

Impacto da água residual de curtume no crescimento inicial de *Atriplex nummularia* Lindl. cultivada em luvissoilo

Impact of tannery wastewater on initial growth of Atriplex nummularia Lindl. grown in luvissoil

Jefferson Ferreira de Freitas **FEITOSA**^{1,2} & Adriana de Fátima Meira **VITAL**¹

RESUMO

O processo de curtimento do couro é uma atividade degradatória, pela geração de resíduos que se inicia com a salga, da qual resulta uma água residuária de elevada carga orgânica e de sais, geralmente depositada no meio ambiente. Buscando mecanismos para minimizar o impacto causado ao solo pela atividade há a possibilidade do uso de plantas tolerantes aos elevados níveis de salinização, uma estratégia de fitorremediação, a exemplo da erva sal – *Atriplex nummularia* Lindl. (Amaranthaceae). A pesquisa objetivou verificar, no crescimento inicial da erva sal, o impacto da água residuária de curtume diluída. Os tratamentos aplicados foram: cinco diluições da salmoura (100, 50, 20, 4 e 0,8%) e controle, com quatro repetições. Analisou-se inicialmente o solo da área de descarte da salmoura e, em seguida, procedeu-se ao plantio das estacas de *A. nummularia* no substrato, oriundo de luvissoilo, submetendo-as aos seis tratamentos. Constatou-se que o solo na área de descarte da salmoura tem alta concentração salina. Quanto à resposta das plantas, observou-se que, quanto maior a diluição da salmoura, menor a concentração dos sais nos solos, aumentando a altura, o diâmetro, o número de brotações, o número de raízes e o comprimento de raízes de *A. nummularia*.

Palavras-chave: Amaranthaceae; curtume; erva sal; fitorremediação; salinidade.

ABSTRACT

The process of leather tanning is a degrading activity, by the generation of waste that begins with salting, which results in a wastewater of high organic and salt load, usually deposited in the environment. Searching mechanisms to minimize the impact caused to the soil by the activity, there is the possibility of the use of plants tolerant to the high salinization, a phytoremediation strategy, as the salt herb – *Atriplex nummularia* Lindl. (Amaranthaceae) The research aimed to verify the impact of diluted tannery wastewater on the initial growth of salt herb. The treatments applied were: five brine dilutions (100, 50, 20, 4 and 0.8%) and control, with four replications. The soil from the brine disposal area was initially analyzed and then the *A. nummularia* cuttings were planted in the luvissoil substrate and submitted to the six treatments. It was found that the soil in the brine disposal area has high saline concentration. With regard to the response of the plants, it was observed that the higher the brine dilution the lower the salt concentration in the soils, increasing the height, diameter, number of shoots, number of roots and root length of *A. nummularia*.

Keywords: Amaranthaceae; phytoremediation; salinity; salt herb; tannery.

Recebido em: 21 set. 2018
Aceito em: 15 nov. 2019

¹ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Rua Luiz Grande – CEP 58540-000, Sumé, PB, Brasil.

² Autor para correspondência: 01jeffersonferreira@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Um solo degrada-se quando são modificadas as suas características físicas, químicas e biológicas. O desgaste pode ser provocado por esgotamento, desmatamento, erosão, compactação, salinização ou desertificação (MAJOR & SALES, 2012). Isso acontece em decorrência da utilização irracional dos recursos naturais, o que compromete a qualidade do solo e a manutenção do meio ambiente.

Além da atuação agrícola excessiva, atividades do setor da pecuária podem se tornar um grande componente nos processos de degradação dos solos, destacando-se, entre várias, a produção de couros. Esse processamento é muito comum no Brasil e tem gerado resíduos potencialmente tóxicos na sua elaboração, realizada pelas indústrias curtumeiras (GÖDECKE *et al.*, 2012).

Conforme discutido por Gödecke *et al.* (2012), o processo de curtimento do couro requer diversos processos mecânicos e químicos de tratamento que resultam em grande quantidade de resíduos com altas concentrações de matéria orgânica e variados produtos químicos potencialmente tóxicos. O despejo de tais resíduos na forma *in natura* no solo tem influenciado negativamente as características do solo (incluindo sua biota).

A indústria de couro participa de diferentes cadeias produtivas e depende da pecuária de corte e dos frigoríficos, que fornecem a principal matéria-prima. A indústria compõe-se especialmente dos curtumes, que fabricam o produto (couro) e o fornecem para diferentes indústrias, que utilizam o couro como um de seus insumos: calçados e artefatos, vestuário, móveis e peças automobilísticas (ABDA, 2011). Segundo Gödecke *et al.* (2012), o país tem processado cerca de 42 milhões de peles por ano, das quais metade é exportada para a Itália, China e Hong Kong.

A preparação das peças de couro inicia-se após a esfolagem (SANTOS *et al.*, 2002). Na salga doméstica da pele dos animais, são usados de 0,5 kg a 2,5 kg de sal grosso (sal de cozinha) por peça, a depender do porte do animal. Após a salga, as peles são empilhadas, intercalando-as com uma camada de sal, pois assim se provoca a desidratação parcial do couro, eliminando as proteínas solúveis e aumentando a resistência aos micro-organismos. No fim desse processo, as peles serão classificadas de acordo com seu peso e comprimento.

