinação dos teores de sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn), e no caso da folha diagnose também foi medido o enxofre (S).

A Massa fresca total (MFTOT) e massa seca total (MSTOT): A MFTOT é a soma da massa fresca do fruto + massa fresca da planta, e a MSTOT é a soma da massa seca do fruto + massa seca da planta.

Para determinação dos teores de nutrientes no vegetal, utilizou-se a metodologia da digestão em ácido nítrico. Após o extrato digerido, as determinações feitas por fotometria de emissão de chamas para Na e K, e para Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn a espectrofotometria de absorção atômica e para o S utilizou-se a metodologia turbimetria do sulfato de bário.

Produção de frutos e qualidade pós-colheita

As características de produção analisadas na ocasião de colheita aos 80 DAS, pesando os frutos de cada planta. Para a análise da qualidade dos frutos, selecionou-se um fruto representativo de cada parcela experimental. Os frutos foram conduzidos para o laboratório de Pós-colheita na UFERSA, processados e submetidos às avaliações químicas. As características de produção e qualidade pós-colheita avaliadas foram:

- Firmeza da polpa (FIRM): realizada através da leitura da resistência exercida por um penetrômetro com pluger de ponta cônica de 8 mm de diâmetro. Os resultados médios foram expressos em Newton (N);
- Sólidos solúveis totais (°Brix): determinados com refratômetro digital com compensação automática de temperatura. Os resultados foram expressos em ° Brix.
- Acidez total titulável: determinada diluindo-se 1,0 g de suco da polpa em 50 mL de água destilada e gotas de fenolftaleína a 1 %, realizando-se a titulação até o ponto de viragem com solução de NaOH (0,1 N).
- Espessura da casca e espessura da polpa: medidas utilizando-se um paquímetro.
- Dimensões do fruto (longitudinal e transversal): utilizando uma régua.
- Massa fresca do fruto (MFFR) e massa seca do fruto (MSFR): foi pesado um fruto por planta, em seguida colocou-se na estufa para secar a 70 °C por 3 dias ou até que estivessem totalmente secos. As amostras, após secas, e trituradas em moinho do tipo Willye, analisadas para determinação dos teores de sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).

Para determinação dos teores de nutrientes no fruto produziu-se a digestão em ácido nítrico. Após o extrato digerido, as determinações realizadas por fotometria de emissão de chama para Na e K, e para Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn a espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 2009).

2.6 Análises dos dados

Os dados obtidos para fertilidade, pós-colheita e determinação de nutrientes na planta e frutos, estes submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5 % de significância. Em casos de efeitos significativos realizou-se análise de regressão, utilizando o software estatístico RStudio versão 4.1.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fertilidade do solo

Na tabela 7 são apresentados os valores obtidos para pH, CE e os teores de nutrientes do solo irrigado com água residuária da indústria salineira no solo mais argiloso. Verificou-se que a água residuária não proporcionou incremento na maior parte das variáveis para as duas coletas de solo, como CE, Na, K e Ca na primeira coleta, e CE, K e Mg na segunda coleta.

Tabela 7: Teores de nutrientes do solo argiloso (Cambissolo Háplico) nas coletas 1 e 2.

Coleta 1						
	pH	CE	Na	K	Ca	Mg
	(água)	dS m ⁻¹	mg.dm ⁻³		cmolc dm ⁻³	
M1	7,62	0,14	83,70	122,74	8,78	1,53
M2	7,68	0,14	85,08	119,30	8,89	1,81
M3	7,68	0,14	85,64	100,78	9,38	1,42
M4	7,71	0,15	72,88	124,14	9,30	2,95
CV (%)	2,63	8,06	18,85	45,97	11,96	31,29
Ftrat	3,76*	0,96 ^{ns}	2,61 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,51 ^{ns}	3,43*
Coleta 2						
	pH	CE	Na	K	Ca	Mg
	(água)	dS m ⁻¹	mg.dm ⁻³		cmolc dm ⁻³	
M1	7,73	0,15	94,72	44,62	12,00	0,54
M2	7,87	0,14	89,60	32,52	12,64	0,43
M3	7,87	0,16	69,90	36,14	14,08	0,40
M4	7,87	0,16	64,78	39,16	13,74	0,46
M4	7,87	0,16	64,78	39,16	13,74	0,46

Continuação Tabela 7. Teores de nutrientes do solo argiloso (Cambissolo Háplico) nas coletas 1 e 2.

CV (%)	0,77	15,91	13,49	27,26	4,59	30,43
Ftrat	6,34*	0,89 ^{ns}	9,24*	1,21 ^{ns}	12,84*	0,92 ^{ns}

*significativo a 5 % de probabilidade; ns – não significativo

Contudo, o pH tanto para a primeira como a segunda coleta foram afetados significativamente (Tabela 7), tendo em vista que aumentaram de acordo com a dose aplicada, apesar da pequena alteração (Figura 2). Santos et al. (2020) consideraram as características químicas de um Cambissolo irrigado com água salobra no cultivo de palma forrageira, e o pH apresentou diferença estatística. É importante ressaltar que com relação ao pH inicial do solo houve incremento, mesmo considerando o poder tampão do Cambissolo. Isso ocorreu provavelmente pela quantidade de íons adicionado aos tratamentos pela água residuária.

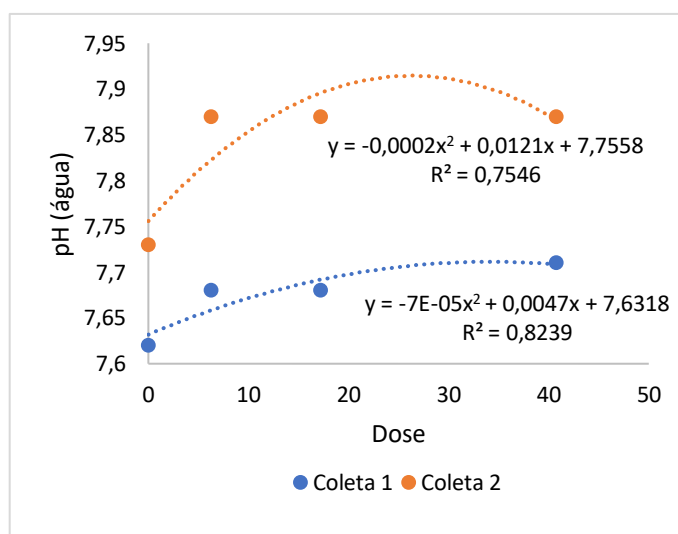


Figura 2: Variação do pH nas coletas 1 e 2 do solo argiloso (S1)

O teor de magnésio foi atingido pelos tratamentos aplicados apenas na primeira coleta, pois houve aumento no teor até a quarta dose (Figura 3). Dias et al. (2015) analisando os atributos químicos do solo irrigado com água salina usando mitigadores de estresse salino, verificaram que mesmo sem diferença significativa, como no caso da coleta 2, e independente da aplicação de biofertilizantes, os teores de magnésio no solo apresentaram

tendência de aumento com a elevação do teor salino da água de irrigação. Neste caso, está se utilizando uma água residuária rica em magnésio, então é natural que a quantidade de magnésio no solo aumente, mesmo com a absorção do nutriente pelas plantas. Todavia, ao final ficou com valor menor do que do solo inicial na segunda coleta.

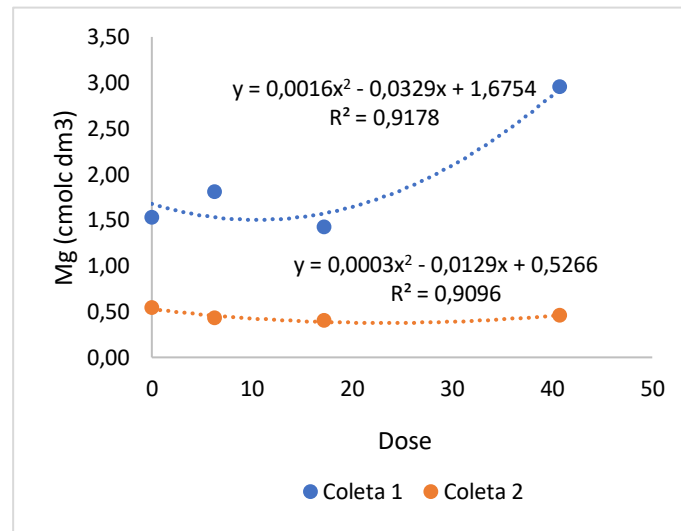


Figura 3: Variação do Mg nas coletas 1 e 2 do solo argiloso (S1)

No que se refere ao sódio, este foi modificado significativamente pelos tratamentos nas duas coletas de solo (Tabela 7). Na primeira coleta ocorreu diminuição no teor de sódio à medida que aumentou a dose de efluente aplicada (Figura 4). Provavelmente, foi absorvido pela cultura. Sena et al (2020) estudando a mudança dos atributos químicos do solo após aplicação de água residuária, verificaram que a presença de sódio no solo aumentou até três vezes, de forma contrária ao que foi verificado nesse estudo, todavia deve-se levar em consideração o efluente utilizado. Na segunda coleta houve incremento com a adição de água salina, no entanto à medida que se aumentava a salinidade, diminuía o teor de sódio.

