

MUDAS DE TAMARINDEIRO IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA EM SOLO SEM E COM BIOFERTILIZANTES

**ANTONIO JOÃO DE LIMA NETO¹; LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE²;
JÁRISSON CAVALCANTE NUNES³; ANTÔNIO GUSTAVO DE LUNA SOUTO¹ E
FRANCISCO THIAGO COELHO BEZERRA³**

¹Doutorandos do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa/UFV, Viçosa, MG; limanetoagro@hotmail.com; gusluso@hotmail.com

²PPGA/CCA/UFPB, Areia, PB; pesquisador INCTSal; lofeca@cca.ufpb.br

³Doutorandos do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba/CCA/UFPB, Areia, PB; jarissonagro@hotmail.com; bezerra_ftc@yahoo.com.br

1 RESUMO

No Brasil, informações científicas sobre a tolerância do tamarindeiro à salinidade são ainda pouco frequentes na literatura. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento de mudas de tamarindo irrigadas com água salina em solo sem e com biofertilizantes. O experimento foi conduzido de outubro de 2012 a janeiro de 2013, em ambiente telado no Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, no delineamento em blocos casualizados, com esquema fatorial 5×3 , referente a irrigação com água de condutividade elétrica 0,5; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹ no solo sem biofertilizante, com biofertilizante comum e com biofertilizante enriquecido quimicamente. Inicialmente foi avaliado o índice de velocidade de emergência e aos 100 dias após a semeadura, a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, altura e diâmetro caulinar, número de folhas, massa de matéria seca de folhas, caule e raízes das plantas. O aumento da concentração de sais na água de irrigação promoveu aumento da salinidade do solo e inibiu a germinação, o crescimento biométrico e a produção de biomassa seca das mudas de tamarindeiro. Ao final do experimento concluiu-se que a salinidade prejudica a germinação e o crescimento inicial das mudas de tamarindeiro, mas com menor severidade nos tratamentos com biofertilizante. Os biofertilizantes inibiram os efeitos negativos da salinidade da água às mudas, com superioridade do biofertilizante comum em relação ao biofertilizante enriquecido quimicamente.

Palavras - chave: *Tamarindus indica*, insumos orgânicos líquidos, estresse salino em mudas

**LIMA NETO, A. J.; CAVALCANTE, L. F.; NUNES, J. C.; SOUTO, A. G. L.;
BEZERRA, F. T. C.**

**TAMARIND SEEDLINGS IRRIGATED WITH SALINE WATER IN SOIL
WITHOUT AND WITH BIOFERTILIZERS**

2 ABSTRACT

Technical information on the tolerance of the tamarind tree to salinity is scarce in the literature. Therefore, the objective of this study was to evaluate the growth of tamarind

seedlings irrigated with saline water in soil without and with biofertilizers. The experiment was carried out from October 2012 to January 2013 in a greenhouse environment at the Agricultural Science Center at the Federal University of Paraíba, Areia, PB. Randomized blocks were used in a 5 x 3 factorial design referring to water irrigation of 0.5; 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹ electrical conductivity in soil without biofertilizer, with average biofertilizer and chemically enriched biofertilizer. Emergency speed index was initially evaluated following by electrical conductivity of the soil saturation extract, height and stem diameter, number of leaves, dry mass of leaves, stem and roots of plants at 100 days after sowing. Increased irrigation water salinity caused an increase in soil salinity and inhibition of seed germination, biometric growth and production of dry biomass of tamarind seedlings. Salinity affected germination and initial growth of tamarind seedlings, but this effect was less severe in the treatments with biofertilizers. The biofertilizers inhibited the negative effects of water salinity on the seedlings, more efficiently in the presence of the average biofertilizer as compared with the chemically enriched biofertilizer.

Keywords: *Tamarindus indica*, liquid organic input, salt stress in seedlings.

3 INTRODUÇÃO

O tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) é uma frutífera cultivada em muitos países da Ásia, África e América do Sul e por apresentar sistema radicular profundo (EL-SIDDIG et al., 2006), revela-se tolerante às secas mais prolongadas e, dessa forma, pode ser indicada em cultivo de regiões semiáridas, como enfatizam Pazhanivelan et al. (2008) na Índia e Costa et al. (2012) no Brasil.