A região do Cariri paraibano possui matadouros públicos e pequenas empresas que fazem o pré-tratamento do couro, mas sem uma gestão ambiental apropriada ou fiscalização da atividade. Contudo, com o aumento das atividades urbana e industrial, é notória a problematização em torno da geração de resíduos derivados dessas atividades. Em oposição às comodidades da sociedade moderna, os problemas causados por esses resíduos constituem uma séria ameaça à qualidade de vida atual (SILVA *et al.*, 2012).

Atualmente, tem sido cada vez mais estimulado o desenvolvimento de pesquisas que visem, além do tratamento, ao aproveitamento dos resíduos produzidos pelas atividades agroindustriais. As questões ambientais, em especial, vêm suscitando reflexões e preocupações, uma vez que os resíduos gerados têm potencial para causar danos ambientais se não forem devidamente tratados ou destinados (KRAEMER, 2014).

Diversos compostos orgânicos e inorgânicos são produzidos, industrializados, transportados e consumidos, constituindo grupo de grande incidência de contaminação ambiental e causando problemas, entre os quais se destacam riscos à saúde pública, aos ecossistemas e restrições ao desenvolvimento urbano e imobiliário (RAJOR *et al.*, 2012).

Entre os compostos, os metais são considerados um grupo de grande relevância ambiental, em virtude de sua capacidade de bioacumulação nos níveis tróficos e de sua permanência no solo, constituindo fator de contaminação (ABDULLAHI, 2015). Assim, conhecer o potencial poluidor de uma atividade facilita a promoção de ações de baixo custo que minimizem os danos provenientes de seu descarte de maneira irregular no meio ambiente.

Vários modelos e técnicas têm sido propostos com o intuito de restaurar os ambientes degradados e dependem de uma série de fatores, tais como: informações sobre as condições ecológicas da área, o

estado de degradação, os aspectos da paisagem regional, a disponibilidade de mudas, sementes e o nível de conhecimento ecológico e silvicultural sobre as espécies a serem utilizadas (MARTINS, 2012).

A recuperação de áreas impactadas é uma prioridade para a sociedade como um todo (PONTES *et al.*, 2013), havendo assim uma grande demanda comercial e ambiental por métodos que possam minimizar os impactos ou recuperar essas áreas.

O uso de plantas para a recuperação de áreas contaminadas é conhecido como fitorremediação e tem mostrado potencial para tratamento de diferentes grupos de contaminantes, especialmente os metais (AGNELLO *et al.*, 2016).

A fitorremediação é uma alternativa ambientalmente aceita para a despoluição do solo e água contaminados com compostos orgânicos e inorgânicos. Em razão disso, é crescente o número de pesquisas envolvendo a fitorremediação. Todavia tais estudos são ainda incipientes e requerem muitas experimentações sob condições edafoclimáticas tropicais, para a identificação de espécies capazes de atuar em programas de fitorremediação, à semelhança do que já é realizado na Europa, nos Estados Unidos da América, na Nova Zelândia e na Austrália (PIRES *et al.*, 2009).

As plantas adaptam-se a ambientes extremamente diversos, e muitas espécies possuem a capacidade de interagir simbioticamente com outros organismos. Essa interação é determinante para a adaptação em ambientes como solos salinos, ácidos, pobres e ricos em nutrientes ou excessivamente contaminados com metais (CHIOCHETTA, 2013).

Atriplex nummularia (erva sal), pertencente à família Amaranthaceae e oriunda da Austrália, é uma planta muito adaptável a regiões semiáridas, tendo como característica sua forragem arbustiva de porte médio e destacando-se por manter uma abundante fitomassa ao ser introduzida em ambientes de alta aridez e salinidade. Essa planta halófito é tolerante ao estresse salino e hídrico, bem como produtora de grande quantidade da biomassa vegetal, tornando-se capaz de retirar consideráveis quantidades de sais dos solos. A conexão entre ela e o solo modifica as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e está relacionada ao crescimento e à capacidade de extração de sais, sendo assim fundamental na recuperação do solo (FURTADO *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2011). As halófitas são as únicas plantas que podem viver em solo com alta concentração de sal (TAIZ & ZEIGER, 2013).

A. nummularia tem hábito arbustivo, com crescimento ereto, ramificado desde a base, atingindo alturas superiores a 2,0 m; folhas verdes acinzentadas, alternas, pecioladas, ovaladas, com tricomas vesiculares esbranquiçados e acumuladores de sal; inflorescências terminais (ALVES *et al.*, 2007; FREIRE *et al.*, 2010).

Diante da relevância do tema para a região do Cariri paraibano, o trabalho objetivou verificar o impacto da irrigação com água residual de curtume no crescimento inicial de *A. nummularia* como possível estratégia de fitorremediação dos solos degradados.

METODOLOGIA

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no *campus* universitário do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), município de Sumé, Cariri Ocidental do estado da Paraíba, localizado sob as coordenadas geográficas 07° 40' 18" S e 36° 52' 48" W, a 532 m de altitude, com área de 843,2 km² (figura 1).

Os solos da localidade são predominantemente jovens, pouco profundos, com presença expressiva dos luvissoles (EMBRAPA, 2013). A salmoura utilizada no experimento foi coletada no matadouro público municipal.