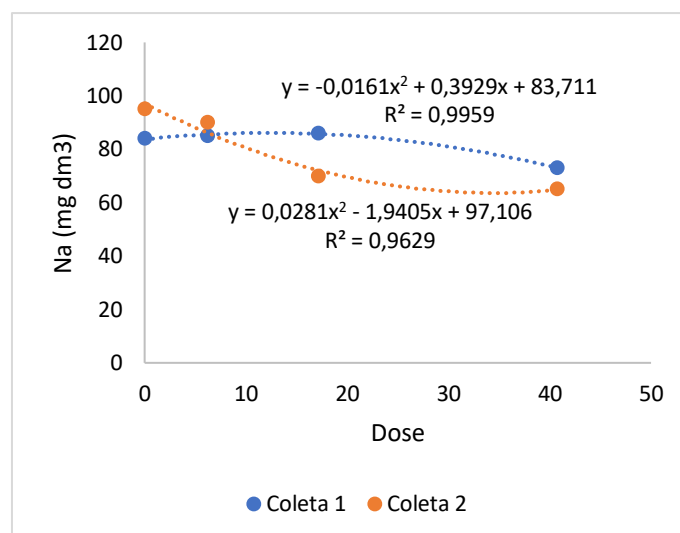


Figura 4: Variação do Na nas coletas 1 e 2 do solo argiloso (S1)

O teor de cálcio não foi modificado significativamente na primeira coleta de solo, porém houve resposta significativa na segunda coleta (Tabela 7). No entanto, houve incremento, tendo em vista que aumentou seu teor no solo (Figura 5). Esse fato deve-se à adição de cálcio com a adubação, pois a quantidade de cálcio na água residuária é muito baixo.

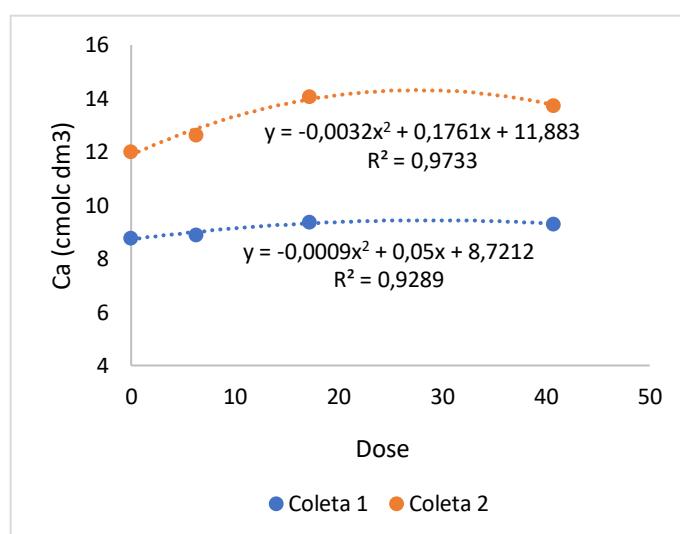


Figura 5: Variação do Ca nas coletas 1 e 2 do solo argiloso (S1)

Verificou-se que a água residuária não proporcionou incremento na maior parte das variáveis para as duas coletas no solo mais arenoso, como CE, Na, K e Ca na primeira coleta, e pH, CE, Na e Ca na segunda coleta (Tabela 8).

Tabela 8: Teores de nutrientes do solo arenoso (Neossolo Quartzarênico) nas coletas 1 e 2

Coleta 1						
	pH	CE	Na	K	Ca	Mg
	(água)	dS m ⁻¹	mg.dm ⁻³		cmolc dm ⁻³	
M1	7,53	0,14	26,78	31,70	1,87	0,50
M2	7,76	0,13	21,10	20,62	1,72	0,39
M3	7,90	0,13	21,08	25,68	1,68	0,52
M4	7,91	0,15	20,52	25,06	1,60	0,72
CV (%)	2,63	14,74	18,85	45,97	11,96	31,29
Ftrat	3,76*	0,84 ^{ns}	2,61 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,50 ^{ns}	3,43*
Coleta 2						
	pH	CE	Na	K	Ca	Mg
	(água)	dS m ⁻¹	mg.dm ⁻³		cmolc dm ⁻³	
M1	6,42	0,09	30,16	28,86	1,45	0,07
M2	6,13	0,08	35,64	21,24	1,33	0,13
M3	6,02	0,07	32,52	16,20	1,19	0,19
M4	5,91	0,11	29,58	22,22	1,33	0,21
CV (%)	10,44	27,18	19,54	23,00	24,08	38,80
Ftrat	0,59 ^{ns}	2,06 ^{ns}	1,02 ^{ns}	5,27*	0,57 ^{ns}	6,07*

*significativo a 5 % de probabilidade; ns – não significativo

No entanto, o pH na primeira coleta para o solo arenoso foi afetado significativamente, pois houve aumento de pH de acordo com o aumento das doses, mas na segunda coleta de solo não foi significativo, pois de forma contrária, houve diminuição do pH que se manteve praticamente constante (Tabela 8). Da primeira para a segunda coleta de solo houve diminuição do pH com a adição de mais 1 dose de água residuária, no entanto o valor de pH se manteve constante ao final do experimento (Figura 6).

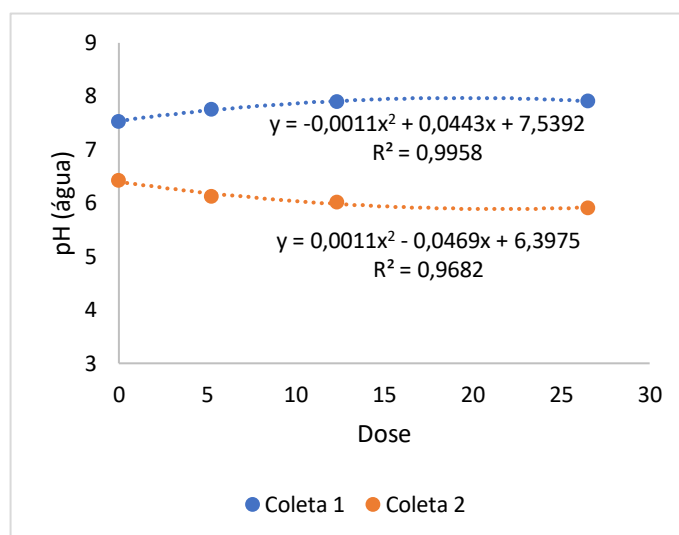


Figura 6: Variação do pH nas coletas 1 e 2 do solo arenoso (S2)

Lima et al. (2020) avaliaram o cultivo de milho irrigado com água salina e cobertura morta e o pH do solo não foi afetado. Rodrigues et al. (2019) avaliando os atributos químicos do solo irrigado com água salina verificaram que o pH do solo não sofreu alteração. Percebe-se que da coleta 1 para a coleta 2 o solo passou de uma condição mais alcalina para neutra. Todavia, a irrigação proporcionou incremento no pH, tendo em vista que houve o aumento do pH para uma condição neutra ao final do experimento no solo arenoso.

O teor de magnésio afetado significativamente na primeira e segunda coleta pelos tratamentos aplicados (Tabela 8), pois aumentaram o teor no solo conforme se elevou a dose aplicada (Figura 7). Isso corrobora com Ximenes et al. (2018) avaliando a lixiviação de cálcio e magnésio em solo irrigado com água salina perceberam que à medida que aumentava o nível salino, maior foi o teor de magnésio no lixiviado. Então, neste caso, como da coleta 1 para a coleta 2 houve diminuição do teor de magnésio, em se tratando de um solo mais arenoso, provavelmente o magnésio lixiviou ou tenha sido consumido pela planta. Já Ferreira et al. (2021), analisaram o crescimento de mudas de *Pityrocarpa moniliformis* irrigadas com água salina, verificaram que o excesso de sais reduziu os teores de nutrientes, como o magnésio nas plantas. Diante dos resultados aqui obtidos, a

irrigação com a água residuária foi positiva, pois, mesmo com a possível perda, aumentou a disponibilidade no solo.

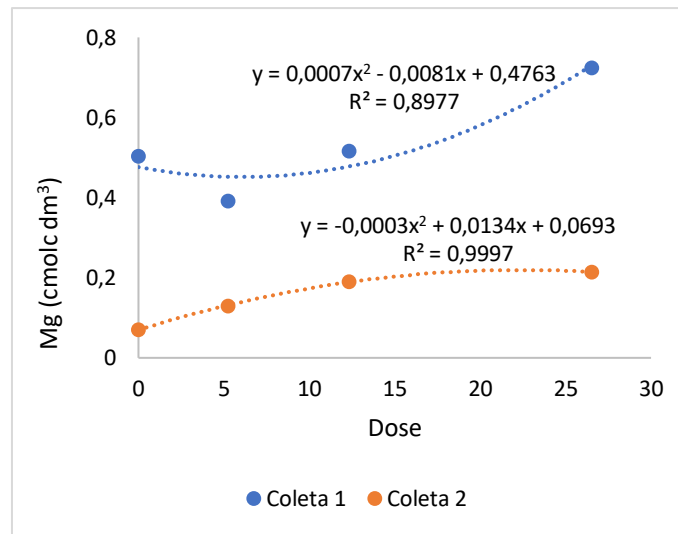


Figura 7: Variação do Mg nas coletas 1 e 2 do solo arenoso (S2)

Ao se avaliar a concentração do potássio constatou-se que não foi afetado significativamente na primeira coleta, sendo significativo na segunda coleta de solo (Tabela 8). Isso se justifica ao aumento da quantidade da água residuária, pois houve maior disponibilidade do nutriente no solo. No entanto, à medida que se elevou a dose da água residuária, diminuiu o teor de potássio que provavelmente foi consumido pela planta (Figura 8). Resultado este que difere do encontrado por Santana et al. (2003) que examinaram o efeito da irrigação com água salina em Latossolo Roxo distrófico cultivado com feijoeiro. Estes autores concluíram que, com o aumento do teor salino, houve elevação do teor de potássio no solo. Mas, comparando-se ao teor inicial do solo, existiu um decréscimo que pode ter sido absorvido em quantidade maior pela planta para compensar o acréscimo da salinidade.

