



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS

Estágio Supervisionado Obrigatório – ESO

Relatório Final de atividades do programa de Educação Tutorial – PET IC 2020

**Propriedades de solos cultivados com Salicornia e irrigados com rejeito de
dessalinizador**

Larissa Gondim Pascoal de Oliveira

Recife
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS

**Propriedades de solos cultivados com Salicornia e irrigados com rejeito de
dessalinizador**

LARISSA GONDIM PASCOAL DE OLIVEIRA

Trabalho de Graduação apresentado à
Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Como requisito para a
conclusão do curso de Bacharelado em
Agronomia sob orientação e supervisão da
Profa. Dra. Maria Betânia Galvão dos
Santos Freire

Recife

2023

RESUMO

O solo pode estar submetido a alguns tipos de degradação, entre elas, a salinização. O rejeito salino, é resultado do processo de dessalinização da água e contém alta concentração salina, podendo ser utilizado para irrigação de plantas halófitas. A *Salicornia neei*, é uma planta halófito obrigatória e de ampla utilização. O objetivo do trabalho foi verificar o efeito do cultivo de plantas de salicórnia irrigadas com águas salinas em propriedades de solos do semiárido. O experimento foi desenvolvido em delineamento experimental de blocos casualizados e arranjo fatorial de 4×6 (quatro tipos de solos e seis proporções de misturas de água potável e rejeito salino), com quatro repetições, totalizando 96 unidades experimentais. As plantas de salicórnia foram cultivadas por 60 dias sob irrigação com água sem sais, sendo então iniciada a aplicação das águas salinas por 60 dias. Serão avaliadas as análises dos solos para verificar se houve salinização dos mesmos. Foi realizada a extração da solução da pasta saturada, onde foram medidos o pH e a condutividade elétrica, e determinados os cátions solúveis. Serão analisados os cátions trocáveis e calculados: CTC, RAS e PST do solo. sódio (Na^+) e potássio (K^+). A partir dos resultados observou-se que houve efeito significativo da interação sobre a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), sódio (Na^+) e potássio (K^+). Com relação ao pH em água e pH do extrato de solução do solo, observou-se que as maiores médias foram nos Neossolos Flúvicos. Analisando os valores de pH em água e pH do extrato de solução do solo em diferentes proporções de rejeito salino e água potável, observou-se que com a maior proporção de rejeito salino o pH se tornou mais ácido. Observou-se que os valores de CE aumentaram nas maiores proporções de rejeito salino para todos os solos, assim como os valores de sódio (Na^+) e potássio (K^+).

1. INTRODUÇÃO

O solo é um material mineral e/ou orgânico, não consolidado na superfície terrestre, que serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas (CURI et al., 1993). O solo é consequência do intemperismo químico, físico e biológico que age diretamente sobre o material de origem, desenvolvendo atributos específicos diante da junção dos fatores de formação sendo eles: clima, relevo, organismos, tempo e do próprio material de origem (HUANG & SUMMER, 2011; OPOLOT et al., 2015).

O solo é considerado degradado quando sofre modificações na sua natureza, podendo ser física, química ou biológica. A salinização é um tipo de degradação do solo resultado do aumento da concentração de sais solúveis, especificamente sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), no solo, para níveis prejudiciais às plantas (MARTINS & GONÇALVES, 2017). Um solo é caracterizado como salino quando a condutividade elétrica medida na pasta de saturação é superior a 4 dS m^{-1} , porcentagem de sódio trocável (PST) é menor que 15% e o pH é menor que 8,5 (CARREIRO & LEITE, 2017).

A salinidade pode ser resultante de processos naturais (salinidade primária ou natural) e induzidos pelo homem (salinidade secundária ou antrópica) (PEDROTTI et al., 2015). Os solos salinos contam com atributos físicos e químicos que auxiliam esse tipo de degradação, isto é, elevados teores de argila, condutividade hidráulica reduzida, condições topográficas desfavoráveis e, em alguns casos, elevados teores de sódio (VELMURUGAN et al., 2016).

Quanto ao nível de degradação dos solos por salinização no mundo, Pedrotti (2015) indica: 8,0% moderadamente degradados; 10% em recuperação; 25% degradados; e 36% apresentam-se estáveis ou levemente degradados. Os solos salinos ocorrem em escala mundial sendo estimada uma extensão de 1 bilhão de ha, dando enfoque a países como Espanha, Itália, Hungria, Grécia, Portugal, França, Estados Unidos, Austrália e Eslováquia (FAO, 2015).

No Brasil, a salinização dos solos tem sido produto de: irrigações conduzidas de forma equivocada, utilização de águas de qualidade inferior (alta salinidade), manejo incorreto da adubação, solos mal drenados, naturalmente ou artificialmente, entre outros (ALMEIDA, 2010; BERNARDO et al., 2006). Os solos salinos ocorrem no Rio Grande do Sul, na região do Pantanal Mato-grossense (VIEIRA et al., 2016) e no semiárido. O maior problema de salinidade é encontrado no Nordeste, abrangendo uma área de 155 milhões de hectares, sendo que 52% deste se encontra no semiárido (CARREIRO &

LEITE, 2017).

O controle da salinização deve se basear no conhecimento dos processos da dinâmica da água, dos solutos no solo e das relações entre as concentrações de sais solúveis e os sais adsorvidos no solo. Com isso, é preciso avaliar a gestão da irrigação e prever os efeitos da qualidade da água no solo e nas águas subterrâneas, esse controle é mais necessário quanto mais intensiva for a irrigação e pior a qualidade da água (GONÇALVES et al., 2015).