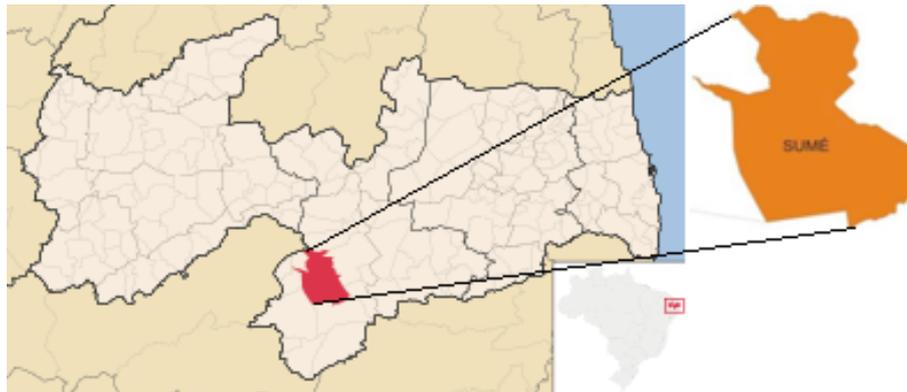


Figura 1 – Localização do município de Sumé no estado da Paraíba. Fonte: Google Maps (2018).

ANÁLISE DA SALMOURA E DO SOLO DA ÁREA DE COLETA

Substrato utilizado nos vasos

O substrato usado nos vasos foi oriundo de um luvissole da área de manejo agroecológico do solo do CDSA/UFCG. A caracterização química desse solo encontra-se na tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo empregado no experimento. Legenda: CE = condutividade elétrica; MO = matéria orgânica.

Material	pH	P	K	Ca	Mg	Na	MO	CE
	H ₂ O	µg/cm ³	cmol _c dm ⁻³				g/dm ³	dS m ⁻¹
Solo	6,3	15,35	0,92	9,5	12,5	0,87	44,3	0,52

Salmoura utilizada

Coletou-se a salmoura no matadouro público de Sumé. A salmoura apresentava coloração vermelho-escuro e mau cheiro, provenientes do acúmulo de sangue e demais constituintes orgânicos do material processado. A salmoura foi preparada em soluções. Estas corresponderam a 100% (500 ml de salmoura), 50% (250 ml de salmoura, 250 ml de água de irrigação), 20% (100 ml de salmoura, 400 ml de água de irrigação), 4% (20 ml de salmoura, 480 ml de água de irrigação), 0,8% (4,0 ml de salmoura, 490 ml de água de irrigação) e 0,0% (controle, 500 ml de água de irrigação). Para a pesquisa, utilizaram-se 500 ml de solução por tratamento, por dia de irrigação. Os valores do pH e da condutividade elétrica da salmoura estão expostos na tabela 2.

Tabela 2 – Condutividade elétrica (CE) e pH das diluições da salmoura e da água (controle).

% salmoura	CE (dS m ⁻¹)	pH
100	392,1	8,7
50	205,0	8,7
20	40,7	8,6
4,0	16,1	8,6
0,8	5,7	8,3
Controle	1,1	6,0

SOLO DA ÁREA DE DEPOSIÇÃO DA SALMOURA

A coleta do solo da área do matadouro público de Sumé (PB) foi realizada em três pontos: (A) a 10,0 m a montante do local de deposição da salmoura, visando avaliar os atributos químicos do solo não afetado pela deposição; (B) no local da deposição da salga, tendo por objetivo avaliar o grau de contaminação; (C) 10,0 m a jusante do local de deposição da salmoura, para identificar uma possível migração dos poluentes, por se encontrar na cota mais baixa do terreno. A coleta das amostras foi feita a uma profundidade de 10,0 cm; os resultados das análises constam da tabela 3.

Tabela 3 – Atributos químicos do solo da área de deposição da salmoura. A: área 10,0 m a montante da deposição da salmoura; B: local de deposição da salmoura; C: área 10,0 m a jusante da deposição da salmoura. Legenda: MO = matéria orgânica; CE = condutividade elétrica.

Local	pH	P	K	Ca	Mg	Na	MO	CE
	H ₂ O	mg/cm ³	cmol _c dm ⁻³			g/dm ³	dS m ⁻¹	
A	6,9	140,6	0,48	6,3	3,6	1,65	1,02	0,92
B	8,0	110,2	3,15	4,3	2,1	47,82	3,94	8,49
C	8,0	133,9	2,93	4,5	2,2	5,21	2,23	3,13

PREPARAÇÃO DAS MUDAS DE *ATRIPLEX NUMMULARIA*

As estacas de *Atriplex nummularia* vieram de uma matriz experimental do viveiro de mudas do CDSA. Prepararam-se 30 estacas, buscando padronizá-las em 20,0 cm de altura e 0,5 cm de diâmetro. As estacas foram plantadas em sacos de polipropileno, tendo por substrato um luvisso proveniente do viveiro de mudas e esterco curtido, na proporção 1:1. Após um mês, elas foram transplantadas para vasos com capacidade para 5,0 kg de solo, mantendo-se o substrato e a proporção. As estacas permaneceram nos vasos por um período de 30 dias.

TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para a pesquisa de campo com a erva sal, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os tratamentos corresponderam a seis soluções com percentuais crescentes de salmoura diluída na água de irrigação do poço do viveiro de mudas do CDSA, sendo elas controle (água de irrigação), 100%, 50%, 20%, 4% e 0,8% de diluição da salmoura (figura 2), com cinco repetições cada, totalizando 30 amostras. Cada vaso foi irrigado a cada dois dias com 100 ml de sua determinada solução.