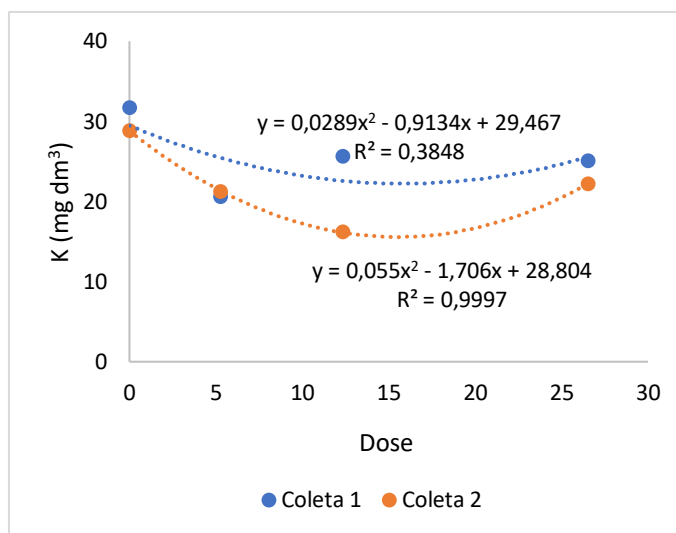


Figura 8: Variação do K nas coletas 1 e 2 do solo arenoso (S2)

Outro ponto relevante da aplicação da água residuária é a possibilidade de tornar o solo salino ou sódico. Neste caso, verificou-se que a aplicação da água residuária da indústria salineira não provocou danos aos solos estudados (Tabela 9). Para a PST verificou-se tendência decrescente à medida que aumenta a dose de água residuária em S1. A CE mais baixa em S2 é devido a lixiviação observada durante o experimento. Em S1 observou-se muito pouco lixiviado.

Tabela 9: CE e PST dos solos argiloso e arenoso

	Solo argiloso (S1)		Solo arenoso (S2)	
	CE (dS/m)	PST (%)	CE (dS/m)	PST (%)
M1	0,15	3,14	0,09	7,55
M2	0,14	2,88	0,08	9,03
M3	0,16	2,02	0,07	8,97
M4	0,16	1,92	0,11	7,51

Por fim, percebeu-se que o solo arenoso obteve resposta quanto ao incremento de magnésio, pois houve aumento do teor de magnésio com o aumento da dose de água residuária. Já no solo mais argiloso, a dose 3 da coleta 1, obteve quantidade de cálcio 3 vezes maior que o magnésio, estabelecendo, assim, uma relação Ca/Mg 3:1, que, conforme Silva (1980), seria a relação ideal para produção das culturas. Mas ao final do experimento na coleta 2, o teor de cálcio aumentou em detrimento ao de magnésio que diminuiu, pois provavelmente foi consumido pela planta.

3.2 Determinação dos nutrientes e do Na no tecido vegetal

Folha diagnose do meloeiro

A aplicação da água residuária proporcionou parâmetros mais significativos nas plantas cultivadas no solo arenoso (Neossolo Quartzarênico) do que no argiloso (Cambissolo Háplico), conforme Tabela 10.

Tabela 10: Determinação do Na e do teor de nutrientes na folha diagnose para os solos argiloso (S1) e arenoso (S2)

Solo argiloso (S1)									
	Na	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	S
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹				mg kg ⁻¹
M1	0,61	13,87	19,90	1,89	4,67	21,98	76,30	56,45	39,85
M2	0,55	12,18	20,28	1,79	5,17	19,87	64,29	50,93	34,37
M3	0,65	11,36	20,71	2,06	4,38	19,55	70,30	55,21	29,69
M4	0,63	14,12	18,52	3,01	4,15	20,15	59,71	50,35	49,28
CV (%)	14,89	13,45	23,81	16,83	14,37	21,97	19,65	14,13	26,56
Ftrat	1,13 ^{ns}	2,95 ^{ns}	0,20 ^{ns}	11,63*	2,22 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,82 ^{ns}	3,42*
Solo arenoso (S2)									
	Na	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	S
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹				mg kg ⁻¹
M1	1,10	8,05	21,68	1,05	5,48	54,38	105,45	75,69	61,38
M2	0,67	8,23	20,31	1,28	4,62	31,48	70,97	62,43	39,39
M3	0,69	7,95	19,48	1,84	5,56	36,21	81,84	66,33	18,16
M4	0,72	9,36	17,33	2,76	6,12	36,49	79,00	69,21	29,03
CV (%)	24,13	13,79	13,68	11,8	12,66	26,8	30,33	16,37	34,31
Ftrat	5,67*	1,58 ^{ns}	2,29 ^{ns}	69,2*	4,04*	4,51*	1,68 ^{ns}	1,24 ^{ns}	10,53*

*significativo a 5 % de probabilidade; ns – não significativo

Os teores foliares de sódio foram significativamente modificados pelos tratamentos aplicados nas plantas cultivadas no solo arenoso (Tabela 10), tendo em vista que diminuiu com o aumento da dose de efluente aplicada, pois é provável que tenha lixiviado. É interessante observar que há diminuição na quantidade de sódio mesmo com o aumento da dose de água salina (Figura 9). Isso é importante para utilização da água residuária da indústria salina como fertilizante, pois conforme Gheyi et al. (2016), o acúmulo de sódio na planta é altamente tóxico e ainda contribui para deficiência de nutrientes, como potássio e cálcio, desenvolvimento de estresse hídrico e indução de danos celulares.

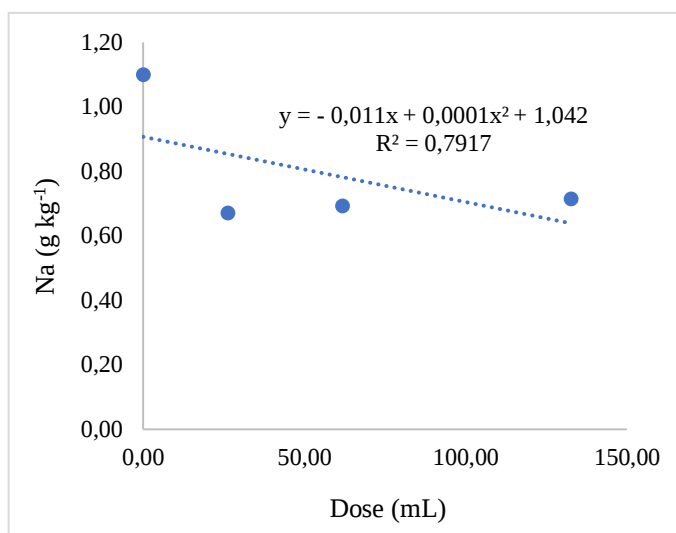


Figura 9: Variação do Na na folha diagnose do meloeiro para o solo arenoso (S2)

O teor de magnésio no tecido foliar importou-se nas plantas cultivadas no solo arenoso (Tabela 10), pois à medida que houve aumento da dose aplicada, houve elevação do teor de magnésio (Figura 10). Esse resultado é semelhante ao observado por Tagliaferre et al. (2016) quando analisaram a absorção de nutrientes pelo feijão-caupi irrigado com água salina sob diferentes frações de lixiviação. Observaram que o aumento do teor de magnésio nos tecidos foliares pode estar relacionado ao aumento no solo com a aplicação de água salina.

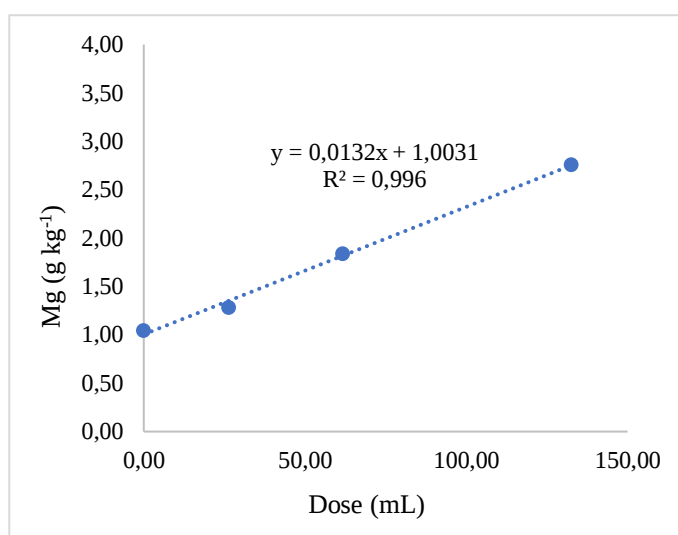


Figura 10: Variação do Mg na folha diagnose do meloeiro para o solo arenoso (S2)

De maneira análoga, ao observar no solo arenoso, no solo argiloso, o teor de magnésio no tecido foliar, modificado consideravelmente pelos tratamentos aplicados (Tabela 10),

pois à medida que aumentou a dose aplicada, aumentou a concentração de magnésio nas folhas (Figura 11), consequência da quantidade de magnésio do efluente aplicado.

