

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO UTILIZADO NO CULTIVO DA LEUCENA (*Leucaena leucocephala*) IRRIGADA COM ÁGUA CINZA TRATADA EM AMBIENTE PROTEGIDO

SILVA¹, José Rodrigues P. ; **MARINHO²**, Albanise B.; **BARROS-JÚNIOR³**, Genival; **SILVA⁴**, Jeovana G; **SILVA⁵**, Izabel C. S.

¹ Universidade Federal da Paraíba, UFPB – Campus III – Bananeiras.

² Universidade Federal da Paraíba, UFPB – Campus III – Bananeiras

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE – UAST.

⁴ Universidade Federal da Paraíba, UFPB – Campus III – Bananeiras.

⁵ Universidade Federal da Paraíba, UFPB – Campus III – Bananeiras.

*E-mail do autor correspondente: joserodrigues.pacificosilva@gmail.com

RESUMO: O estudo teve como objetivo avaliar as características químicas do solo cultivado com leucena, irrigado com diferentes lâminas de água cinza tratada e com e sem cobertura morta. O experimento foi conduzido no Campus III da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em Bananeiras, no período de 2024-2025. O solo para cultivo da leucena foi oriundo de uma praça em construção pertencente à prefeitura de Bananeiras - PB, doado ao viveiro para produção de mudas do CCHSA/UFPB. No preparo do solo para posterior enchimento dos vasos, realizou-se o peneiramento, para retirada de pedra, galhos e torrões. Antes e ao final do ciclo de cultivo, retirou-se amostras do solo para realização da caracterização da fertilidade, granulometria e textura. A análise de variância indicou efeitos significativos dos fatores avaliados (lâmina de irrigação e cobertura morta) nas características do solo cultivado com leucena e irrigado com diferentes lâminas de irrigação e cobertura de solo. Para os atributos físico-químicos do solo, foi observado efeito significativo isolado para o fator lâmina, nas variáveis de K, ($p < 0,01$) e Mg, ($p < 0,05$). Para o fator isolado cobertura morta, é possível observar efeito significativo para as variáveis respostas de K ($p < 0,01$) e P, ($p < 0,05$). As demais variáveis como Ca, MO e C.org, não sofreram efeitos dos tratamentos testados. Conclui-se que O teor de potássio K, foi influenciado pelo fator lâmina de irrigação de 40% Etc, aumento linear, o teor Mg foi influenciado pela Lâmina de irrigação de 100% Etc, promovendo redução.

Palavras-chave: SIRIEMA; Reuso de água; Agricultura familiar.

Introdução

Diversas tecnologias têm sido estudadas e aplicadas para o tratamento da água cinza. Dentre elas, destacam-se sistemas naturais como filtros de areia, zonas de raízes (wetlands construídas), biofiltros, tanques sépticos modificados e tratamento por lagoas. Estudos apontam que o tratamento descentralizado é eficiente para a remoção de sólidos suspensos e parte da carga orgânica, tornando a água adequada para irrigação [1].

Com o reaproveitamento da água cinza na irrigação de cultivos agrícolas em regiões semiáridas, ocorre um aporte orgânico que pode satisfazer as necessidades de reposição ao solo de alguns nutrientes importantes para as culturas; além do que, ao viabilizar o uso desta água antes descartada ao ambiente sem nenhum tratamento prévio, em regiões com baixas reservas de água destinada à agricultura, promove-se o aumento na produção de alimentos, com potencial redução de gastos com adubação, e como consequência, melhorias na renda familiar. A partir da venda ou consumo dos cultivos, além de ser um forte aliado na redução do êxodo rural [2].

O uso de águas residuárias em pequena escala, em comunidades rurais da região da Paraíba, tem ganhado importância uma vez que o pequeno produtor rural passa a ter uma nova opção de utilização de uma água já disponível em sua propriedade [3], esta alternativa tem se tornado promissora por atender uma demanda ainda reprimida na irrigação de pequenos cultivos agrícolas destinados a segurança alimentar das famílias agricultoras, além proporcionar uma redução do uso de fertilizantes químicos devido às concentrações de nutrientes presentes na água [4].