Rejeito salino é resultado do processo de dessalinização da água, dessa forma apresenta uma alta concentração salina, baixa qualidade e altos riscos ambientais (DIAS et al., 2018). A aplicação do rejeito para irrigação de plantas halófitas é uma técnica promissora para regiões semiáridas (OLIVEIRA et al., 2019). Plantas halófitas são adaptadas a altas concentrações de sais no solo com capacidade de acumular grandes quantidades destes em seus tecidos (SILVA et al., 2016). O uso da irrigação salina para plantas não tolerantes à salinidade inibe o desenvolvimento e crescimento, diminuindo a produção (GALINDO et al., 2018).

O acúmulo de sais no solo é consequente da existência de uma fonte de sais e da insuficiência de precipitação e/ou de drenagem que permitam a sua lixiviação (MARTINS & GONÇALVES, 2017). Em condições salinas, as plantas podem sofrer déficit hídrico devido ao menor potencial hídrico na raiz, além de toxicidade iônica associada à absorção excessiva, especificamente de íons tóxicos (Cl^- e Na^+), ocasionando o desequilíbrio nutricional devido à redução na absorção e/ou transporte para a parte aérea, reduzindo assim o crescimento e o rendimento (TAIZ et al., 2017).

Uma alternativa é a utilização de plantas halófitas para fitorremediação do solo. As halófitas possuem propriedades fisiológicas e anatômicas capazes de apresentar tolerância ao sal, com isso, a resistência dessas plantas a salinidade se deve à capacidade de evitar que elevadas concentrações de sal, alcancem o protoplasma e, por meio de regulação salina, de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento na quantidade de sais (CARVALHO et al., 2015).

A salicórnia (*Salicornia neei*), podendo ser conhecida por espargos do mar ou erva sal, é uma planta halófito obrigatória e de ampla utilização desde alimentação, indústria e fins medicinais (CLEMENTE & SILVA, 2018). A salicórnia pertence à classe Equisetopsida, subclasse Magnoliidae, ordem Caryophyllales, família Amaranthaceae, gênero Salicornia. Dentre as halófitas, são as que toleram os mais altos níveis de salinidade e a irrigação (OLIVEIRA & SAPATA, 2018).

O cultivo da salicórnia está distribuído em diferentes partes do mundo (por exemplo, EUA, México, Israel, Arábia Saudita, Eritreia e Brasil) como culturas experimentais e comerciais (PATEL, 2016; VENTURA et al., 2018; DONCATO & COSTA, 2017). Para a alimentação, a salicórnia provêm de altos teores de proteína bruta, ácidos graxos e minerais (DONCATO & COSTA, 2017; BERTIN et al., 2014; BARREIRA et al., 2017). Além de serem ricos em metabólitos orgânicos bioativos, flavonoides, vitamina C e carotenóides (COSTA et al., 2018; BARREIRA et al., 2017).

Diante disso, o estudo tem como objetivo central avaliar as propriedades de solos cultivados com Salicórnia e irrigados com rejeito de dessalinizador, além de verificar a capacidade de fitorremediação do solo e sua capacidade de adaptação às condições ambientais.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Verificar o efeito do cultivo de plantas de Salicornia irrigadas com águas salinas nas propriedades químicas de solos do semiárido de Pernambuco

2.2. Específicos

- Avaliar os atributos químicos dos solos no início e ao final do experimento;
- Avaliar quimicamente a biomassa vegetal de plantas de Salicornia cultivadas em diferentes solos sob irrigação com águas salinas;
- Avaliar no final do experimento a alocação de biomassa para as raízes e parte aérea das plantas;
- Determinar a capacidade de extração de sais das plantas em dois ciclos consecutivos.

3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, no Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), município de Recife, Pernambuco, Brasil. Situado nas coordenadas geográficas: 8° 00' 59'' de latitude Sul; 34° 56' 40'' de longitude Oeste e, aproximadamente, 28 m de altitude. O clima do município é do tipo As', tropical quente e úmido, sem estações definidas, com estação seca no verão, com chuvas de outono-inverno, segundo o sistema de classificação de Köppen (1928).

Os tratamentos foram distribuídos no delineamento em blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 6×4 , o primeiro fator corresponde às seis proporções de rejeito de dessalinizador e água de abastecimento: A₁ – 100% torneira; A₂ – 85% torneira e 15% rejeito; A₃ – 70% torneira e 30% rejeito; A₄ – 50% torneira e 50% rejeito; A₅ – 30% torneira e 70% rejeito e A₆ – 100% rejeito.

O segundo fator corresponde a quatro amostras superficiais de quatro classes de solos do semiárido de Pernambuco: S₁ – Cambissolo (Caruaru); S₂ – Cambissolo (Serra Talhada); S₃ – Neossolo Flúvico (Ibimirim) e S₄ – Neossolo Flúvico (Pesqueira), com características físicas e químicas distintas (Tabela 1). O experimento foi disposto em quatro repetições, totalizando noventa e seis unidades experimentais, em que cada unidade experimental foi composta por duas plantas por vaso.

A planta cultivada foi da espécie *Salicornia neei*, com mudas propagadas por estaquia, cedidas pelo Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), com 60 dias. Duas mudas foram transplantadas para cada vaso, sendo mantidas sob irrigação com água da torneira por 60 dias, para que houvesse um período de adaptação. A irrigação com as proporções entre o rejeito de dessalinizador e água potável foi iniciada aos 60 dias do transplantio e estabelecimento das mudas, como forma de não prejudicar o crescimento inicial das plantas. A montagem do experimento ocorreu em outubro de 2018 (Figura 1A).



Figura 1. Montagem do experimento (A) e plantas após 40 dias de irrigação com água salina (B).

Na Figura 2, estão dispostas as plantas com 60 dias após irrigação com água salina.



Figura 2. Plantas aos 60 dias após o início dos tratamentos salinos.