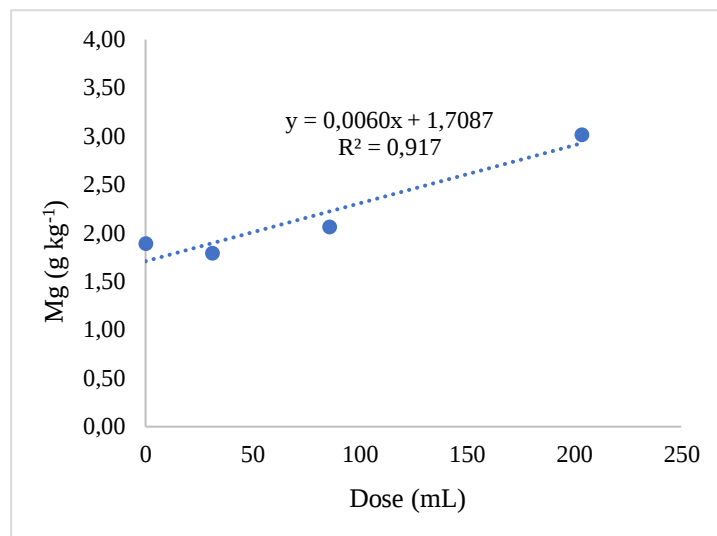


Figura 11: Variação do Mg na folha diagnose do meloeiro para o solo argiloso (S1)

O teor foliar de cobre foi afetado significativamente pelo uso da água residuária nas plantas cultivadas no solo arenoso (Tabela 10), ocorrendo aumento linear do teor de Cu à medida que aumentou a dose de efluente aplicada (Figura 12). No entanto, mesmo na maior dose de água residuária, o teor de Cu no tecido foliar ficou abaixo do recomendado, pois Silva et al. (2021) afirmam que a faixa adequada desse nutriente para a cultura está entre 10 e 15 mg/kg, e nesta pesquisa o maior teor encontrado foi de 6,2 mg Kg⁻¹ na maior dose.

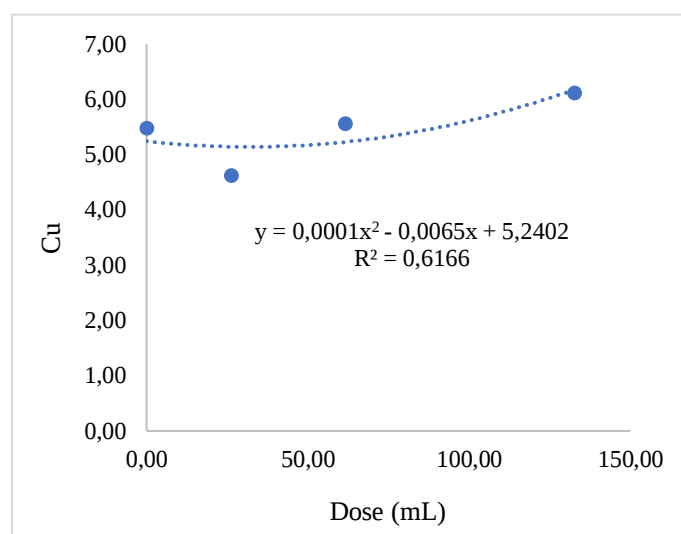


Figura 12: Variação do Cu na folha diagnose do meloeiro para o solo arenoso (S2)

Com relação ao manganês, houve diminuição nos teores foliares à proporção que aumentou a dose de efluente aplicada (Figura 13) no solo arenoso. Todavia Silva et al. (2021) observaram que o comportamento do manganês varia de acordo com a espécie, algumas crescem com o aumento da salinidade, enquanto outras decrescem.

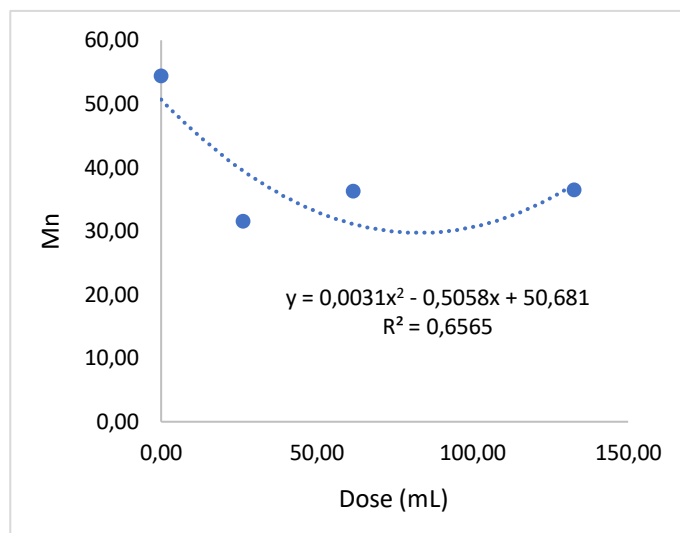


Figura 13: Variação do Mn na folha diagnose do meloeiro para o solo arenoso (S2)

O teor de enxofre no tecido foliar das plantas cultivadas no solo arenoso diminuiu de modo considerável (Tabela 10) à medida que houve aumento da salinidade (Figura 14). Efeito semelhante foi observado por Garcia et al. (2005) quando avaliavam o estresse salino em plantas de milho, verificaram que havia um decréscimo linear no teor desse nutriente à medida que aumentava a salinidade.

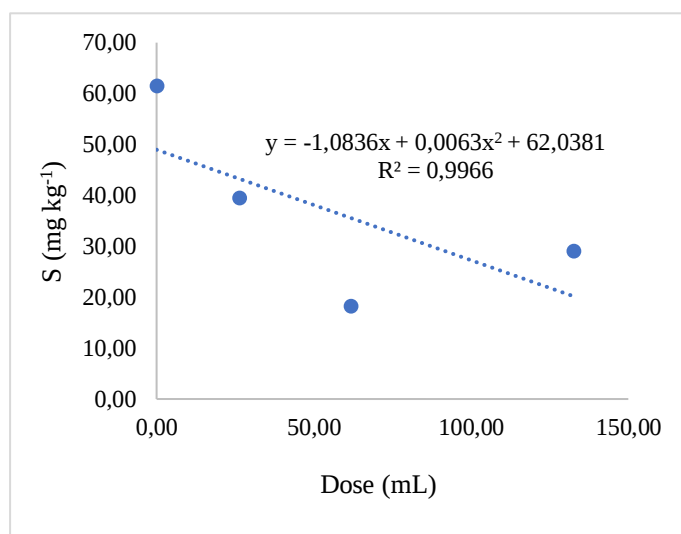


Figura 14: Variação do S na folha diagnose do meloeiro para o solo arenoso (S2)

De modo contrário ao que foi observado para o solo mais arenoso, o teor de enxofre no tecido foliar cresceu conforme o aumento da dose de água residuária aplicada para o solo mais argiloso (Figura 15). Há necessidade de mais estudos do comportamento do enxofre nas plantas.

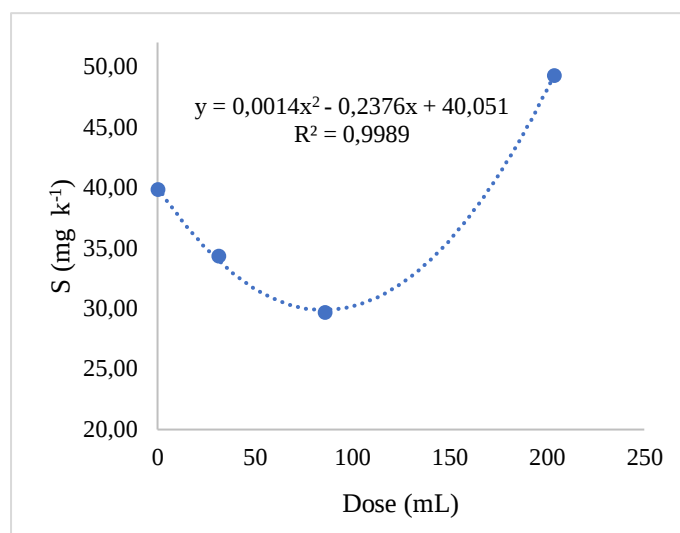


Figura 15: Variação do S na folha diagnose do meloeiro para o solo argiloso (S1)

Dados nutricionais das plantas aos 80 dias após o semeio (DAS)

Ao final do experimento, verificou-se que a água residuária afetou mais as características das plantas cultivadas em solo arenoso (S2) do que no solo argiloso (S1). Em S1 apenas os teores de Mg foram afetados pela adição de água residuária, enquanto em S2 houve resposta significativa para Na, K, Ca, Mg, Cu e Mn (Tabela 11).