Desta forma, por meio do estudo aqui apresentado, que faz parte de um trabalho mais amplo envolvendo a temática de reuso de água cinza para uso agrícola, objetivou avaliar a caracterização química do solo cultivado com leucena, na estufa agrícola irrigada, com diferentes lâminas de água cinza tratada e com e sem cobertura morta.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Campus III da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado em Bananeiras-PB, no período de 2024-2025. O experimento sobre a caracterização química do solo utilizado na produção de leucena em estufa agrícola, foi montado no delineamento em blocos casualizados, no esquema de parcela subdividida, com quatro tratamentos nas parcelas, dois tratamentos nas subparcelas e três repetições, totalizando 24 unidades experimentais. As parcelas foram constituídas por quatro lâminas de irrigação referentes aos percentuais de evapotranspiração da cultura (100% ET_c, 80% ET_c, 60% ET_c, e 40% ET_c), as subparcelas foram constituídas pelas formas de cobertura do solo (sem cobertura morta e com cobertura morta).

O efluente utilizado na irrigação no presente estudo foi coletado na comunidade de Benefício, zona rural do município de Esperança, região agreste da Paraíba no Semiárido brasileiro, em propriedade rural onde existe em funcionamento um sistema tratamento e reuso de água cinzas e manejo agroecológico (SIRIEMA), destinado a coleta da água cinza proveniente da água utilizada na pia da cozinha, no tanque de lavagem de roupa, assim como, na pia e no chuveiro do banheiro.

O solo para cultivo da leucena foi oriundo de uma praça em construção pertencente à prefeitura de Bananeiras - PB, doado ao viveiro para produção de mudas do CCHSA/UFPB. Para preparo do solo para posterior enchimento dos vasos, realizou-se o peneiramento para retirada de pedra, galhos e torrões. Posteriormente, retirou-se amostras deste solo para realização da caracterização da fertilidade, granulometria e textura. As análises foram realizadas no laboratório de solos CCHSA/UFPB.

O cultivo da leucena (*Leucaena leucocephala*) foi conduzido em vasos de 25 litros, preenchidos com 21 quilos de solo da região, com três quilos brita Nº2 (para auxiliar no processo de drenagem) e uma tela plástica do tamanho da circunferência do vaso, para suporte do solo e facilitar a drenagem.

As mudas de leucena foram obtidas do viveiro da AS-PTA, com semeadura realizada no dia 11 de outubro de 2024. O transplântio das mudas para os vasos ocorreu no dia 25 de novembro de 2024, quando as plantas atingiram a idade aproximada de 44 dias. As plantas foram conduzidas por até os 130 dias após o transplântio (DTA), que ocorreu no dia 04 de abril de 2025.

As plantas foram irrigadas com água cinza tratada nas proporções de 40, 60, 80 e 100% da ETc, aplicadas três dias por semana, sendo nas segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras.

Tabela 1. Análise de solo bruto antes do ensaio na estufa agrícola do CCHSA/UFPB.

Textura	P	K	Ca	Mg	M O	C.Or g.	pH	CE	SB	CTC	V	Na
Areia 78,33%	mg\dm 3	mg\dm 3	cmol\dm 3	cmol\dm 3	g\k 8	g\k 19,19		dS\m	cmol\dm 3	cmol\dm 3	% 4	cmol\dm 3
F.Arenoso	1,73	7,93	2,00	1,10	33,08	19,19	6,28	0,08	3,12	7,74	40,34	0,004

Fonte: Laboratório de Solos – Campus III, (CCHSA/UFPB).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Anova) aos níveis de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F. Após a identificação da significância entre os tratamentos, realizou-se o teste de comparação das médias, através de Tukey e análise de regressão buscando-se ajustar equações com significados biológicos para os tratamentos utilizados. As equações de regressão que melhor se ajustarem aos dados foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R²). Esses estudos foram realizados com o auxílio de planilhas do Excel e utilizando o software Assistat 7.7.

Resultados e Discussão:

De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 2), verificaram-se efeitos significativos dos fatores avaliados (lâmina de irrigação e cobertura morta) nas características do solo cultivado com leucena e irrigado com diferentes lâminas de irrigação e cobertura de solo. Verificou-se que os teores de K foram influenciados significativamente pelas lâminas de irrigação e pela cobertura do solo. O teor de Mg foi influenciado apenas pelas lâminas de irrigação ($p < 0,05$), e o teor de P, foi influenciado apenas pelas lâminas de irrigação. Os teores de Ca, MO e C. Org, não foram influenciados por nenhum dos tratamentos.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as características físico-químicas, biométricas e acúmulo de biomassa das plantas de leucena irrigadas com águas cinzas tratadas em diferentes lâminas de irrigação, com e sem cobertura do solo.