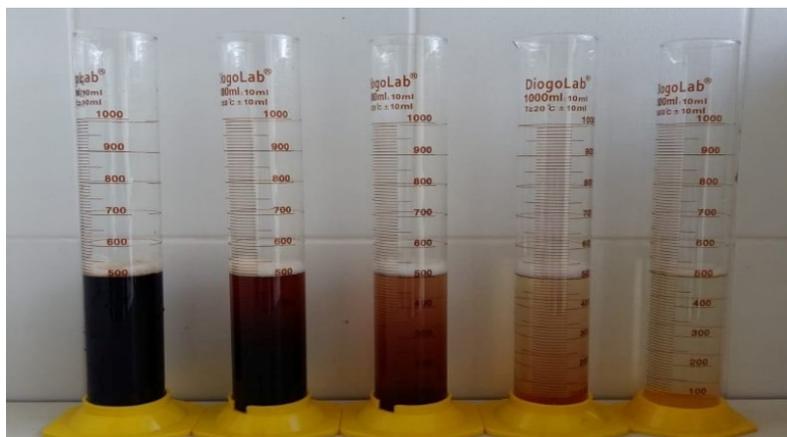


Figura 2 – Aspecto da salmoura preparada nas cinco diluições, da esquerda para a direita: 100, 50, 20, 4 e 0,8%.

VARIÁVEIS ESTUDADAS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Quinzenalmente foram efetuadas avaliações morfológicas (altura, diâmetro do caule ao nível do solo e número de ramos). Ao fim do experimento, 30 dias após permanecerem sendo irrigadas com as respectivas diluições nos vasos, avaliaram-se as raízes quanto ao comprimento e à quantidade. A análise estatística dos dados ocorreu por intermédio de regressão das características avaliadas em função das diluições, incluindo o tratamento controle como referência, por meio do *software* Sisvar versão 3.01 (FERREIRA, 2000). Para a comparação das médias dos tratamentos, recorreu-se ao teste t, em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

EFEITO DA SOLUÇÃO SALINA NO SOLO

Após a condução do experimento, o qual durou 30 dias, fez-se a análise do solo dos vasos submetidos aos seis tratamentos de irrigações com as diferentes diluições de salmoura. Os resultados das análises químicas desse solo estão na tabela 4.

Tabela 4 – Atributos químicos do solo após a aplicação dos tratamentos, ao final de 30 dias. Legenda: MO = matéria orgânica; CE = condutividade elétrica.

% Salmoura	pH	P	K	Ca	Mg	Na	MO	CE
	H ₂ O	mg/dm ³	cmol _c dm ⁻³				g/dm ³	dS m ⁻¹
100	7,2	125,1	1,89	3,7	9,7	161,7	81,6	21,13
50	7,0	128,0	1,99	4,1	8,8	91,3	77,2	14,34
20	6,7	130,3	2,22	4,4	6,8	22,6	62,9	10,85
4	6,7	140,9	2,27	4,9	5,7	8,21	51,4	5,60
0,8	6,6	142,2	2,40	5,0	2,8	2,87	34,2	2,03
Controle	6,5	153,5	0,92	5,8	1,5	0,34	22,1	0,51

Verificou-se que houve acréscimo nos teores de sal do solo nos diferentes tratamentos, com mais expressividade nos vasos que receberam irrigação com 100% de salmoura (Na 161,7cmol_cdm⁻³ e CE 21,13dS m⁻¹) e nas diluições de 50% (Na 91,3 cmol_c dm⁻³ e CE 14,34 dS m⁻¹) e de 20% (Na 22,6 cmol_c dm⁻³ e CE 10,85 dS m⁻¹), acompanhado pelo decréscimo nos teores de Ca (5,8 no controle para 3,7 cmol_c dm⁻³ no tratamento com 100% de salmoura) e acréscimo de Mg (1,5 para 9,7 cmol_c dm⁻³). Segundo Craul & Switzenbaum (1998 *apud* KIEHL, 1998), a aplicação de resíduos com valores de condutividade elétrica acima de 4,0 dS m⁻¹ em solos deve ser evitada, uma vez que as cargas e a frequência da aplicação desses resíduos no solo podem contribuir para a salinização do solo. A salinização pode ser definida como a situação de excesso de sais solúveis, sódio trocável ou ambos, em horizontes ou camada superficiais, afetando o desenvolvimento vegetal (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Em relação à matéria orgânica, houve acréscimo expressivo de 2,2 para 8,1%, comparando-se o tratamento controle com o de 100% de salmoura. Sendo considerada fundamental para a manutenção das características do solo, a matéria orgânica, conforme Abbruzzini (2011), apresenta-se como um sistema complexo de substâncias, no qual a dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua sob ação de fatores biológicos, químicos e físicos.

De acordo com Santos & Muraoka (1997), além de o aumento nas concentrações de sais e de Na trocáveis ocasionar a redução da fertilidade do solo, considerando as propriedades físicas, tem-se que o acréscimo dos teores de sais contribui para a degradação do solo, por trazer prejuízos às características físicas, provocando desestruturação, aumento da densidade do solo e redução da infiltração de água (tabela 5).

Tabela 5 – Densidade do solo (*Ds) dos vasos ao final de 30 dias de experimento.