Outro fato interessante observado na aplicação desse efluente é que o teor de sódio diminuiu com o aumento da salinidade, tanto para o solo mais arenoso, como o mais argiloso (Tabela 11). É provável que tenha sido carregado por lixiviação. De forma contrária ao que é observado nos estudos com água salina, pois Sá et al. (2021) observaram que as concentrações de sódio na parte aérea das plantas de feijão-caupi aumentaram linearmente com o crescimento da salinidade da água de irrigação. Sousa et al. (2022) também observaram que o teor de sódio presente nas folhas foi estatisticamente maior em água salina.

Tabela 11: Determinação de nutrientes na planta final para os solos argiloso (S1) e arenoso (S2) 80 dias após o semeio

Planta final	Solo argiloso (S1)						
	Na	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe
	g kg ⁻¹				mg Kg ⁻¹		
M1	2,34	10,66	41,87	2,20	2,54	33,88	156,63
M2	1,49	9,42	46,91	2,22	2,53	39,04	226,12
M3	1,71	9,44	39,68	2,89	2,90	37,78	172,98
M4	1,22	11,03	39,49	3,70	2,55	42,90	185,58
CV (%)	38,74	27,53	23,67	26,53	31,04	28,03	26,06
Ftrat	0,62 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,60 ^{ns}	4,69*	0,24 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,89 ^{ns}
	Solo arenoso (S2)						
	Na	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe
	g kg ⁻¹				mg/Kg		
M1	7,50	13,10	38,90	1,24	5,98	193,65	235,96
M2	3,22	4,41	27,94	1,74	2,87	152,51	189,30
M3	3,56	4,82	36,29	3,26	2,90	182,56	206,09
M4	2,57	3,21	32,38	4,55	2,40	132,03	211,77
CV (%)	33,3	31,08	15,49	30,51	41,78	32,01	32,70
Ftrat	12,65*	26,02*	4,15*	16,65*	6,19*	1,41 ^{ns}	0,39 ^{ns}

*significativo a 5 % de probabilidade; ns – não significativo

O teor de magnésio no tecido vegetal evoluiu com as doses de água residuária nas plantas cultivadas no Cambissolo Háplico (Tabela 11). Isso deve-se à água residuária que é rica em magnésio (Figura 16).

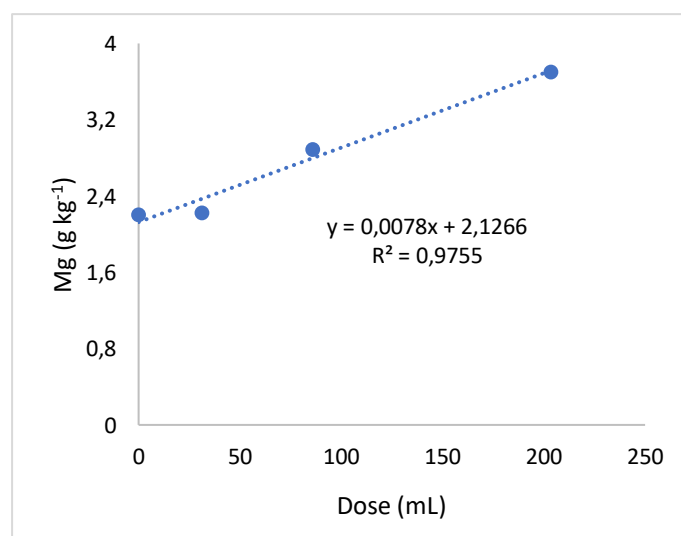


Figura 16: Variação do teor de Mg para a planta do solo argiloso (S1)

Os teores de Na, K e Ca no tecido vegetal nas plantas cultivadas no solo arenoso diminuíram com o aumento nas doses de água residuária, enquanto o teor de magnésio cresceu com o aumento da dose (Figura 17a, 17b, 17c, 17d). Sousa et al. (2022) observaram que o conteúdo foliar de magnésio ampliou com a salinidade em plantas de milho, no entanto pode estar relacionada à presença de $MgCl_2$ na água de irrigação ou na adaptação no acúmulo de magnésio em uma solução salina, pois o magnésio é o segundo nutriente mais extraído por plantas de milho irrigadas com salinidade de até $3,6 \text{ dS m}^{-1}$.

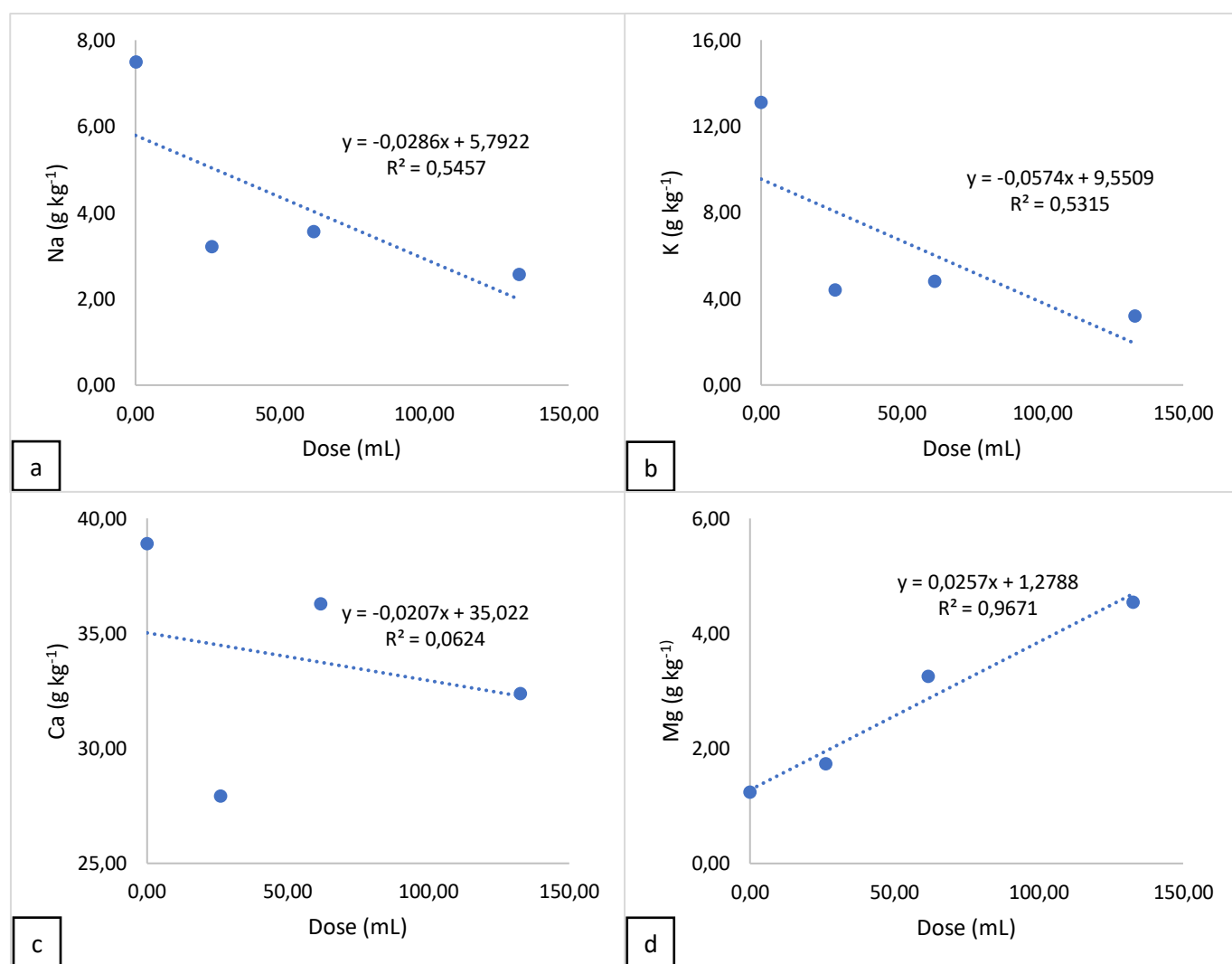


Figura 17: Variação do teor de Na, K, Ca e Mg para a planta do solo arenoso (S2)

O teor de cobre no tecido foliar foi afetado significativamente pelo uso de água residuária quando as plantas cultivadas em solo arenoso (Tabela 11), apresentaram redução com o incremento nas doses de água residuária (Figura 18).

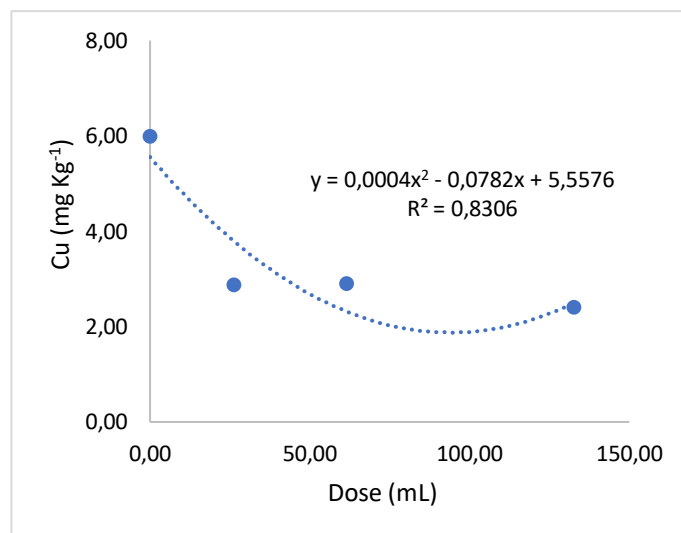


Figura 18: Variação do teor de Cu para a planta do solo arenoso (S2)

3.3 Qualidade pós-colheita e produção do meloeiro irrigado com água residuária proveniente da indústria salina

De modo geral, o uso de água residuária da indústria salina afetou apenas as variáveis diâmetro transversal (DT) e massa seca do fruto (MSFR) ao nível de 5 % de probabilidade, não ocorrendo resposta significativa para as demais variáveis de rendimento e qualidade pós colheita dos frutos colhidos em plantas cultivadas no solo arenoso (Tabela 12).