Durante a fase de crescimento vegetativo, variáveis de crescimento de hastes, produção de matéria fresca e seca, bem como avaliações fisiológicas foram realizadas durante dois ciclos da planta. Estes resultados já foram apresentados, restando a avaliação dos solos sob aplicação das águas salinas. Após o final do experimento, foram coletadas amostras de solo de cada unidade experimental para avaliação dos atributos químicos.

As amostras de solos foram submetidas à análise dos elementos solúveis, com o preparo da pasta saturada. Foram pesados 500 g de terra fina seca ao ar (TFSA) e colocados em recipiente plástico; posteriormente, adicionou-se água deionizada e utilizou-se espátula de aço para misturar até a massa de solo ter uma consistência brilhosa e deslizar suavemente na espátula, indicando o ponto de saturação.

Após a preparação, foi extraída a solução do solo a vácuo, colocando-se a pasta saturada dentro de funil perfurado e forrado com papel filtro, sendo a solução coletada em recipiente plástico (Figura 3). No extrato da pasta saturada foram mensurados a condutividade elétrica (CE a 25 °C), utilizando o condutivímetro digital, e o pH, utilizando o pHmetro; serão determinados, também, os cátions solúveis: Ca^{2+} e Mg^{2+} por espectrofotometria de absorção atômica (EAA); Na^+ e K^+ por fotometria de emissão de chama nos extratos diluídos; e os ânions SO_4^{2-} e Cl^- por volumetria.



Figura 3. Sistema para obtenção do extrato da pasta de saturação para análises posteriores dos elementos solúveis.

Para a determinação de Ca^{2+} e Mg^{2+} por EAA, será pipetado 0,1 mL do extrato de saturação para erlenmeyer de 20 mL; em seguida será adicionado 4,9 mL de solução de lantânio a 1 g L⁻¹ e se homogeneizou; após, será efetuada a leitura no espectrômetro de absorção atômica. Para a determinação dos Na^+ e K^+ por fotometria de chama, foi passado

o extrato da solução do solo no aparelho e foi realizada a leitura diluindo o extrato quando a mesma ultrapassou a escala do aparelho.

Para a determinação dos ânions SO_4^{2-} e Cl^- por volumetria, será pipetado 25 mL do extrato da solução para um erlenmeyer de 125 mL. O extrato deve ter pH neutro ou alcalino, mas caso o pH seja ácido deve adicionar uma gota de solução saturada de NaHCO_3 . Com auxílio de agitador magnético se agitará a mistura, em seguida adiciona-se 1 mL da solução de cromato de potássio a 5%. Após, será titulado a solução com a solução padrão de AgNO_3 , observa o aparecimento da coloração vermelha a marrom indicando o ponto de viragem da solução, em seguida titula-se a solução com um branco para correção com água deionizada.

Para a caracterização química do solo será, também, realizada a medida do pH em água (1:2,5); a determinação dos cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+), extraídos com acetato de amônio 1 mol L^{-1} a pH 7,0 (THOMAS, 1982), sendo Na^+ e K^+ dosados por fotometria de chama, e Ca^{2+} e Mg^{2+} por espectrofotometria de absorção atômica (USSL Staff, 1954). A capacidade de troca de cátions (CTC), pelo método do acetato de sódio/acetato de amônio (USSL Staff, 1954).

Para a determinação da capacidade de troca de cátions (CTC) pelo método do acetato de sódio/acetato de amônio, pesam-se 5 g da amostra de solo e transfere-se para um tubo de centrífuga de 50 mL; em seguida, adicionam-se 33 mL da solução de acetato de sódio a $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 8,2 e agitando-se por 5 minutos a 2000 rpm. Descarta-se a solução sobrenadante e repete-se a operação mais duas vezes; para a lavagem do excesso da solução de acetato de sódio, adicionam-se 33 mL de etanol a 95%, agita-se e centrifuga-se a solução, descartando-se as partículas em suspensão repetindo-se a operação mais duas vezes.

Após a lavagem, adicionam-se 33 mL da solução de acetato de amônio $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 na amostra; agita-se a amostra por 5 minutos e centrifuga-se a 2000 rpm por 5 minutos, recolhendo a solução sobrenadante em balão volumétrico de 100 mL. A operação é repetida mais duas vezes até completar o volume do balão com acetato de amônio.

Com os resultados das análises, serão calculadas a relação de adsorção de sódio (RAS) e a percentagem de sódio trocável (PST), conforme USSL Staff (1954). Após a coleta os dados serão tabulados e submetidos à análise da variância para avaliar os efeitos significativos dos fatores e de suas interações utilizando o teste F ($p \leq 0,05$). As análises

estatísticas serão realizadas com o auxílio do software estatístico SISVAR[®] versão 5.3 (FERREIRA, 2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tipo de solo e a água utilizada na irrigação interferiram nos valores de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), de pH em água, no extrato de saturação (pHes), no sódio (Na^+) e no potássio (K^+) observados após o experimento, (Tabela 1). Os efeitos individuais de solo (S) e das proporções de rejeito de dessalinizador na água de irrigação (A) tiveram efeito significativo para as todas as variáveis citadas. Porém, ao analisar a interação entre eles, apenas houve efeito significativo sobre CEes, sódio (Na^+) e potássio (K^+).

A dinâmica da água é examinada de forma conjunta com o solo e a condutividade elétrica, por refletir a concentração de sais presentes na solução do solo, é influenciada pela interação entre eles com efeito significativo (BRANDÃO & LIMA, 2002; SALLO, 2017). Dessa forma, devido a condutividade elétrica (CE) ter relação com os teores de sais, inclusive, sódio (Na^+) e potássio (K^+), causando efeito significativo (MENEZES & DE MATOS, 2018).

Após avaliação dos valores de pH em água 1:2,5, ao final do experimento nas diferentes classes de solo, é possível observar que todos os pH diferem entre si para as classes de solo (Figura 4A). Os maiores valores de pH foram constatados nas duas amostras de Neossolos Flúvicos, S3 (Ibimirim) e S4 (Pesqueira). Esses resultados foram encontrados em experimentos similares com mamão (BEZERRA et al., 2018), graviola (AZEVEDO, 2018), acerola (SANTOS, 2019) e melão (MEDEIROS et al., 2017).