% Salmoura	Ds*
100	1,35
50	1,89
20	1,72
4	1,70
0,8	1,68
Controle	1,97

As determinações laboratoriais permitiram inferir que o solo dos vasos sofreu alterações a cada aumento no percentual de salmoura adicionada à água do poço, criando camadas visíveis de sais em sua superfície, o que impossibilitou o aparecimento espontâneo de ervas nos vasos nas proporções de 50 e 100% de salmoura. Também foram visíveis camadas de sais no entorno dos vasos, em virtude da mobilidade da salmoura no solo. O excesso de sais de sódio, além de trazer prejuízos às propriedades físicas e químicas do solo, provoca a redução generalizada do crescimento das plantas cultivadas, causando sérios prejuízos à atividade agrícola (CAVALCANTE *et al.*, 2011).

Juntamente com o incremento dessa camada de sal, após a retirada do solo dos vasos, foi notória a compactação do solo nos tratamentos com maiores concentrações de salmoura, criando blocos de solo endurecido e com mau cheiro.

Portanto, a salinidade, uma vez que influencia na estrutura do solo, reduz também a sua capacidade de absorção de água e, conseqüentemente, seu armazenamento. Os sais em excesso nesses solos e na água de irrigação, por exemplo, prejudicam o comportamento germinativo, vegetativo e produtivo das plantas, pela ação direta sobre o potencial osmótico e íons potencialmente tóxicos (GONÇALVES *et al.*, 2011). Azevedo *et al.* (2017) concluíram que o estudo e o monitoramento são essenciais a fim de que se encontrem soluções para os problemas de salinização e se estabeleçam estratégias de manejo sustentável, com vistas a subsidiar práticas de conservação do solo e da água.

A SALMOURA EM *ATRIPLEX NUMMULARIA*

Ao comparar o número de ramos por planta, pode-se notar que os tratamentos com as diluições de 20% e 4% de salmoura foram as que induziram os melhores resultados, o que pode ser compreendido pela maior tolerância da erva sal para concentrações de até 20% de salmoura. Verificou-se o mesmo efeito no número e no comprimento das raízes, que foram superiores nos referidos tratamentos. Todavia o uso da salmoura pura influenciou fortemente o crescimento de *A. nummularia*. Tal efeito foi detectado sobretudo no sistema radicular, comprometendo o crescimento e a quantidade de raízes e, por conseguinte, o aspecto da parte aérea da planta, que secou, como mostra a figura 3.



Figura 3 – Aspecto do solo e das plantas de *Atriplex nummularia* ao final de 30 dias do experimento com os tratamentos. A: controle; B: diluição de 20% salmoura; C: 100% de salmoura.

O efeito significativo da salmoura no crescimento das plantas de *A. nummularia* pode ser visto na figura 4, tendo sido as maiores alturas observadas a 4 e 20% de salmoura. Constatou-se que, na maior concentração de salmoura (100%), a altura das plantas foi menor. Comportamento similar ocorreu nas variáveis diâmetro do caule, número de brotações, número de raízes e comprimento de raízes da erva sal (figuras 5 a 8).

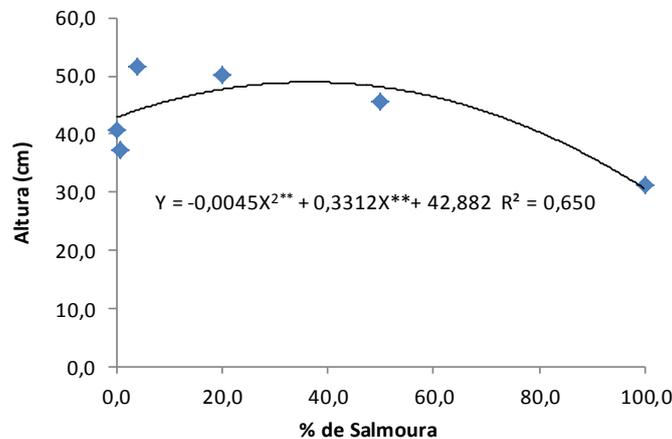


Figura 4 – Altura das plantas de *Atriplex nummularia* nos diversos tratamentos ao final de 30 dias de experimento.

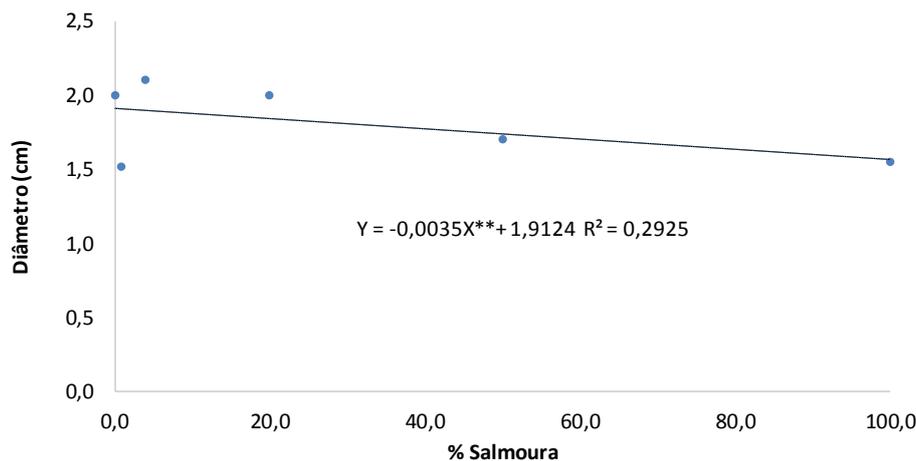


Figura 5 – Diâmetro do caule ao nível do solo das plantas de *Atriplex nummularia* nos diversos tratamentos ao final de 30 dias de experimento.