Por ser o tamarindeiro considerado moderadamente tolerante à salinidade no estágio de muda, a cultura pode ser inserida como espécie potencialmente viável para avaliar a influência do manejo na redução dos efeitos negativos da salinidade durante o crescimento das plantas em áreas semiáridas (GEBAUER et al., 2004; GURUMURTHY et al., 2007).

Os efeitos mais comprometedores da salinidade sobre a produção de mudas de tamarindo se refletem na inibição da viabilidade germinativa das sementes, redução do potencial osmótico, aumento da toxicidade iônica e desequilíbrio na absorção de água e nutrientes. Essas inconveniências provocam a redução generalizada do crescimento durante a formação das mudas, em geral, resultando em sérios prejuízos à atividade agrícola (HARDIKAR; PANDEY, 2011).

Alguns estudos evidenciam ação positiva dos biofertilizantes em atenuarem parcialmente os efeitos da salinidade da água de irrigação na formação de mudas de algumas culturas como goiabeira (CAVALCANTE et al., 2010), nim (NUNES et al., 2012) e oiticica (DINIZ NETO et al., 2014) devido a presença de substâncias húmicas, contidas nos insumos orgânicos, proporcionarem uma maior regulação osmótica entre a raiz e a solução do solo, além de diminuírem a intensidade dos efeitos tóxicos dos sais ao crescimento das plantas (AYDIN; KANT; TURAN, 2012).

Diante da evidência dos efeitos positivos dos insumos orgânicos às plantas em meios salinos, o trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação de biofertilizantes produzidos a partir de esterco fresco fermentado de bovino sobre o crescimento de mudas de tamarindeiro irrigadas com água salina.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente telado do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, no período de outubro de 2012 a janeiro de 2013. O substrato constou de material coletado na camada de 0-20 cm de um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (EMBRAPA, 2013). A caracterização física e de fertilidade do solo foi feita conforme metodologias contidas em Donagema et al. (2011) e a salinidade do extrato de saturação do solo de acordo com Richards (1954), cujos resultados são apresentados na Tabela 1. As concentrações de P, K⁺ e Na⁺ foram determinadas utilizando o Extrator Mehlich 1, Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ usando o Extrator KCl 1M e a matéria orgânica por oxidação com permanganato de potássio.

Tabela 1. Caracterização química do solo quanto à fertilidade e salinidade, e física antes da preparação do substrato.

Fertilidade		Salinidade		Atributos físicos	
pH em água (1:2,5)	6,4	pH	6,6	Dens. do solo (g cm ⁻³)	1,14
P (mg dm ⁻³)	5,41	Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,81	Dens. de partícula (g cm ⁻³)	2,71
K (cmol _c dm ⁻³)	0,51	Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,34	Porosidade total (m ³ m ⁻³)	0,58
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,71	K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,16	Areia (g kg ⁻¹)	557
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,58	Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,16	Silte (g kg ⁻¹)	63
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,11	Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	1,57	Argila (g kg ⁻¹)	380
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,92	CO ₃ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	---	Ada (g kg ⁻¹)	26
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,12	HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	0,22	Grau de flocculação (%)	93,2
H ⁺ +Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,08	SO ₄ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	0,74	Índice de dispersão (%)	7,8
CTC (cmol _c dm ⁻³)	3,40	CEes (dS m ⁻¹)	0,25	Ucc (g kg ⁻¹)	103,4
V (%)	85,8	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	1,53	Upmp (g kg ⁻¹)	48,2
MOS (g dm ⁻³)	1,12	PST (%)	2,68	Água disponível (g kg ⁻¹)	55,2
Classificação:	Eut.	Classif. salina:	SNS	Classificação textural:	AF

SB = Soma de bases trocáveis (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺); CTC = Capacidade de troca catiônica [SB + (H⁺+Al³⁺)]; V = Percentagem de saturação por bases (SB/CTC)100; MOS = Matéria orgânica do solo; Eut = Eutrófico; RAS = Relação de adsorção de sódio = Na⁺ /[(Ca²⁺ + Mg²⁺)/2]^{1/2}; PST = Percentagem de sódio trocável - PST = 100 (Na⁺ /CTC); SNS = Solo não salino; Ada = Argila dispersa em água; GF = Grau de flocculação = [(Argila total - argila dispersa em água)/Argila total]100; ID = Índice de dispersão = 100 - GF; Adi = Água disponível = (Ucc - Upmp); Ucc = umidade do solo na capacidade de campo (-0,033 MPa); Upmp = Umidade do solo no ponto de murchamento permanente (-1,5 MPa); AF = Areia franca

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições e cinco plantas por tratamento. Os tratamentos foram combinados em esquema fatorial 5 × 3, referente aos valores de condutividade elétrica da água de 0,5; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹ no solo sem biofertilizante, com biofertilizante comum e com biofertilizante enriquecido quimicamente, totalizando 60 unidades experimentais e trezentas plantas.

