



CESSO AGRÍCOLA E BIOCHAR NA RECUPERAÇÃO DE SOLOS AFETADOS POR SAIS

Paula Katherine Leonez da Silva Valença¹, Miguel Ferreira Neto², Francisco Vanies da Silva Sá³, Paula Cristina de Moraes Rosário⁴, Tayd Dayvison Custódio Peixoto⁵, Karen Geovana da Silva Carlos⁶

RESUMO: As regiões áridas e semiáridas são suscetíveis à problemas de salinização do solo devido às altas taxas de evapotranspiração e às baixas precipitações ao longo do ano. Diante disso, objetivou-se avaliar técnicas de recuperação de solo salino-sódico, buscando-se a remoção do excesso de sais do extrato de saturação da pasta. No ano de 2022, realizou-se o experimento em uma casa de vegetação do Departamento de Ciências Agrônomicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Brasil. O solo utilizado é proveniente do Distrito Irrigado do Baixo-açu (DIBA). O delineamento inteiramente casualizado foi utilizado, com 7 tratamentos e 6 repetições, totalizando 42 unidades experimentais. Os tratamentos foram dispostos de acordo com o gesso agrícola e o biochar de eucalipto. A necessidade de gesso (NG) foi calculada para diminuir a porcentagem de sódio trocável (final) do solo para 5%. Os tratamentos foram: SSC - Solo Sem Corretivos (T1); 100% NG - 100% da Necessidade de Gesso (T2); 100% do Biocarvão (T3); Biocarvão + 25% da NG (T4); Biocarvão + 50% da NG (T5); Biocarvão + 75% da NG (T6); Biocarvão + 100% da NG (T7). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F aos níveis de 1% e 5% de probabilidade e teste LSD ($p < 0,05$) para comparação de médias. A lavagem com duas vezes o volume de poros corrigiu a salinidade do solo. O solo tratado com biochar e 75% da necessidade de gesso antes da lavagem diminui a salinidade e a sodicidade do extrato de saturação.

PALAVRAS-CHAVE: salinização do solo, técnicas de remediação, extrato de saturação.

¹ Professora, Doutoranda em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró, RN

² Prof. Doutor, Departamento de Ciências Agrônomicas e Florestais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró, RN

³ Prof. Doutor, Departamento de Ciências Agrárias e Exatas, Universidade Estadual da Paraíba, UEPB, Catolé do Rocha, PB

⁴ Mestranda em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró, RN. Fone: (84) 99816-1253. E-mail: paula2penha@gmail.com

⁵ Bolsista de Pós-Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, UFERSA, Mossoró, RN

⁶ Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró, RN

GYPSUM AND BIOCHAR IN THE RECOVERY OF SALT-AFFECTED SOILS

ABSTRACT: The arid and semiarid regions are susceptible to soil salinization problems due to high rates of evapotranspiration and low precipitation throughout the year. Therefore, the objective was to evaluate techniques for the recovery of saline-sodic soil, searching for the removal of excess salts from the saturation extract of the paste. In the year 2022, the experiment was conducted in a greenhouse of the Department of Agronomic and Forestry Sciences of the Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA), Mossoró, Brazil. The soil used came from the Irrigated District of Baixo-Açu (DIBA). An entirely randomized design was used, with 7 treatments and 6 repetitions, totaling 42 experimental units. The treatments were arranged according to gypsum and eucalyptus biochar. The gypsum requirement (NG) was calculated to decrease the exchangeable sodium percentage (final) of the soil to 5%. The treatments were: SSC - Soil Without Correctives (T1); 100% NG - 100% of Gypsum Requirement (T2); 100% of Biochar (T3); Biochar + 25% of NG (T4); Biochar + 50% of NG (T5); Biochar + 75% of NG (T6); Biochar + 100% of NG (T7). Data were subjected to analysis of variance by F test at 1% and 5% probability levels and LSD test ($p < 0.05$) for comparison of means. Washing with twice the pore volume corrected soil salinity. Soil treated with biochar and 75% of the gypsum requirement before washing decreased salinity and sodicity of the saturation extract.

KEYWORDS: soil salinization, remediation techniques, saturation extract.

INTRODUÇÃO

As regiões áridas e semiáridas são suscetíveis à problemas de salinização do solo devido às altas taxas de evapotranspiração e às baixas precipitações ao longo do ano, as quais não são suficientes para suprir a demanda hídrica das culturas nem são capazes de lixiviar os sais da zona radicular, resultando em acúmulo excessivo de sais no solo.

Devido ao efeito simultâneo da salinidade e sodicidade nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, os solos salino-sódicos são considerados altamente degradados e menos produtivos. O crescimento das plantas é afetado pela alta salinidade devido aos desequilíbrios osmóticos e toxicidades iônicas específicas (CHAGANTI et al., 2015).