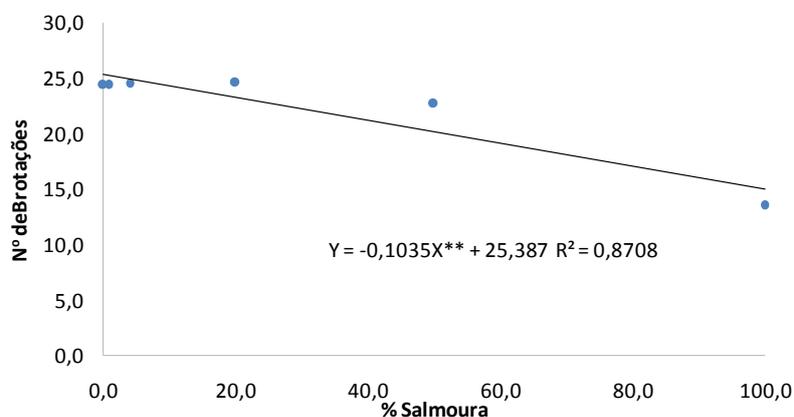


Figura 6 – Número de brotações das plantas de *Atriplex nummularia* nos diversos tratamentos ao final de 30 dias de experimento.

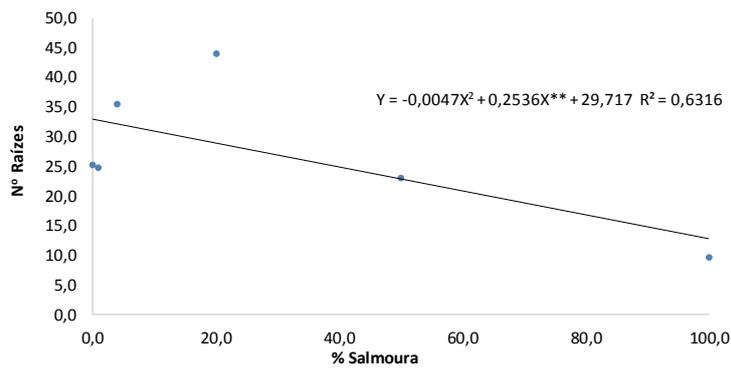


Figura 7 – Número de raízes das plantas de *Atriplex nummularia* nos diversos tratamentos ao final de 30 dias de experimento.

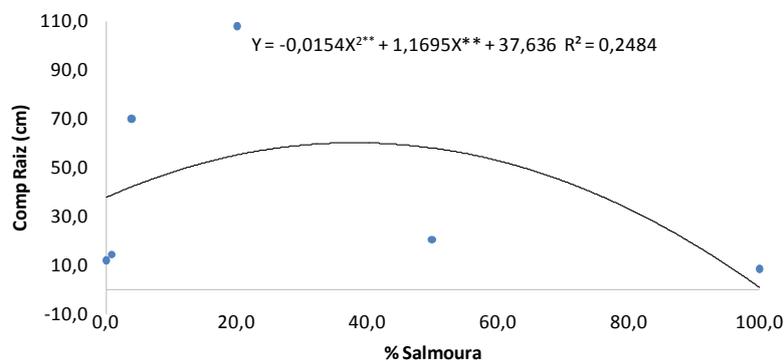


Figura 8 – Comprimento de raízes de *Atriplex nummularia* nos diversos tratamentos ao final de 30 dias de experimento.

Os valores apresentados nos seis tratamentos para as variáveis altura, diâmetro do caule ao nível do solo, número de brotações, número e comprimento de raízes indicam que *A. nummularia* é capaz de crescer e produzir biomassa ao ser irrigada com água contendo até 20% de salmoura. Observou-se o acúmulo de sais na superfície do solo com o tratamento 100% de salmoura, evidenciando uma expressiva degradação.

Segundo Souza (2010), *A. nummularia* destaca-se no processo de fitorremediação de solos afetados por sais, por atender às conveniências necessárias a esse processo, tais como a produção de abundante biomassa em solos com maiores teores de sais, além de tolerar déficit hídrico, comum em áreas de clima árido e semiárido.

Os resultados morfométricos mostrados nas figuras 4 a 8 expressam a capacidade da planta em manter o crescimento sob estresse salino. Na diluição de 20%, correspondente a CE 40,7 dS m⁻¹ para todas as variáveis, as plantas mostraram crescimento positivo, sobretudo em comparação ao controle e à maior diluição (100% de salmoura).

Tais resultados estão de acordo com os de Leal et al. (2008), que avaliaram a influência de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação na produção de erva sal e constataram a influência da adição de água de classes mais salinas sobre a matéria seca das raízes até os 40 dias após o plantio, indicando que a planta pode ser irrigada com água de condutividade elétrica elevada, até 20% de salmoura.

O crescimento do sistema radicular das plantas foi reduzido com o aumento da concentração de salmoura nos seis tratamentos, como se vê na figura 9.