Com a análise do pH do extrato de saturação do solo (pHes) ao final do experimento (Figura 4B), foi possível constatar que houve diferença entre o pH dos solos. Verifica-se tendência semelhante ao que ocorreu no pH em água, contudo, para o pHes, não houve diferença entre os Cambissolos (S1 e S2) e os Neossolos (S3 e S4), sendo os Neossolos Flúvicos S3 (Ibimirim) e S4 (Pesqueira) os mais alcalinos.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para potencial hidrogeniônico em água (pH água 1:2,5) e do extrato de saturação (pHes), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), sódio (Na⁺) e potássio (K⁺) solúveis

Quadrado Médio						
FV	GL	pH (água 1:2,5)	pHes	CEes	Na ⁺	K ⁺
Bloco	3	0,107 ^{ns}	0,046 ^{ns}	17,1 ^{ns}	15,9 ^{ns}	0,59 ^{ns}
Solo (S)	3	28,082 ^{**}	9,272 ^{**}	1200,5 ^{**}	762,3 ^{**}	12,9 ^{**}
Água (A)	5	0,517 ^{**}	2,359 ^{**}	5507,9 ^{**}	1067,2 ^{**}	20,4 ^{**}
S × A	15	0,051 ^{ns}	0,209 ^{ns}	334,6 ^{**}	63,4 ^{**}	1,1 ^{**}
Resíduo	69	0,049	0,132	5,8	5,23	0,1
Total	95	-	-	-	-	-
CV (%)	-	3,06	5,42	4,44	7,96	8,58

*, ** significativo a 5 e a 1%, respectivamente; ^{ns} – não significativo pelo teste F; FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação.

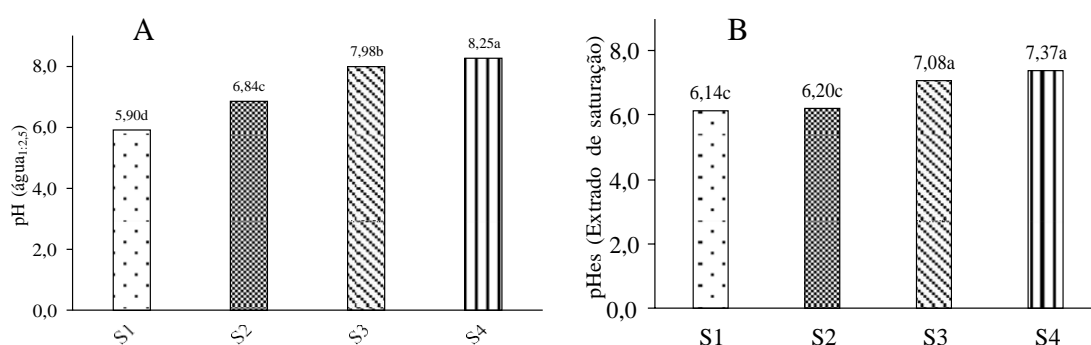


Figura 4. Valores de potencial hidrogeniônico do extrato aquoso do solo (pH) (A) e valores de potencial hidrogeniônico do extrato de saturação do solo (pHes) (B), ao final do experimento. Médias seguidas por mesma letra minúscula entre classes de solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Com relação a análise dos valores de pH em água ao final do experimento em função das proporções de rejeito salino e água potável, houve diferença entre o pH do solo submetido à irrigação com água de proporção com 0% de rejeito salino e as demais proporções. Foi possível constatar que o pH mais alcalino foi obtido na proporção 0% rejeito salino (100% água de torneira).

A partir da análise do gráfico, pode constatar que, enquanto a salinidade da água aumenta, o pH apresenta o comportamento inverso, com isso, a água de irrigação nos níveis de salinidade mais elevada foi capaz de reduzir o pH do solo (LIMA et al., 2008). Se considera que o pH do solo é influenciado pela composição e natureza dos cátions trocáveis e pelas concentrações de sais solúveis (MEDEIROS et al., 2017). Com isso, decorrente da alta concentração de sais no rejeito salino, o pH é menos alcalino quando comparado ao 100% da água de torneira, pois em pH superiores a 7,5 ocorre a precipitação dos sais (OLIVEIRA et al., 2015).

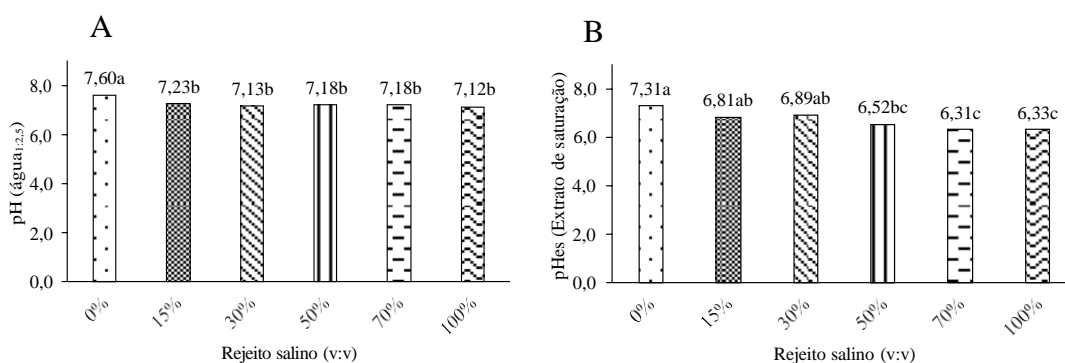


Figura 5. Valores de potencial hidrogeniônico do extrato aquoso do solo (pH 1:2,5) (A) e Valores de potencial hidrogeniônico do extrato de saturação do solo (pHes) (B), ao final do experimento, em função de diferentes proporções de rejeito salino e água potável. Médias seguidas por mesma letra minúscula entre classes de solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