As áreas irrigadas estão sujeitas à salinização secundária, a qual é causada pela adição e acúmulo de sais através de práticas culturais equivocadas, principalmente, inadequado manejo da irrigação e lixiviação deficiente de sais no perfil do solo. Os solos afetados por sais possuem

alto teor de sais solúveis e/ou grandes quantidades de cátions de sódio, resultando em aumento do potencial osmótico no solo, o que limita a troca de água e nutrientes com as raízes das plantas (FAO, 2020).

Embora a irrigação moderna tenha permitido o aumento da produtividade das culturas, os métodos utilizados podem levar ao acúmulo de sais em solos agrícolas. Em muitas regiões áridas, as águas de irrigação são aplicadas em quantidades que atingem apenas a zona radicular e não lixiviam os sais para fora dela (LITALIEN & ZEEB, 2020).

Nesse contexto, objetivou-se utilizar o gesso agrícola, o biochar comercial e a lavagem do solo para correção de solos afetados por sais do Distrito Irrigado do Baixo-Açu, considerando o extrato de saturação da pasta.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo foi coletado no Distrito Irrigado do Baixo-açu (DIBA) localizado nos municípios de Alto do Rodrigues e Afonso Bezerra, no Rio Grande do Norte. A coleta foi no lote 01, camada de 0-20 cm, nas coordenadas geográficas 5°23'28" S e 36°48'29" W, altitude de 37 m. O perfil do solo é classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático solódico.

Tabela 1. Análise química da água de abastecimento e do extrato de saturação da pasta do solo do DIBA para o potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica do extrato de saturação (CE, dS m⁻¹), potássio (K⁺, mmolc L⁻¹), sódio (Na⁺, mmolc L⁻¹), cálcio (Ca²⁺, mmolc L⁻¹), magnésio (Mg²⁺, mmolc L⁻¹) e razão de adsorção de sódio (RAS, (mmolc L⁻¹)^{0,5}) (RICHARDS, 1954).

Identificação	pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	RAS (mmolc L ⁻¹) ^{0,5}
	H ₂ O	dS m ⁻¹					
Abastecimento	8,03	0,47	0,18	3,37	0,80	1,10	3,50
Extrato Saturado	7,40	30,12	1,61	121,50	111,00	61,50	13,10

A casa de vegetação do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, Rio Grande do Norte, foi utilizada no período de 23 de setembro a 06 de novembro de 2022. O município possui as coordenadas geográficas 5°11'31" S e 37°20'40" W, a uma altitude de 18 m. A casa de vegetação apresentou dados de temperaturas médias máximas e mínimas de 44,5 e 24,3 °C e, umidade relativa média de 53,6%, respectivamente.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 7 tratamentos e 6 repetições, totalizando 42 vasos com 6 dm³ de solo. Os tratamentos foram definidos utilizando-se a dose prática de necessidade de gesso (NG) calculada para diminuir a Porcentagem de Sódio Trocável - PST (final) do solo para 5%, assim como a aplicação de

biocarvão foi equivalente à quantidade da NG calculada (T1 - Solo sem corretivos, T2 - 100% da NG, T3 - 100% do Biocarvão, T4 - Biocarvão + 25% da NG, T5 - Biocarvão + 50% da NG, T6 - Biocarvão + 75% da NG, T7 - Biocarvão + 100% da NG). O cálculo da necessidade de gesso (NG) foi realizado de acordo com Pizarro (1978). Os corretivos utilizados foram o sulfato de cálcio (Gesso) e o biochar feito de eucalipto que foi adquirido comercialmente.

O cálculo da necessidade de gesso (NG) foi realizado de acordo com a equação proposta por Pizarro (1978), levando-se em consideração a dose teórica de gesso para recuperação do solo Eq.1.

$$Dt = \frac{[(PST_i - PST_f) \times CTC \times PEq \times h \times Ds]}{100} \quad (1)$$

Em que:

Dt - Dose teórica do corretivo, kg ha⁻¹;

(PST_i - PST_f) - Diferença entre a porcentagem de sódio trocável inicial e final;

CTC - Capacidade de troca catiônica, cmolc dm⁻³;

PEq - Peso equivalente do elemento ou composto a ser usado como corretivo (Gesso = 86);

h - Profundidade do solo a ser recuperado, cm;

Ds - Densidade do solo, kg dm⁻³.