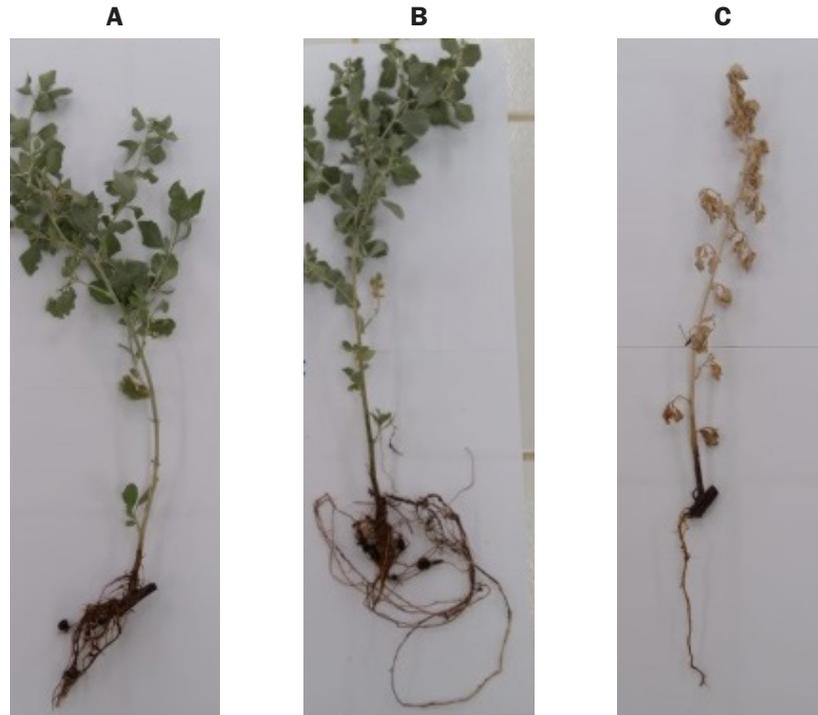


Figura 9 – Comprimento da raiz de *Atriplex nummularia* nos tratamentos ao final de 30 dias de experimento. A: controle; B: 20% de salmoura; C: 100% de salmoura.

Quando há saturação no solo por teores apreciáveis de carbonato de sódio, o pH do solo pode alcançar valores elevados e, nesse caso, há diminuição da disponibilidade de zinco, cobre, manganês, ferro e boro, podendo ocorrer deficiência desses elementos nas plantas cultivadas, principalmente em pequenas quantidades. Nesse caso, o crescimento das espécies cultivadas não é diretamente influenciado pelo carbonato de sódio, mas pelo seu efeito sobre o pH do solo (DIAS & BLANCO, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições da presente pesquisa pode-se concluir que:

- os atributos químicos do solo da área de deposição da água residuária da salga do couro apresentaram teores de Na, matéria orgânica e condutividade elétrica elevados no local de deposição e no entorno, indicando processo de degradação acentuado;
- embora com reduzido tempo de cultivo, foi possível evidenciar que *Atriplex nummularia* apresentou um crescimento satisfatório quando irrigada com água contendo até 20% de salmoura, demonstrando ter tolerância a solo de áreas contaminadas pela salinidade da água residuária da salga com até essa porcentagem. Portanto, há necessidade de diluir a água residuária do curtume em até 20% antes de usá-la na irrigação da erva sal na fase inicial de crescimento.

Recomendam-se trabalhos futuros testando outras espécies vegetais, menos tolerantes à salinidade, e maior tempo de observação, buscando otimizar a concentração de salmoura adequada à prática da irrigação, com vistas à fitorremediação de áreas utilizadas para deposição de rejeitos de curtumes.

REFERÊNCIAS

Abbruzzini, T. F. Qualidade e quantidade da matéria orgânica do solo em cultivo convencional e orgânico de cana-de-açúcar [Dissertação de Mestrado]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; 2011.

ABDA – Agência Brasileira de Desenvolvimento Ambiental. Relatório de acompanhamento setorial. Março 2011. [Acesso em: 1.º jun. 2018]. Disponível em: https://www.eco.unicamp.br/neit/images/stories/arquivos/Relatorios_NEIT/Industria-de-Couro-marco-de-2011.pdf.

Abdullahi, M. S. Soil contamination, remediation and plants: prospects and challenges. In: Hakeem, K. R., M. Sabir, M. Öztürk & A. R. Mermut (ed.). Soil remediation and plants. San Diego: Academic Press; 2015. p. 525-546. [Acesso em: 1.º jul. 2018]. Disponível em: <http://api.elsevier.com/content/article/PII:B9780127999371000188?httpAccept=text/xml>.

Agnello, A. C., M. Bagard, E. D. Van Hullebusch, G. Esposito & D. Huguenot. Comparative bioremediation of heavy metals and petroleum hydrocarbons co-contaminated soil by natural attenuation, phytoremediation, bioaugmentation and bioaugmentation-assisted phytoremediation. *Science of The Total Environment*, 2016; 563: 693-703.

Alves, J. N., G. G. L. Araújo, E. R. Porto, J. M. Castro & L. C. Souza. Feno de erva-sal (*Atriplex nummularia* Lindl.) e palma forrageira (*Opuntia ficus* Mill) em dietas para caprinos e ovinos. *Revista Científica de Produção Animal*. 2007; 9(1): 43-52.