De acordo com os valores obtidos do pH do extrato de saturação do solo (pHes) ao final do experimento (Figura 5B), foi possível constatar que houve diferença entre os fatores. Verificou-se o maior pH no solo submetido à irrigação com água na proporção 0% rejeito salino (100% água potável). Também foi possível verificar que os valores

menos ácidos 6,81 e 6,89 são, respectivamente, das outras duas menores concentrações de rejeito salino (15% e 30% de rejeito salino). O aumento da proporção de rejeito salino reduziu o pH da solução do solo, possivelmente, devido a acréscimos de cloreto de cálcio, que gerou a substituição de ânions como carbonatos e bicarbonatos e promoveu aumento na concentração de OH^- na solução do solo (DIAS et al., 2015).

Os valores de CEes aumentaram com as maiores proporções de rejeito salino nos quatro solos (Figura 5). Este comportamento foi decorrente da concentração de sais na água, indicada pela condutividade elétrica da água, os quais se acumulam de maneira crescente no solo com o aumento da salinidade da água (COSTA et al., 2019). Ou seja, a irrigação com água salina levou ao maior acúmulo de sais no solo e causou um aumento da CE do extrato de saturação (ASHRAF et al., 2016).

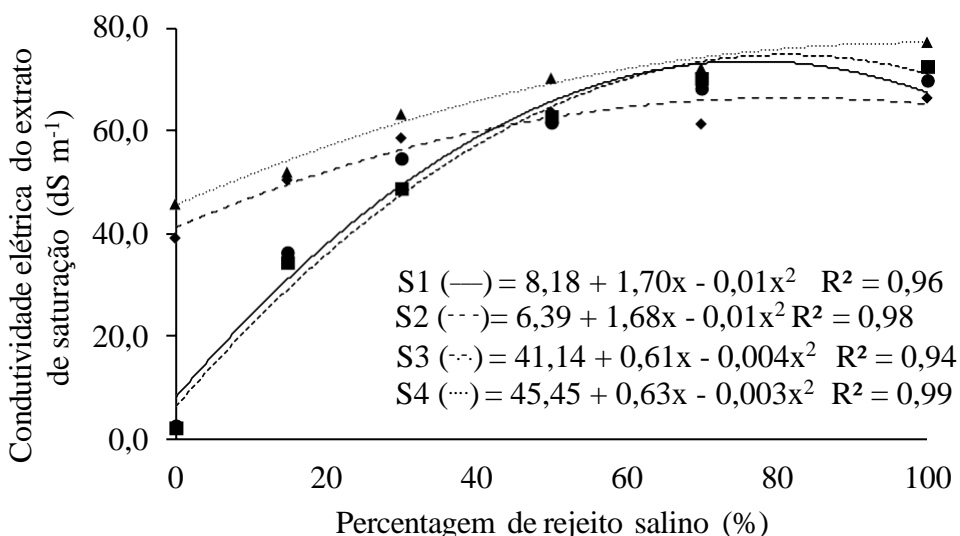


Figura 6. Valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), ao final do experimento, em função de diferentes proporções de rejeito salino e água potável.

Com relação aos solos S1 e S2, observa-se que na proporção de 0% rejeito salino as CEes são $8,18 \text{ dS m}^{-1}$ e $6,39 \text{ dS m}^{-1}$, tendo o máximo valor na proporção de rejeito salino 85% ($80,43 \text{ dS m}^{-1}$) e 84% ($76,95 \text{ dS m}^{-1}$), respectivamente, e decaindo na proporção máxima. Com relação aos solos S3 e S4, se observa que os valores iniciais de CEes são $41,14 \text{ dS m}^{-1}$ e $45,45 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente, tendo o máximo valor nas proporções 75% (65 dS m^{-1}) e 100% ($78,53 \text{ dS m}^{-1}$). Verificou-se que as curvas dos solos S3 e S4 foram mais constantes, apresentando menores variações entre os valores.

Os valores de sódio (Na^+) e potássio (K^+) aumentaram em relação à maior proporção de rejeito salino para todos os solos (Figura 7) e (Figura 8), respectivamente. Devido ao aumento da concentração de rejeito salino e conseqüentemente, da salinidade, houve aumento nos teores dos cátions solúveis (CHAVES et al., 2018). Com isso, a concentração de sódio (Na^+) aumentou com a elevação da condutividade elétrica da água e, também, o teor de potássio aumentou com o aumento da salinidade da água, devido a menor absorção de K^+ pelas plantas e, possivelmente, ao deslocamento deste cátion do complexo de troca pelo Ca^{2+} e pelo Na^+ provenientes da água de irrigação, podendo estar relacionado também com o antagonismo entre Na^+ e K^+ durante o processo de absorção (GONÇALVES et al., 2011; LINHARES et al., 2013; DE SOUZA et al., 2018).

Ao analisar as concentrações de sódio nos solos S1 e S2, constata-se que na proporção 0% rejeito salino as concentrações são $47,850 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $117,455 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, tendo o máximo valor na proporção de rejeito salino 100% de rejeito salino, sendo $1059 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $1253,755 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, respectivamente. Com relação aos solos S3 e S4, se observa que os valores iniciais de concentração de sódio são $419,239 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $805,305 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, tendo o máximo valor na proporção 100% de rejeito salino, sendo $1106,039 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $1805,505 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, respectivamente.