A dose dos corretivos foi calculada considerando-se o aproveitamento total do cálcio adicionado e o corretivo com 100% de pureza. Por isso, a dose prática do corretivo pode ser estimada conforme a Eq. 2, considerando um coeficiente de eficiência de 1,25 para os corretivos químicos utilizados de baixa solubilidade, gesso e enxofre (PIZARRO, 1978).

$$Dp = Dt \times C \quad (2)$$

Em que:

Dp - Dose prática, kg ha⁻¹;

Dt - Dose teórica do corretivo, kg ha⁻¹;

C - Coeficiente de eficiência do corretivo a ser utilizado.

Após o cálculo da dose prática da NG, chegou-se ao valor de 100% da NG sendo igual 14.230,50 kg ha⁻¹ de gesso a ser utilizado na correção do solo

Para comparação e avaliação do efeito do biocarvão no processo de recuperação do solo, utilizou-se a dose do biocarvão o valor equivalente a 100% da NG, ou seja, 14.230,50 kg ha⁻¹, após adicionar os corretivos, o solo foi mantido a 70% da umidade da capacidade de campo por 45 dias. Posteriormente, o solo foi lavado com água de abastecimento com equivalente a duas vezes o volume de poros para a lixiviação do excesso de sais (SÁ et al., 2013), em seguida,

procederam-se as análises a partir do extrato de saturação da pasta (RICHARDS, 1954). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F aos níveis de 1% e 5% de probabilidade e teste LSD ($p < 0,05$) para comparação de médias, com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos avaliados em relação ao extrato de saturação da pasta apresentaram efeito significativo para Ca^{2+} e RAS ($p < 0,01$), pH e CEes ($p < 0,05$). Não apresentando diferença significativa para os cátions K^+ , Na^+ e Mg^{2+} (Tabela 2).

Tabela 2. Teste F e teste de médias LSD para o potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes, dS m^{-1}), potássio (K^+ , mmolc L^{-1}), sódio (Na^+ , mmolc L^{-1}), cálcio (Ca^{2+} , mmolc L^{-1}), magnésio (Mg^{2+} , mmolc L^{-1}) e razão de adsorção de sódio (RAS, (mmolc L^{-1})0,5) do solo tratado com gesso e biochar, após a lavagem.

Tratamentos	Teste F (Pr>Fc)						
	pH	CEes	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	RAS
	0,0431	0,0167	0,3293	0,4217	0,0018	0,7301	0,0000
	Média \pm Erro padrão, n = 6 ($p < 0,05$)						
SSC	7,63 \pm 0,05b	5,14 \pm 1,44b	0,60 \pm 0,10a	24,21 \pm 4,41a	13,29 \pm 4,42d	11,56 \pm 1,92a	6,87 \pm 0,44a
100% NG	7,80 \pm 0,07ab	5,64 \pm 0,69b	0,87 \pm 0,15a	24,50 \pm 3,11a	32,18 \pm 2,79a	17,10 \pm 3,45a	4,88 \pm 0,40b
100% BC	7,91 \pm 0,07a	9,64 \pm 2,17a	0,63 \pm 0,11a	25,01 \pm 6,03a	17,83 \pm 6,12cd	15,65 \pm 3,84a	6,37 \pm 0,52a
BC+25% NG	7,88 \pm 0,08a	3,96 \pm 0,53b	0,65 \pm 0,04a	18,75 \pm 2,14a	21,42 \pm 3,26bcd	21,48 \pm 6,77a	4,33 \pm 0,53bc
BC+50% NG	7,82 \pm 0,05ab	5,12 \pm 0,73b	0,73 \pm 0,04a	22,45 \pm 3,07a	30,23 \pm 2,75ab	15,63 \pm 2,18a	4,67 \pm 0,53b
BC+75% NG	7,94 \pm 0,06a	3,94 \pm 0,38b	0,70 \pm 0,02a	15,47 \pm 1,85a	27,28 \pm 1,04abc	15,98 \pm 2,26a	3,38 \pm 0,46c
BC+100% NG	7,93 \pm 0,08a	5,52 \pm 0,54b	0,78 \pm 0,04a	23,25 \pm 1,51a	32,13 \pm 1,81a	17,13 \pm 3,84a	4,71 \pm 0,10b

SSC - Solo Sem Corretivos (T1); 100% NG - 100% da Necessidade de Gesso (T2); 100% do Biocarvão (T3); Biocarvão + 25% da NG (T4); Biocarvão + 50% da NG (T5); Biocarvão + 75% da NG (T6); Biocarvão + 100% da NG (T7). Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Os valores médios de pH variaram entre 7,63 e 7,94 com menor valor apresentado pelo tratamento do solo sem corretivo. A CEes apresentou diferença significativa do tratamento com biochar a 100% em relação aos demais, resultando em uma menor CEes de 3,94 dS m^{-1} no tratamento do biochar e 75% da NG, equivalente a uma redução de 86,9% na CEes em relação ao solo coletado no DIBA (Tabelas 1 e 2).