Para as plantas cultivadas no solo argiloso, o uso de água residuária da indústria salina afetou significativamente as variáveis firmeza (FIRM), espessura da casca (ESP CASCA), Brix, massa fresca do fruto (MFFR), massa seca do fruto (MSFR), massa fresca do vegetal (MFVEG), massa seca total (MSTOT), ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 12: Qualidade pós-colheita e produção para os solos argiloso (S1) e arenoso (S2)

Solo argiloso (S1)													
	Firm	Esp casca	Esp polpa	DC	DT	Brix	Acidez	MFFR	MSFR	MFVEG	MSVEG	MFTOT	MSTOT
	N	mm				°Brix	%	g					
M1	19,6	6,1	35,4	16,4	14,6	11,0	3,0	1900,7	188,4	616,3	122,4	2517,1	310,8
M2	17,8	6,5	34,7	15,3	14,8	10,5	2,7	1663,8	157,0	674,7	118,3	2338,6	275,2
M3	18,0	6,2	38,1	16,5	16,3	10,8	2,7	1954,0	188,2	680,2	130,3	2634,2	318,5
M4	22,5	6,9	36,9	15,3	15,3	10,5	2,6	1680,8	154,0	651,7	125,8	2332,5	279,8
CV (%)	22,74	22,13	14,24	10,37	9,12	10,96	17,85	20,15	19,64	28,77	24,42	17,66	16,99
Ftra	28,14*	7,0*	1,07 ^{ns}	2,69 ^{ns}	2,58 ^{ns}	7,32*	2,70 ^{ns}	4,02*	10,25*	5,33*	3,13 ^{ns}	6,57*	9,96*
Solo arenoso (S2)													
	Firm	Esp casca	Esp polpa	DC	DT	Brix	Acidez	MFFR	MSFR	MFVEG	MSVEG	MFTOT	MSTOT
	N	mm				°Brix	%	g					
M1	3,1	3,6	28,7	11,9	12,4	7,8	4,3	899,2	59,0	235,4	57,6	1134,7	116,7
M2	19,8	6,8	28,9	12,6	12,8	10,5	5,0	1279,9	113,5	483,1	90,7	1763,1	204,1
M3	18,8	6,3	32,4	14,0	14,3	10,1	4,0	1395,6	114,6	405,0	79,5	1800,6	194,1
M4	21,5	6,9	32,2	13,8	13,8	10,4	3,7	1316,4	120,0	498,0	89,6	1814,4	209,6
CV (%)	21,06	18,37	6,33	6,73	4,91	10,87	12,13	14,47	13,4	17,7	15,91	13,11	12,01
Ftra	1,38 ^{ns}	0,51 ^{ns}	2,20 ^{ns}	2,05 ^{ns}	4,93*	0,22 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,6 ^{ns}	3,40*	0,31 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,87 ^{ns}

*significativo a 5 % de probabilidade; ns – não significativo

Para as plantas cultivadas em S1, a firmeza da polpa (FIRM) e espessura da casca (ESP CASCA) foram superiores na maior dose (Figura 20A, 20B). Houve leve redução na concentração de sólido solúvel total (°Brix) na quarta dose, no entanto nas quatro doses avaliadas ficou acima do valor mínimo exigido pelo mercado consumidor externo que é de 9,0 °Brix (Figura 20C), conforme Costa et al. (2010). Na massa fresca do vegetal (MFVEG) verificou-se tendência de aumento até a dose 3, mas diminuiu com a quarta dose (Figura 20D). A massa fresca do fruto (MFFR), massa seca do fruto (MSFR), massa fresca total (MFTOT) e massa seca total (MSTOT) não se constataram tendências, porém foram significativos (Figura 19E, 19F, 19G, 19H).

É importante ressaltar que R-quadrado baixo mostra que é difícil prever o comportamento dessa substância no fruto, e não há referências para embasar os resultados

obtidos. Independente do R-quadrado, os coeficientes significativos ainda representam a mudança média na resposta para uma unidade de mudança.

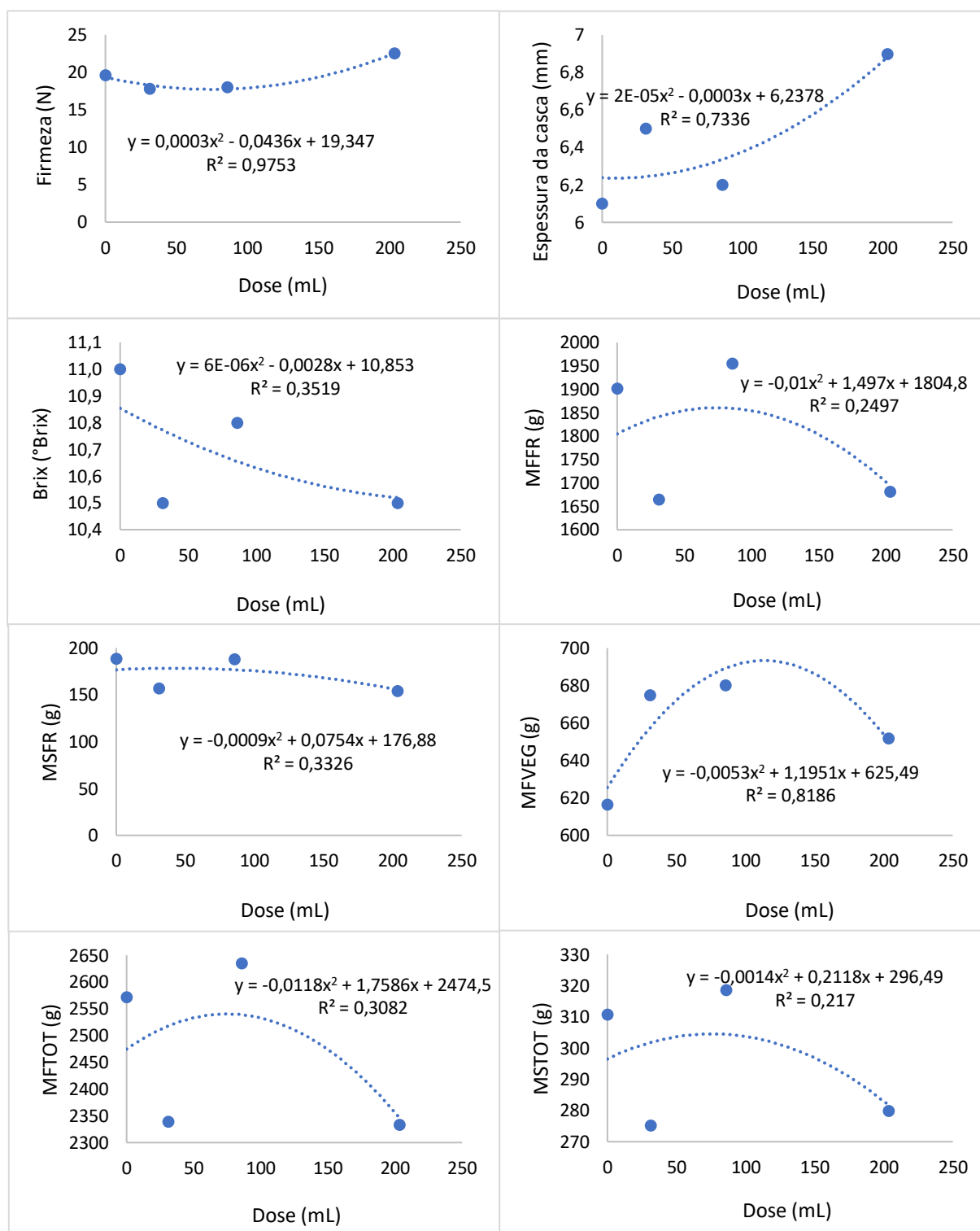


Figura 19: Variação da firmeza, espessura da casca, brix, massa fresca do fruto, massa seca do fruto, massa fresca do vegetal, massa fresca total e massa seca total na qualidade pós-colheita dos frutos cultivados em solo argiloso (S1)

As variáveis DT e MSFR para as plantas cultivadas em S2, foram afetadas de forma quadrática pelo incremento nas doses de água residuária, com os maiores valores ocorrendo nas doses 3 e 4, respectivamente, obtendo-se valores máximos de 14,3 cm para DT e 131,1 g planta⁻¹ para MSFR (Tabela 12). A partir destas doses ocorrem tendência de redução nessas variáveis na maior dose de água residuária (Figura 20).