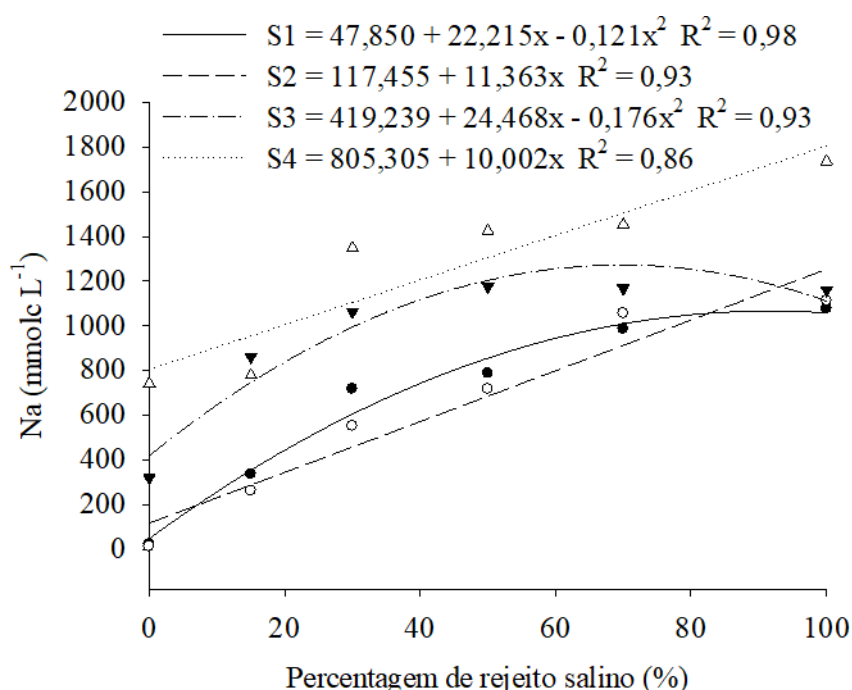


Figura 7. Valores de Na^+ do extrato de saturação do solo ao final do experimento, em função de diferentes proporções de rejeito salino e água potável.

Ao avaliar as concentrações de potássio nos solos S1 e S2, constata-se que na proporção 0% de rejeito salino as concentrações são $0,055 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $0,314 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, tendo valor máximo na proporção 100% de rejeito salino, sendo $24,155 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $19,214 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, respectivamente. Já os solos S3 e S4 na proporção 0% de rejeito salino tem como concentração $1,333 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $4,908 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, tendo o máximo valor na proporção 100% de rejeito salino, tendo como valores $4,833 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $23,208 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, respectivamente.

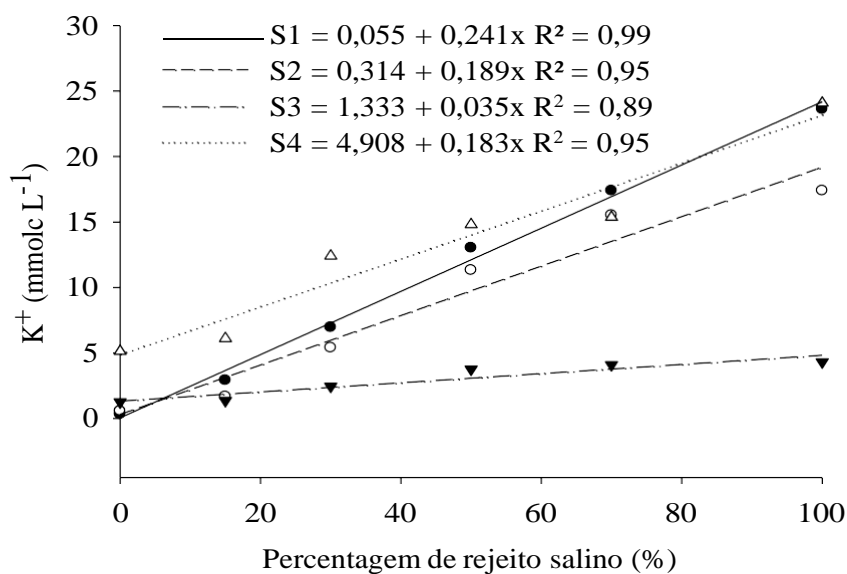


Figura 8. Valores de K^+ do extrato de saturação do solo ao final do experimento, em função de diferentes proporções de rejeito salino e água potável.

5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Atividades	2019					2020						
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
Revisão de literatura.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Preparo das amostras de solo para análise (secagem, destorroamento e peneiramento)	x	x										
Preparo da pasta de saturação dos solos e obtenção do extrato a vácuo		x										
Extração dos cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+)			x	x								
Leitura de pH do solo, pH e CE (condutividade elétrica) do extrato da pasta				x	x							
Preparação do relatório técnico–científico parcial							x	x				
Leitura de Ca^{2+} e Mg^{2+} solúveis e trocáveis por espectrofotometria de absorção atômica								x	x			
Leitura de Na^+ e K^+ solúveis e trocáveis por fotometria de emissão de chama								x	x			
Determinação dos ânions solúveis									x	x		
Cálculo das variáveis químicas SB, CTC, V, PST										x		
Tabulação dos dados e análise estatística										x	x	
Preparação do relatório técnico – científico final.											x	x