O Ca^{2+} apresentou menor valor médio no tratamento do solo sem corretivo (13,29 mmolc L^{-1}), seguidos dos tratamentos com 100% BC (T3) e BC + 25% NG (T4), indicando que tanto

o gesso aplicado quanto o biochar nos demais tratamentos favoreceram ao acúmulo desse cátion mesmo após a lavagem do solo. O cálcio pode ser obtido tanto de fontes provenientes do próprio solo (CaCO_3 nativo) quanto fontes externas (corretivos) (KUMAR et al., 2022).

O Na^+ não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, no entanto, houve uma diminuição média de 87% quando se compara o menor valor médio obtido no T6 (15,47 mmolc L^{-1}) e o solo inicial coletado no DIBA (121,50 mmolc L^{-1}) (Tabelas 1 e 2). Uma das possíveis razões dessa diminuição é que condicionadores orgânicos atuam quimicamente aumentando a dissolução de minerais da calcita (CaCO_3) nativa através do aumento da formação de ácido carbônico no solo, atuando na liberação do Ca^{2+} na solução do solo para facilitar na remoção do Na^+ do complexo de troca (REZAPOUR et al., 2022).

O tratamento que resultou em um menor valor de razão de adsorção de sódio (RAS) foi o T6 (3,38 mmolc L^{-1}), em que foram utilizados o biochar e 75% da dose da necessidade de gesso, diminuição equivalente a 74% em comparação com a RAS inicial do solo. O excesso de sais, particularmente o Na^+ , não afeta apenas as características físico-químicas do solo como a estabilidade estrutural e a densidade do solo, as quais comprometem fortemente a produtividade das culturas, mas também, aumenta a dispersão das argilas, diminuindo a permeabilidade do solo (MEENA et al., 2019).

Esses resultados indicam uma relevante diminuição da concentração de sais no solo e efetiva recuperação de solos afetados por sais com gesso e biochar como corretivos, associados à lavagem do solo. No entanto, ressalta-se que tais resultados são referentes apenas ao extrato de saturação da pasta. Portanto, faz-se necessário analisar o complexo sortivo com relação aos cátions avaliados para confirmar se o excesso de sais realmente foi lixiviado do solo.

CONCLUSÕES

A lavagem com duas vezes o volume de poros corrigiu a salinidade do solo. O solo tratado com biochar e 75% da necessidade de gesso antes da lavagem diminuiu a salinidade e a sodicidade do extrato de saturação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAGANTI, V. N.; CROHN, D. M.; SIMUNEK, J. Leaching and reclamation of a biochar and compost amended saline–sodic soil with moderate SAR reclaimed water. **Agricultural Water Management**, v. 158, p. 255-265, 2015.
- FAO 2020. Mapping of salt-affected soils: Technical specifications and country guidelines.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- KUMAR, R.; SINGH, A.; BHARDWAJ, A. K.; KUMAR, A.; YADAV, R. K.; SHARMA, P. C. Reclamation of salt-affected soils in India: Progress, emerging challenges, and future strategies. **Land Degrad. Dev.**, v. 33, p. 2169-2180, 2022.
- LITALIEN, A.; ZEEB, B. Curing the earth: A review of anthropogenic soil salinization and plant-based strategies for sustainable mitigation. **Science of the Total Environment**, v. 698, n. 134235, p. 1-15, 2020.
- MEENA, M. D.; YADAV, R. K.; NARJARY, B.; YADAV, G.; JAT, H. S.; SHEORAN, P.; MEENA, M. K.; ANTIL, R. S.; MEENA, B. L.; SINGH, H. V.; MEENA, V. S.; RAI, P. K.; GHOSH, A.; MOHARANA, P. C. Municipal solid waste (MSW): Strategies to improve salt affected soil sustainability: A review. **Waste Management**, v. 84, p. 38-53, 2019.
- PIZARRO, F. **Drenagem agrícola y recuperacion de solos salinos**. Madrid: Editora Agricola Española, 1978. 521p.
- REZAPOUR, S.; ASADZADEH, F.; BARIN, M.; NOURI, A. Organic amendments improved the chemical-nutritional quality of saline-sodic soils. **Intern. J. Envir. Science and Technology**, v. 19, p. 4659-4672, 2022.
- RICHARDS, L. A. (Ed.) (1954) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. (Handbook, 60). USDA: Washington DC, USA, 1954. 160p.
- SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, J. L.; NOVAES, M. C.; SILVA, A. P.; PEREIRA, F. H. F.; LOPES, K. P. Crescimento inicial de arbóreas nativas em solo salino-sódico do nordeste brasileiro tratado com corretivos. **Revista Ceres**, v. 60, p. 388-396, 2013.