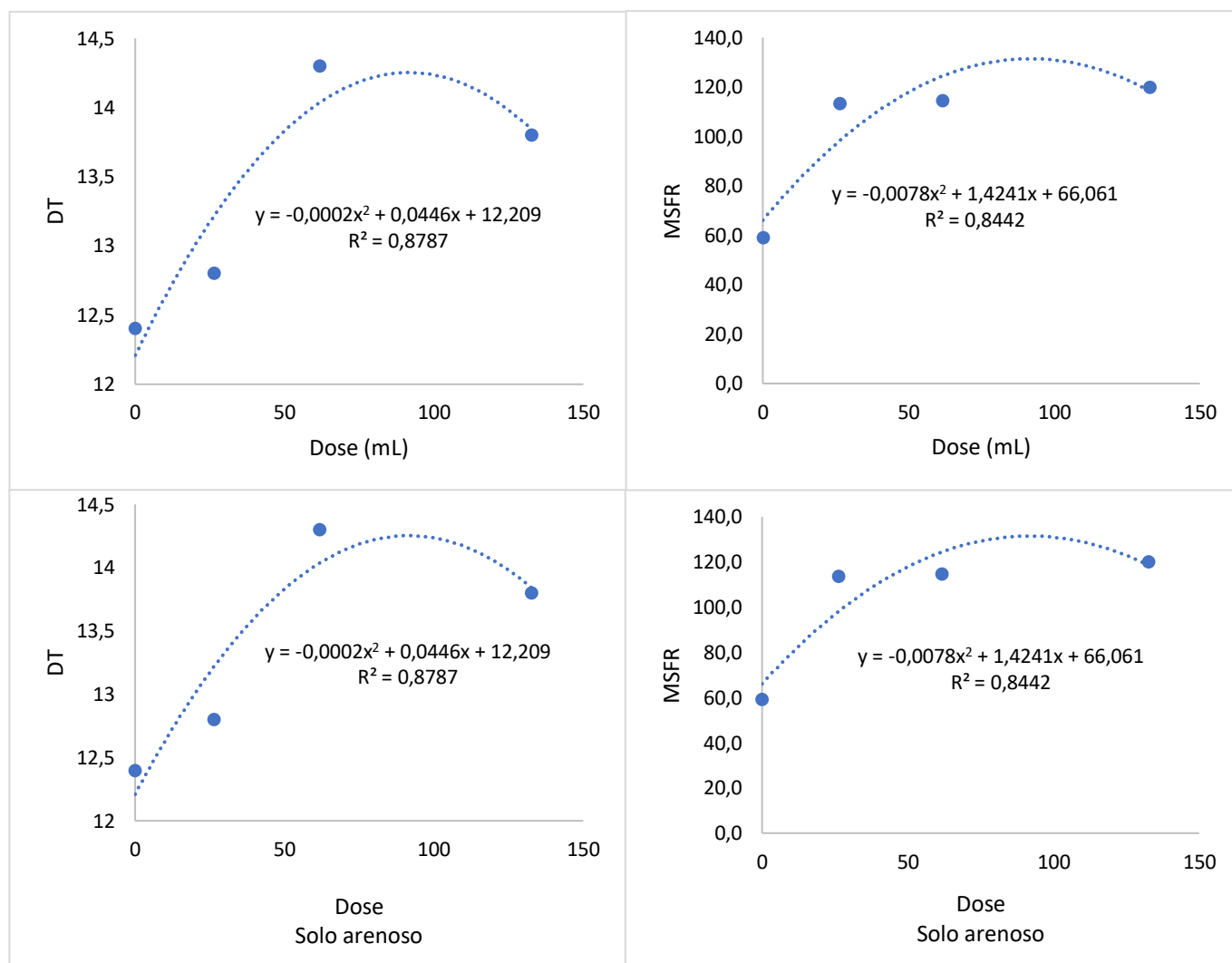


Figura 20: Variação do diâmetro transversal e massa seca do fruto na qualidade pós-colheita dos frutos cultivados em solo arenoso (S2)

A massa seca do fruto também aumentou à medida que aumentou a dose aplicada, no solo arenoso portanto foi significativo, no entanto também foi significativo no solo argiloso, mas neste caso houve diminuição da massa seca do fruto com o aumento da dose (Tabela 12).

A ausência de efeito significativo entre a maior parte das variáveis observadas nas plantas cultivadas em S2, demonstrou que a cultura do melão tolerou a irrigação com a água residuária, indicando que ela pode ser utilizada para aplicação na agricultura, sem prejuízos ao desenvolvimento das plantas e ao solo. O mesmo foi observado por Moraes et al. (2011) quando demonstraram que a cultura do girassol tolerou salinidade alta da água de irrigação.

Oliveira et al. (2014) estudando a interação entre a água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela verificaram que o aumento da salinidade também afetou o diâmetro médio dos frutos, apresentando efeito positivo até $2,48 \text{ dS m}^{-1}$, depois houve decréscimo. Souza et al. (2016) avaliando a produção e qualidade de mini melancia cv. Sorriso irrigado com água salina também verificaram que o diâmetro do fruto diminuiu com o aumento da salinidade.

3.4 Efeito da água residuária da indústria salineira no fruto

A maior parte dos nutrientes do fruto cultivado em S1 aumentou com a dose de água residuária, todavia, não foi significativo para nenhuma variável, enquanto em S2 a quantidade de nutrientes diminuiu, todavia foi importante para a maior parte das variáveis (Tabela 13).

Tabela 13: Efeito da água residuária da indústria salineira nos frutos cultivados em solo argiloso (S1) e arenoso (S2).

Solo argiloso (S1)								
	Na	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
M1	0,92	15,91	2,78	1,11	1,73	7,26	36,05	263,73
M2	1,43	18,65	2,15	1,07	2,00	7,02	259,52	259,52
M3	0,79	17,34	3,06	1,27	1,61	8,66	207,40	207,40
M4	1,17	18,18	2,59	1,28	1,74	8,35	251,48	251,48
CV (%)	62,43	11,04	20,84	15,44	40,35	20,76	49,38	6,27
Ftrat	0,88 ^{ns}	1,94 ^{ns}	2,39 ^{ns}	1,73 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,99 ^{ns}	14,19 ^{ns}
Solo arenoso (S2)								
	Na	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
M1	2,47	20,10	1,24	1,29	4,83	46,4	54,14	296,13
M2	2,10	11,01	1,44	1,21	2,89	24,3	59,42	241,46
M3	2,11	11,67	1,32	1,38	2,56	18,8	54,44	252,85
M4	1,38	9,93	1,15	1,11	2,06	11,7	24,84	251,98
CV (%)	36,34	22,6	21,15	11,41	27,99	35,95	29,32	10,11
Ftrat	1,97 ^{ns}	12,29*	1,04 ^{ns}	3,17 ^{ns}	9,8*	13,54*	6,22*	4,23*

Para S2, os teores de K, Cu, Mn, Fe e Zn decresceram com a dose (Figura 21 e Figura 22A, 22B, 22C, 22D).

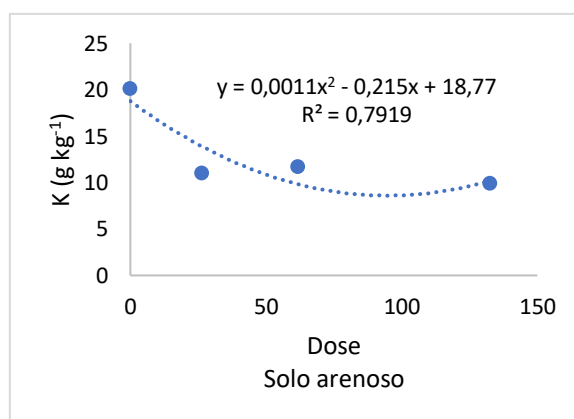


Figura 21: Teor de K dos frutos cultivados em solo arenoso (S2)