Ambos os biofertilizantes foram produzidos via fermentação anaeróbica. O biofertilizante comum foi obtido de uma mistura de partes iguais de esterco fresco de bovino e água não salina e não clorada (SILVA et al., 2007). O biofertilizante enriquecido quimicamente foi preparado com as mesmas proporções de esterco fresco e água do biofertilizante comum, acrescentando 2 kg de gesso agrícola (28% CaO, 17% S), 2 kg de pó de rocha MB-4 (5,9% CaO, 17,8% MgO, 1,4% Na₂O, 0,84% K₂O), 4 L de leite de vaca, que possuía conforme Larson (1985), 0,058% Na⁺, 0,138% K⁺, 0,06% Ca²⁺, 0,006% Mg²⁺, 0,021% P₂O₅, 0,082% Cl⁻ e, 4 L de melão de cana-de-açúcar que apresenta a seguinte

composição conforme Stupiello, Marino e Celinski (1974), de 0,15% P₂O₅, 3,8% K₂O, 1,05% CaO e 0,50% MgO.

Para a liberação do gás metano produzido pela fermentação metanogênica conectou-se, na parte superior do biodigestor, uma mangueira fina e a outra extremidade foi submersa em um recipiente com água para evitar a entrada de outros gases no sistema. Os biofertilizantes foram aplicados no solo na forma líquida, por isso foram analisados quimicamente (RICHARDS, 1954) como se fossem água para irrigação (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados das análises químicas dos biofertilizantes aplicados ao solo na forma líquida e da água utilizada para irrigação.

Variáveis	Água	Biofertilizantes	
		Comum	Enriquecido
pH	6,64	6,82	6,44
CE a 25°C (dS m ⁻¹)	0,45	3,48	5,81
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,21	6,64	18,24
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,78	8,35	14,51
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	2,38	10,05	12,36
K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,12	9,53	13,21
RAS (mmol L ⁻¹) ^{1/2}	2,39	3,67	3,05
Classe	C ₁ S ₁	C ₄ S ₁	C ₄ S ₁

CE = condutividade elétrica; RAS = Relação de adsorção de sódio = $Na^+ [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{1/2}$

Foram acondicionados 5 L de solo em vasos plásticos com capacidade para 7 L. Os biofertilizantes foram aplicados uma única vez, depois de diluídos em água não salina e não clorada, na proporção de 1:1, 24 h antes da sementeira. A aplicação dos compostos orgânicos foi feita de modo a fornecer volumes diferentes dos insumos, mas cada volume com o mesmo valor de condutividade elétrica. Nesse sentido, tomou-se como referência o biofertilizante comum aplicado em volume correspondente a 10% do volume do substrato, como recomendado por Cavalcante et al. (2010). Dessa forma, foram fornecidos 500 mL de biofertilizante comum e 300 mL do insumo enriquecido quimicamente. Os 300 mL foram obtidos pelo produto dos 500 mL do biofertilizante comum pelo valor do coeficiente entre os valores da condutividade elétrica do insumo comum ou simples pelo do enriquecido (3,48/5,81).

A sementeira foi realizada com cinco sementes de tamarindeiro na profundidade de 1 cm em cada unidade experimental, na segunda semana de outubro de 2012. A irrigação com cada tipo de água foi realizada da sementeira até o final do experimento, na última semana de janeiro de 2013, pelo método de pesagem, fornecendo-se o volume de água evapotranspirado a cada 24 h, para manutenção do substrato com umidade correspondente a 90% da capacidade de campo, para prevenir os riscos de lixiviação dos biofertilizantes de cada tratamento.