FV	GL	Quadrado médio					
		P	K	Ca	Mg	MO	C.Org
Lâmina (L)	3	38,24ns	27,82**	0,062 ^{ns}	1,074*	1,942 ns	0,745 ns
Cobertura (C)	1	251,68*	13,80**	0,204 ^{ns}	0,400 ^{ns}	2,275ns	0,637ns
L x C	3	79,39ns	0,531ns	0,458 ^{ns}	0,057ns	1,707ns	0,660ns
Residual (L)	8	33,37	2,362	0,198	0,190	1,136	0,374
Residual (C)	8	30,92	0,512	0,132	0,179	1,590	0,531
Total	23						

FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ns: não significativo.

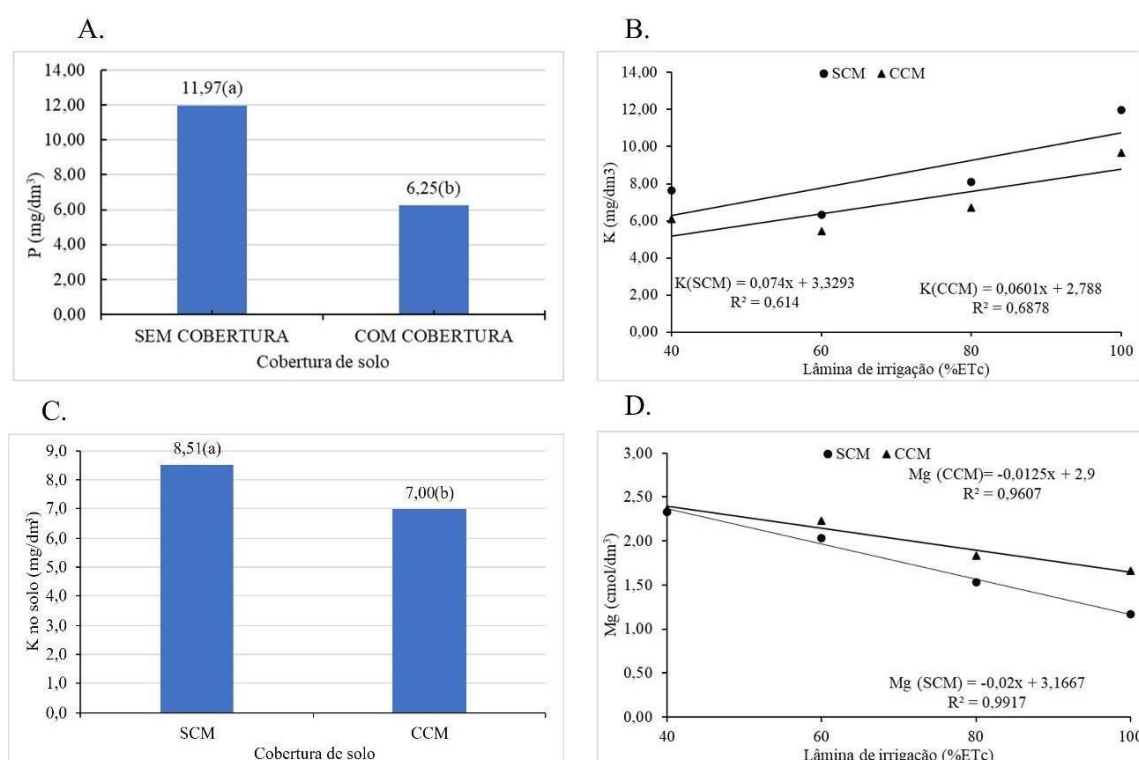
Os teores de P-e K no solo sem aplicação de cobertura morta (Figura 1A-) foram superiores a condição de cultivo com aplicação de matéria orgânica, cujos valores médios foram de 11,97 e 8,50 mg dm⁻³,

respectivamente. Já nos tratamentos com cobertura morta apresentaram médias de $6,25 \text{ mg dm}^{-3}$ de P e $7, \text{ mg dm}^{-3}$ de K. Essas diferenças correspondem a um aumento aproximado de 91% no teor de fósforo e 22% no teor de potássio nas parcelas sem cobertura, em comparação às que receberam cobertura morta.

Os maiores teores de P e K observados nos tratamentos sem cobertura morta podem estar relacionados à menor imobilização microbiana e à maior mineralização da matéria orgânica nativa, favorecidas pela maior exposição do solo à radiação solar e à aeração. Essas condições tendem a acelerar os processos de decomposição e a liberação de formas inorgânicas desses nutrientes, elevando temporariamente suas concentrações disponíveis na solução do solo.