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho, de forma geral, apresentou êxito em todas as etapas que foram conduzidas durante a realização do experimento. A condução das análises de plantas se iniciou com a digestão das plantas no CENAPESQ, e posterior obtenção de extrato de solo no Laboratório de Química do Solo. Contudo, devido à pandemia do COVID -19, acabou por prejudicar o andamento de algumas análises.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, O. A. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: **EMBRAPA**, 2010. 234p.
- ASHRAF, M., SHAHZAD, S. M., N. AKHTAR, M. IMTIAZ, A. ALI. Salinization/sodification of soil and physiological dynamics of sunflower irrigated with saline–sodic water amending by potassium and farm yard manure. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 7, n. 4, p. 476-487, 2016. <https://doi.org/10.2166/wrd.2016.053>.
- AZEVEDO, P. R. L. **Reuso de água e efluente agroindustrial na produção de mudas de gravioleira**. 2018. 18f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2018.
- BARREIRA, L.; RESEK, E.; RODRIGUES, M. J.; ROCHA, M. I.; PEREIRA, H.; BANDARRA, N.; SILVA, M. M.; VARELA, J.; CUSTÓDIO, L. **Halophytes: Gourmet food with nutritional health benefits?** *Journal Food Compos. Anal.* 2017, 59, 35–42.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8.ed. Viçosa: **UFV**, 2006. 625p.
- BERTIN, R. L.; GONZAGA, L. V.; BORGES, G. S. C.; AZEVEDO, M. S.; MALTEZ, H. F.; HELLER, M.; MICKE, G. A.; TAVARES, L. B. B.; FETT, R. Nutrient composition and, identification/quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC-ESI-MS/MS. *Food Res. Int.* 2014, 55, 404–411.

- BEZERRA, D. E. L. **Mudas de mamoeiro (*Carica Papaya L.*) irrigadas com diferentes tipos de água**. 2018. 25f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2018.
- BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C. PH e Condutividade Elétrica em Solução do Solo, em Áreas de Pinus e Cerrado na Chapada, em Uberlândia (MG). **Caminhos da Geografia**, Minas Gerais, v. 3, ed. 6, p. 46-56, 2002.
- CARREIRO, D. A.; LEITE, J. C. A. **Fitorremediação de solos salinizados no semiárido brasileiro: uma revisão de literatura**. Campina Grande: Editora Realize, 2017. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV074_M D4_SA2_ID441_02102017231045.pdf. Acesso em: 30 jan. 2020.
- CARVALHO, M. F.; EL-DEIR, S. G.; CORRÊA, M. M.; CARVALHO, G. C. Estudo de caso de três espécies de plantas bioindicadoras de solos salinos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 01-08, 2015.
- CLEMENTE, M. S. S.; SILVA, A. M. **Multiplicação e estabelecimento in vitro e ex vitro de *Salicornia ramosissima***. 2016. 85 p. Relatório de estágio profissionalizante (Mestre em Biotecnologia) - Coimbra, 2018.
- COSTA, C. S. B.; CHAVES, F. C.; ROMBALDI, C. V.; SOUZA, C. R. Bioactive compounds and antioxidant activity of three biotypes of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* (Michx.) M. A. Alonso & M. B. Crespo: A halophytic crop for cultivation with shrimp farm effluent. *S. Afr. J. Bot.* 2018, 117, 95–100.
- COSTA, M. E.; NASCIMENTO, E. K. Á.; MIRANDA, N. O.; PIMENTA, A. S.; RODRIGUES, A. P. M. S.; MENDONÇA JÚNIOR, A. F. Efeito do biochar sobre condutividade elétrica e pH de solos irrigados com água salina. **Revista EDUCamazônia: Educação Sociedade e Meio Ambiente**, Amazonas, ano 12, v. 23, ed. 2, p. 189-204, 2019.
- CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, E. F. F. Vocabulário de ciência do solo. Campinas: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 90 p. 1993.
- DE SOUSA, R. A., DE LACERDA, C. F., DE AGUIAR, E. M., & PRAXEDES, S. C. ACÚMULO DE ÍONS NO SOLO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA E

- APLICAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC**. 2018. P. 6-10.
- DIAS, N. S.; QUEIROZ, R. N. F.; MELO, M. R. S.; FERNANDES, C. S.; FREITAS, J. M. C. Cultivo da erva sal fertirrigado com efluente da piscicultura de viveiros preenchidos com rejeito da dessalinização. **Irriga**, v. 1, n. 2, p. 40 - 46, 2018.
- DIAS, T. J.; FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L.; NASCIMENTO, E. S.; DANTAS, L. A.; 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, Paraíba**, n. 27, p. 19-29, 2015.
- DONCATO, K. B.; COSTA, C. S. B. Growth and mineral composition of two lineages of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* irrigated with shrimp farm saline effluent. **Experimental Agriculture**, v. 54, n. 3, p. 399-416, 2018. <https://doi.org/10.1017/S0014479717000096>.
- FAO. Status of the world's soil resources. **Food and Agricultural Organization. Rome**. 2015.
- FERREIRA, D. F. SISVAR®: Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.3. Lavras: DEX/UFLA, 2010. (Software estatístico).
- FREIRE, M. B. G. S.; PESSOA, L. G. M.; GHEYI, H. R. **Métodos de análises químicas para solos salinos**. In: Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. 2 ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade – INCTSal, 2016, v.1, p. 123-148
- GALINDO, C. A. F.; GALINDO, É. A.; COSTA, J. A.; HORAS, R. M.; CRUZ, F. J. F. Aspectos produtivos de alface (*Lactuca sativa* L.) através da interação entre irrigação com água em diferentes níveis de salinidade e biofertilizante. **IV Workshop Nacional de Meio Ambiente e Sustentabilidade nos Territórios Semiáridos: Desafios Socioambientais e Proteção do Meio Ambiente**, Petrolita, v. 4, ed. 1, p. 63-68, 2018.
- GONÇALVES, I. V. C.; FREIRE, M. B. G. dos S.; SANTOS, M. A. dos; SANTOS, E. R. dos; FREIRE, F. J. Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 589-596, 2011. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19531_8899003.