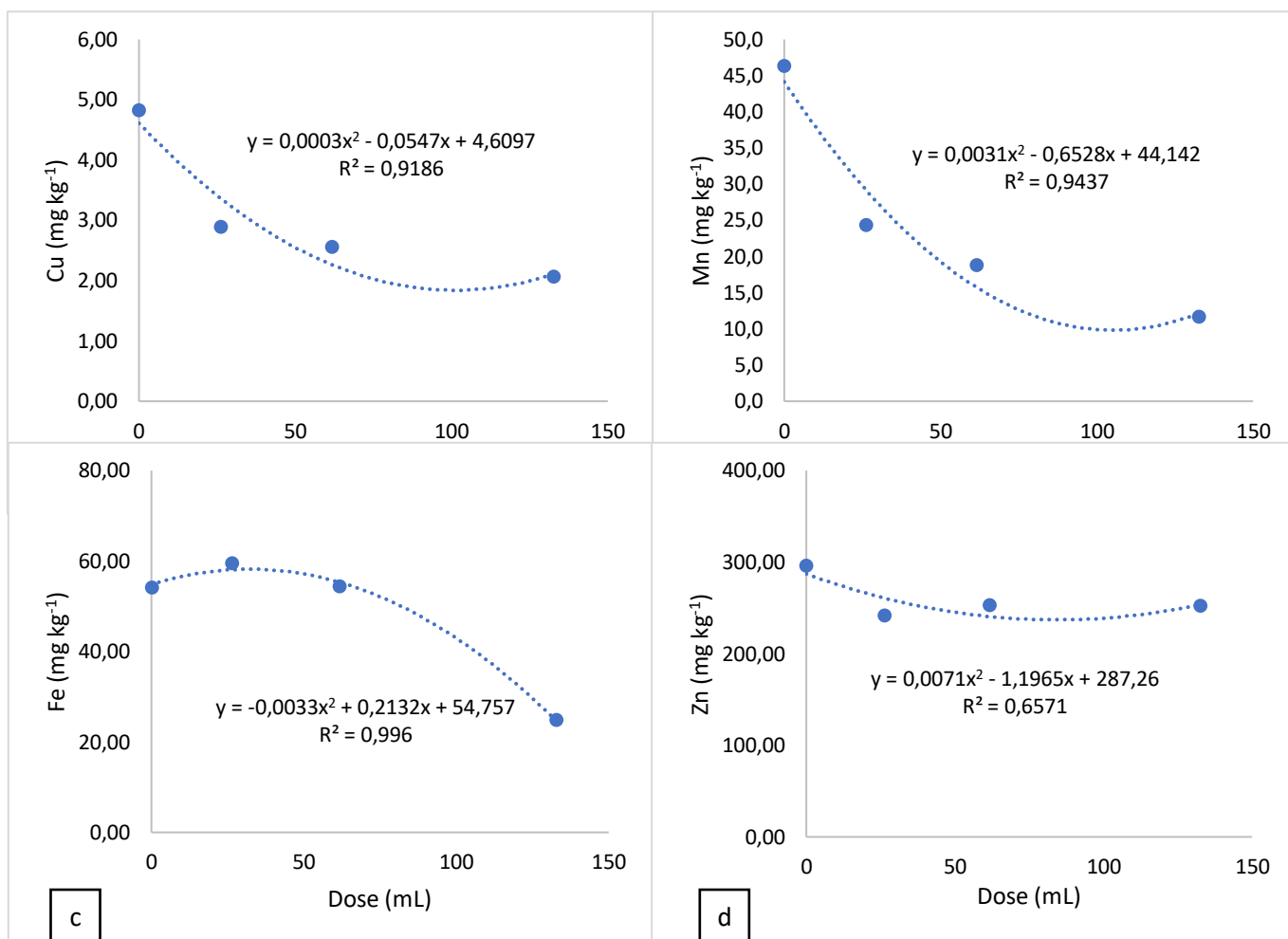


Figura 22: Teores de micronutrientes nos frutos cultivados em solo arenoso (S2)

Recomenda-se para trabalhos futuros a aplicação desta metodologia, visando ampliar o conhecimento sobre o comportamento dessa substância em outras culturas, outros tipos de solos, e assim, estender o volume de informações sobre esse produto da atividade salineira.

4 CONCLUSÕES

1. No solo argiloso (S1) a adição da água residuária se aproximou da relação ideal para Ca/Mg na dose 3;
2. No solo arenoso (S2) houve resposta quanto ao incremento de magnésio;
3. No solo argiloso (S1) aconteceu o aumento da concentração de nutrientes no tecido vegetal e no fruto;
4. As plantas cultivadas em solo argiloso (S1) apresentaram melhor qualidade pós-colheita, enquanto as cultivadas em solo arenoso (S2) apresentaram aumento da produção.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. KÖPPEN'S **climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, 711-728, 2013.

ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F. V. DA S.; OLIVEIRA, F. A. DE.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P. DE.; SILVA, M. K. DO N.; MESQUITA, E. F. DE.; BRITO, M. E. B.; Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água** – An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 11, n. 2, 2016.

BEZERRA, J. M.; Batista, R. O.; Silva, P. C. M. da; Moraes, C. T. da S. L.; Feitosa, A. P. **Aspectos econômicos e ambientais da exploração salina no estado do Rio Grande do Norte**. *Engenharia Ambiental*, v.9, p.3-20, 2012.

BRASIL (2020). **Produção Nacional de Fertilizantes**. Secretaria especial de assuntos estratégicos. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2022.

COSTA, S. A. D.; QUEIROGA, F. M.; PEREIRA, F. H. F.; MARACAJÁ, P. B.; SOUSA FILHO, A. L. DE. Efeito de doses de magnésio na produção e qualidade de frutos de melão. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n.4, p. 118-123, 2010.

DIAS, N. S.; SOUZA, E. R. DE.; FERREIRA, J. F. DA S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. DE. **Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade**. *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*, p. 151–162, 2016.

DIAS, T. J.; FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, E. S.; DANTAS, A. D.; DANTAS, M. M. M. Atributos químicos do solo irrigado com águas salinas e uso de mitigadores do estresse salino no maracujazeiro amarelo. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 1, n. 27, p. 19, 2015.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica. 2ª ed. 2009.

FERREIRA, A. D. S.; LEAL, C. C. P.; GUIRRA, B. S.; TORRES, S. B.; PORCEDDU, M.; BACCHETTA, G. Production of pityrocarpa moniliformis (Benth.) luckow & r.w. jobson (fabaceae) seedlings irrigated with saline water. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 25, n. 3, p. 182–188, 2021.

GARCIA, G. D. O.; FERREIRA, P. A.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, F. G.; MIRANDA, G. V. **Estresse salino em plant as Estresse plantas de milho : I - macronutrientes aniônicos e suas relações com o cloro macronutrients and their relationships with chloride**. n. 3, p. 26–30, 2005.

GHEYI, H.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Livro - Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. INCTSal, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Indicadores IBGE. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612#resultado>>. Acesso em: 18 fev 2022.

LIMA, A. F.; SOUSA, G. G. DE.; SOUZA, M. V. P. DE.; SILVA JUNIOR, F. B. DA S.; GOMES, S. P.; MAGALHÃES, C. L. **Cultivo do milheto irrigado com água salina em diferentes coberturas mortas**. Irriga, Botucatu, v. 25, n. 2, p 347-360, 2020.

MORAIS, F. A.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T.; MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 327–336, 2011.

MOURA, E. S. R. DE. **Cultivo de erva sal irrigada com rejeito salino sob variação da umidade do solo**. Mossoró: UFERSA, 2013. 53p. Dissertação Mestrado.

OLIVEIRA, F. de A. de.; Medeiros, J. F. de M.; Alves, R. de C.; Linhares, P.S.F.; Medeiros, A. M. A. de; Oliveira, M. K. T. de. Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 5, p. 480-486, 2014.

RODRIGUES, V. DOS S.; SOUSA, G. G. DE. SARAIVA, S. E. L.; CARDOSO, E. R. DA C.; PEREIRA FILHO, J. V.; VIANA, T. V. DE A. Atributos Químicos Do Solo Em Área Cultivada Com Milho Sob Irrigação Com Água Salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 7, p. 3129–3138, 2019.

SÁ, F. V. DA S.; SILVA, I. E.; FERREIRA NETO, M.; LIMA, Y. B.; PAIVA, E. P.; GHEYI, H.R. Phosphorus doses alter the ionic homeostasis of cowpea irrigated with saline water TT - Doses de fósforo alteram a homeostase iônica do feijão-caupi irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 372–379, 2021.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 2, p. 443–450, 2003.

SANTOS, E. E. F.; SILVA, T. N.; SILVA, C. L.; SANTOS, M. H. L. C.; MOURA, W. N. D.; RIBEIRO, D. S. Atributos químicos de solo cultivado com palma forrageira sob irrigação com água salobra. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e698997531, 2020.

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.

SILVA, C. L. C.; Grigio, A. M.; Lemos Filho, L. C. A.; Oliveira Júnior, H. S. Potential of magnesium oxide production from saline effluent from marine salt production in the municipality of Grossos/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, p. 894-905, 2017.

SILVA, J. E. D. A. **Balanco de cálcio e magnésio**. v. 15, n. 1976, p. 329–333, 1980.

SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; MIRANDA, N. O.; JOSÉ, J. V.; SOUZA, C. M. M. Nutritional status of galia melon plants irrigated with saline water in different soils. **DYNA (Colombia)**, v. 88, n. 216, p. 79–86, 2021.

SOUSA, G. G. D.; SOUSA, H. C.; SANTOS, M. F.; LESSA, I. N.; GOMES, S. P. **SALINE WATER AND NITROGEN FERTILIZATION ON LEAF COMPOSITION AND YIELD OF CORN 1**. v. 2125, p. 191–198, 2022.

SOUZA, D. M. DE; MEDEIROS, D. S.; MASTSUSHIGE, I.; LEAL, W. G. O.; SANTOS, R. C. G. DOS; OLIVEIRA, L. A. DE; MORAIS, P. A. DE O.; SOUZA, L. M. DE. Gerenciamento de resíduos de ensaios químicos de solo e planta no centro nacional de pesquisa de arroz e feijão (CNPq F). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 449–472, 2016.

TAGLIAFERRE, C.; GUIMARÃES, D. U. G.; GONÇALVES, L. J.; AMORIM, C. H. F.; CAMPOS, W. V.; ROCHA, F. A. Absorption of nutrients by cowpea irrigated with saline water under different leaching fractions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1067–1071, 2016.

XIMENES, A. I. S.; MENEZES, A. S.; BARROZO, Y. S. N.; SOUZA, M. C. M. R. DE.; MESQUITA, M. L. DA S. **Lixiviação de cálcio e magnésio em solo sob irrigação com água salina em ambiente protegido.** V WINOTEC, Sobral - CE, 2018.