Por outro lado, a presença de cobertura morta promove maior retenção de umidade, redução da amplitude térmica e incremento da atividade microbiana, o que favorece a imobilização de fósforo e potássio na biomassa microbiana e em compostos orgânicos intermediários [5] esse fenômeno explica os menores teores disponíveis de P e K observados nos tratamentos com cobertura, uma vez que parte desses nutrientes é temporariamente incorporada à fração orgânica do solo. Resultados recentes corroboram esse efeito, em que o estudo realizado por [6] demonstrou que a cobertura do solo, seja com palha ou filme plástico, reduz significativamente a abundância relativa de genes microbianos envolvidos na mineralização, solubilização, absorção e transporte de fósforo, sem alterar a regulação da resposta à deficiência de P. Dessa forma, a cobertura morta altera simultaneamente as condições físico-químicas do solo e a atividade microbiana, resultando em menores teores disponíveis de P e K, sem necessariamente comprometer a produtividade das plantas, pois parte desses nutrientes permanece no ciclo biológico do solo, podendo ser mineralizada posteriormente.

Figura 1. Teores de fósforo (A), potássio (B-C) e magnésio (D) no solo em função da cobertura morta e lâminas de irrigação com água cinza tratada no cultivo de leucena.



Os teores de potássio K e Mg foram influenciados pelo fator lâmina de irrigação, conforme apresentado nas Figuras 1B e 1D. O teor de K aumentou linearmente com as lâminas aplicadas, apresentando valor mínimo de $5,96 \text{ mg dm}^{-3}$ na menor lâmina de irrigação e o maior máximo de valor de $10,84 \text{ mg dm}^{-3}$, medido na lâmina de 100% da ETc, evidenciando incremento de $0,17 \text{ mg dm}^{-3}$, por unidade percentual de aumento da irrigação entre 40 e 100% da ETc. Esse comportamento indica que o aumento da lâmina de irrigação favorece a mobilidade e difusão do potássio na solução do solo, ampliando sua disponibilidade na zona radicular.

Por outro lado, observou-se redução nos teores de Mg com o aumento das lâminas de irrigação, apresentando taxas de decréscimo de 0,0125 e 0,20 cmolc dm^{-3} para cada unidade percentual de incremento da lâmina. Esse comportamento sugere que maiores volumes de irrigação promovem lixiviação de Mg.

Conclusões

O teor de potássio K foi influenciado pelo fator lâmina de irrigação de 40% aumento linearmente. O teor de Magnésio Mg foi influenciado pelo fator lâmina de irrigação 100%, promovendo uma redução, através da lixiviação.

Agradecimentos:

A Universidade Federal da Paraíba pelo suporte neste projeto, ao Laboratório de Solos CCHSA/UFPB. A CAPES pela viabilização de recursos via bolsas de estudos de nº 88887.957466/2024-00 para condução desta pesquisa.

A família Araújo que nos acolheu em sua estrutura produtiva familiar no Sítio Benefício em Esperança.

A AS-PTA/PB, pelo apoio logístico e do corpo técnico na condução dos trabalhos.

Referências:

1. GROSS, A.; SHMUELI, O.; RONEN, Z.; RAVEH, E. Recycled Vertical Flow Constructed Wetland (RVFCW)—a Novel Method of Recycling Greywater for Irrigation in Small Communities and Households. **Chemosphere**, v. 66, n. 5, p. 916–923, jan. 2007.
2. ANDRADE, E. D.; SARMENTO, M. I. D. A.; PEREIRA JUNIOR, E. B.; MOREIRA, J. N.; NÓBREGA, É. P. D.; CAIANA, C. R. A.; BEZERRA NETO, F. D. C.; MEDEIROS, A. C. D.; MARACAJÁ, P. B. Reutilização de água para produção de mudas de pinha. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e536974403, 26 maio de 2020.
3. SANTOS, F.S. et al. Bioágua Familiar: Reuso de água cinza para produção de alimentos no Semiárido. 1. Ed. Recife: PDHC, 2012. p. 11-13. Disponível em: <https://www.projetodomhelder.gov.br/site/images/PDHC/Artigos_e_Publicacoes/Bioagua/Bioagua_Familiar.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.
4. CHOJNACKA, K.; SKRZYPCZAK, D.; SZOPA, D.; IZYDORCZYK, G.; MOUSTAKAS, K.; WITEK-KROWIAK, A. Management of biological sewage sludge: Fertilizer nitrogen recovery as the solution to fertilizer crisis. **Journal of Environmental Management**, 326, 116602, 2023.
5. JABRAN, Khawar. **Role of mulching in pest management and agricultural sustainability**. Switzerland, AG: Springer International Publishing, 2019.
6. KIM, Sunghwan et al. PubChem 2023 update. **Nucleic acids research**, v. 51, n. D1, p. D1373-D.