- GONÇALVES, M. C.; MARTINS, J. C.; RAMOS, T. B. A salinização do solo em Portugal: Causas, extensão e soluções. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, p. 574-586. 2015.
- HUANG, P. M.; LI, Y.; SUMMER, M. E. Handbook of soil sciences: properties and processes. **CRC Press**. 2ª Edição. 1442 p. 2011.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- LIMA, C. B., SANTOS FILHO, S. V., SANTOS, M. A., & Oliveira, M. Desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, sob diferentes níveis de salinidade da água em latossolo vermelho-amarelo eutrófico. **Revista Caatinga**, v.21, n 5, 2008.
- LINHARES, P. S. F.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. M. A.; LIMA, L. A.; BEZERRA F. M. S.; CAVALCANTE, A. L. G.; OLIVEIRA F. A. Alterações químicas no Argissolo cultivado com berinjela irrigada com águas salinas. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.3, p. 07-19, 2012. <http://150.165.111.246/ojspatos/index.php/ACSA>.
- MAREC, B. *Salicornia Herbacea* ou Salicorne; HYDRASALINOL-FICHEBOTANIQUE-FR-1. PANCRATIUM MARITIMUM ou LYS DE MER. França: CODIF; **technologie Naturelle**. 2016.
- MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F. do; ARAUJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da. Solos do Nordeste. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)**. Recife. 2014.
- MARTINS, J. C.; GONÇALVES, M. C. A salinidade dos solos: extensão, prevenção e recuperação. **Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária**, 2017.
- MEDEIROS, J. F. de; TERCEIRO NETO, C. P. C.; DIAS, N. da S.; GHEYI, H. R.; SILVA, M. V. T. da; LOIOLA, A. T. SALINIDADE E pH DE UM ARGISSOLO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA SOB ESTRATÉGIAS DE MANEJO. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, ed. 3, p. 1407 - 1419, 2017. DOI 10.7127/rbai.v11n300560.
- MENEZES, Lorena Aparecida Noia; DE MATOS, Antonio Teixeira. NOTA TÉCNICA: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO EM FUNÇÃO DA DOSE DE

- APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA EM ÁREAS DE FERTIRRIGAÇÃO. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 4, p. 383-389, 2018.
- OLIVEIRA, A. S. L.; SOUZA, E. S.; PESSOA, L. G. M; FERREIRA-SILVA, S. L.; SOUZA, R. M. S; ANTONINO, A. C. D. Growth and photosynthetic efficiency of *Atriplex nummularia* under different soil moisture and saline tailings. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 2, p. 493-505, 2019.
- OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K.T.; SILVA, R. C. P.; LIMA, K. S. Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 216-223, 2015.
- OLIVEIRA, M. .; SAPATA, M. Hortícolas alternativas cultivadas em ambientes salinos. **Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária**, 2018.
- OPOLOT, E.; YU, Y. Y.; FINKE, P. A. Modeling soil genesis at pedon and landscape scale: achievements and problems. **Quaternary International**, v. 376, p. 34-46. 2015.
- PATEL, S. Salicornia: Evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. *3 Biotech* 2016, 6, 104p.
- PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v.19, n. 2, p.1308-1324, 2015.
- SALLO, F. S. **Dinâmica da água no sistema solo-vegetação-atmosfera em floresta de *Vochysia divergens* Pohl monodominante no Pantanal**. Orientador: Luciana Sanches. 2017. Tese (Doutorado em Física ambiental) - PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL, UFMG, Mato Grosso, 2017. p. 120.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)**. 5ª Edição, 356 p. 2018.
- SANTOS, R. F. **Desenvolvimento Inicial de mudas de Acerola ((*Malpighia Punicifolia* L.) cultivadas e irrigadas com diferentes tipos de água**. 2019. 15f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB.

- SILVA, R. Z.; GONÇALVES, F. M. F.; SOUZA, D. A.; BERTI, J. A. S.; REIS, A. S.; VIECELI, T. H. A.; CONTE, A. M. Fitorremediação de solos salinos em sistema de cultivo protegido. **Cultivando O Saber**, Paraná, v. 9, n. 4, p.498-505, 2016.
- TAIZ, L. ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e aum. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.
- THOMAS, G. W. Exchangeable cations. In: Page, A. L. (ed). **Methods of soil analysis**. Part-2 chemical methods. Madison: American Society of Agronomy, 1982, p.159-165.
- UNITED STATES SALINITY LABORATORY – USSL STAFF. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, U.S. Department of Agriculture, 1954. 160p. (Handbook 60).
- VELMURUGAN, A.; SWARNAMA, T. P.; AMBAST, S. K.; KUMAR, N. Managing waterlogging and soil salinity with a permanent raised bed and furrow system in coastal lowlands of humid tropics. **Agricultural Water Management**, v.168, p.56–67, 2016.
- VENTURA, Y.; ESHEL, A.; PASTERNAK, D.; SAGI, M. The development of halophyte-based agriculture: Past and present. **Ann. Bot.** 2015, 115, 529–540.
- VIEIRA, C. M. S.; ANDRADE, S. O.; NOBREGA, M.M.; DOMINGOS, A.T.S. **Avaliação da extensão das áreas afetadas por sais: Nordeste, Brasil e Mundo**. Campina Grande: Editora Realize, 2016. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV064_M D4_SA4_ID1081_24102016125622.pdf. Acesso em: 30 jan. 2020.

8. DIFICULDADES ENCONTRADAS

Devido a Pandemia do Corona vírus (COVID-19) e ao isolamento social, ficou-se impossibilitado de realizar as análises propostas no cronograma.

9. PARECER DO ORIENTADOR

A bolsista apresentou alguns dados neste relatório, mas não foi possível concluir as atividades do plano de trabalho. Em virtude de alguns impedimentos iniciais e, posteriormente, pela paralização de nossas atividades na UFRPE por causa da pandemia de corona vírus. Assim, o relatório não pode ser completo em relação ao plano de trabalho submetido.

Mesmo assim, a discente teve a oportunidade de vivenciar a realização de algumas análises em laboratório, bem como o tratamento dos dados e redação do relatório.

Recife, 15 de julho de 2020.

Profa. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire
Área de Solos/DEPA/UFRPE