Azevedo, P. R. L., D. E. L. Bezerra, F. M. Souto, S. G. Bitu & E. B. Pereira Júnior. Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. *Revista de Agroecologia no Semiárido*. 2017; 1(1): 1-12.

Cavalcante, L. F., J. C. Cordeiro, J. A. M. Nascimento, I. Cavalcante & T. J. Dias. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. sunrise solo. *Semina Ciências Agrárias*. 2011; 31: 1281.

doi: 10.5433/1679-0359.2010v31n4Sup1p1281

Chiochetta, C. G. Remediação de solo ácido pelo uso de resíduos sólidos agroindustriais: estudo dos aspectos físico-químicos, ecotoxicológicos e agrônômicos [Tese de Doutorado]. Itajaí: Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade do Vale do Itajaí; 2013.

Dias, N. D. & F. F. Blanco. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, H. R., N. S. Dias & C. F. Lacerda. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade; 2010. p. 129-140.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa; 2013. 353 p.

Ferreira, D. F. Sistema Sisvar para análises estatísticas: manual de orientação. Lavras: UFLA / DCE; 2000. 37 p.

Freire, M. B. G. S., E. R. Souza & F. J. Freire. Fitorremediação de solos afetados por sais. In: Ghey, H. R., N. S. Dias & C. F. Lacerda. Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza: INCT Sal; 2010. 472 p.

Furtado, D. A., B. de Carvalho Júnior, I. da S. P. Lima, F. G. P. Costa & J. G. de Souza. Desempenho e características de carcaça de aves caipiras alimentadas com feno de erva-sal (*Atriplex nummularia* Lindl.). *Revista Caatinga*. 2011; 24(3): 182-189.

Gödecke, M. V., M. A. S. Rodrigues & R. H. Naime. Resíduos de curtume: estudo das tendências de pesquisa. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. 2012; 7(7): 1357-1378. [Acesso em: 20 out. 2019]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/223611705779>.

Gonçalves, I. V. C., M. B. G. dos S. Freire, M. A. dos Santos, E. R. de Souza & F. J. Freire. Alterações químicas de um neossolo flúvico irrigado com águas salinas. *Revista Ciência Agronômica*. 2011; 42: 589-596.

- Kiehl, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: Edição do autor; 1998. 171 p.
- Kraemer, M. E. P. A questão ambiental e os resíduos industriais. 2014. [Acesso em: 14 nov. 2018]. Disponível em: <http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo25.pdf>.
- Leal, I. G., A. M. A. Accioly, C. W. A. Nascimento, M. B. G. S. Freire, A. A. A. Montenegro & F. Ferreira. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummmularia* e gesso de jazida. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2008; 32(3): 1065-1072.
- Major, I. & J. C. Sales. Mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável. 2012. [Acesso em: 16 jun. 2018]. Disponível em: <http://www.fdr.com.br/mudancasclimaticas/index.php>.
- Martins, S. V. Ecologia de florestas tropicais do Brasil. Viçosa: Editora UFV; 2012. p. 21-42.
- Pires, F. R., F. B. Egreja Filho & S. O. Procópio. Inferências sobre mineralogia dos solos, sorção e fitorremediação de herbicidas. In: Ferreira, A., A. B. P. Lima, F. P. Matta, J. A. T. Amaral, J. C. Lopes, J. E. M. Pezzopane, M. F. S. Ferreira, R. A. Polanczyk & T. C. B. Soares (orgs.). Tópicos especiais em produção vegetal I. Vitória: Edufes; 2009. p. 391-406.
- Pontes, J., A. P. Mucha, H. Santos, I. Reis, A. Bordalo, M. C. Basto, A. Bernabeu & C. M. Almeida. Potential of bioremediation for buried oil removal in beaches after an oil spill. Marine Pollution Bulletin. 2013; 76(1-2): 258-265.
- Rajor, A., M. Xaxa & R. Mehta. An overview on characterization, utilization and leachate analysis of biomedical waste incinerator ash. Journal of Environmental Management. 2012; 108: 36-41.
- Ribeiro, M. R., M. F. C. Barros & M. B. G. S. Freire. Química dos solos salinos e sódicos. In: Melo, V. F. & L. R. Alleoni (ed.). Química e mineralogia do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2009. v. 2, p. 449-484.
- Santos, A. M. M., A. R. Corrêa, F. M. B. Alexim & G. B. T. Peixoto. Panorama do setor de couro no Brasil. BNDES Setorial. 2002; (16): 57-84.
- Santos, K. C. F., M. S. L. Silva, L. E. Silva, M. A. Miranda & M. B. G. S. Freire. Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo de *Atriplex nummularia*. Revista Ciência Agronômica. 2011; 42(3): 619-627.
- Santos, R. V. & T. Muraoka. Interação salinidade e fertilidade do solo. In: Gheyi, H. R., J. E. Queiroz & J. F. Medeiros (eds.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba; 1997. p. 289-317.
- Silva, A. S. S., J. G. Souza & A. C. Leal. Qualidade de vida e meio ambiente: experiência de consolidação de indicadores de sustentabilidade em espaço urbano. Sustentabilidade em Debate. 2012; 3(2): 177-196.
- Souza, E. R. de. Fitorremediação de neossolo flúvico salino sódico de Pernambuco com *Atriplex nummularia* [Tese de Doutorado]. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco; 2010.
- Taiz, L. & E. Zeiger. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed; 2013. 954 p.