Após a sementeira foi registrado o período para emergência da primeira plântula normal e contadas diariamente as plântulas emergidas até a estabilização do processo de emergência, para avaliação do índice de emergência das plântulas (IVE), pela expressão de Maguire (1962), em que $IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + Em/Nm$, sendo: E1, E2 ... Em = número de plântulas emergidas na primeira, segunda e última contagem; e N1, N2 ... Nm = número de dias transcorridos da sementeira à primeira, segunda e última contagem, e o percentual de emergência referente à última leitura das plântulas emergidas.

Aos 40 dias após a sementeira (DAS) foi realizado o desbaste deixando-se a planta mais vigorosa por unidade experimental e aos 100 DAS obtiveram-se os valores da altura,

diâmetro do caule à altura do colo e o número de folhas. Em seguida, as plantas foram coletadas, separadas em folhas, caules e raízes. Posteriormente as amostras foram levadas à estufa com circulação de ar na temperatura de 65 °C até massa constante. Imediatamente após a coleta das plantas, amostras de substrato foram retiradas de cada unidade experimental para avaliação do teor salino com base na condutividade elétrica do extrato de saturação.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão utilizando o programa estatístico AgroEstat® (BARBOSA; MALDONADO JUNIOR, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo resumo das análises de variância, as variáveis da Tabela 3, exceto o índice de velocidade de emergência das plantas de tamarindeiro, que respondeu aos efeitos isolados da salinidade da água e dos tipos de biofertilizantes, foram influenciadas pela interação condutividade elétrica da água de irrigação × biofertilizante. Dentre as variáveis, a massa de matéria seca do caule e das folhas, exibiram os maiores coeficientes de variação. Essa superioridade indica que os distintos órgãos das plantas podem responder diferenciadamente aos sais (MUNNS; TESTER, 2008; CAVALCANTE et al., 2010) e evidencia também ação dos biofertilizantes em atenuarem os efeitos depressivos da salinidade em relação aos tratamentos sem os insumos orgânicos. Ambas as situações promovem maiores diferenças entre as plantas dos tratamentos sem e com biofertilizantes resultando em maiores diferenças e, com efeito, se refletindo em maiores coeficientes de variação.

Tabela 3. Resumo das análises de variância e regressão (Quadrado Médio) referentes à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa de matéria seca do caule (MSC), folhas (MSF) e raízes (MSR) de mudas de tamarindeiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação e da aplicação de biofertilizantes.

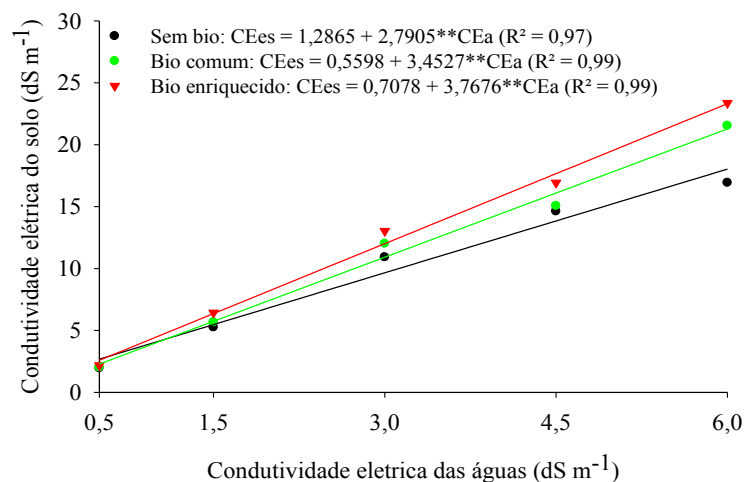
F.V	GL	CEes	IVE	AP	DC	NF	MSC	MSF	MSR
Águas (A)	4	663,077**	1,503**	2147,005**	6,096**	388,391**	5,563**	6,520**	4,182**
Bioferti.(B)	2	30,092**	1,957**	3199,014**	8,201**	491,450**	8,364**	9,621**	2,113**
A × B	8	6,470**	0,096 ^{ns}	420,063**	0,962**	46,741**	1,161*	1,064*	0,423**
Resíduo	42	0,257	0,275	38,251	0,260	13,333	0,401	0,462	0,096
C.V (%)		4,526	23,608	17,706	11,382	23,788	56,077	51,456	26,918
Regressão									
Linear	1	2632,336**	5,854**	8162,055**	23,349**	1538,619**	21,803**	24,230**	15,178**
Quadrática	1	9,492**	0,099 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,362 ^{ns}	8,241 ^{ns}	0,434 ^{ns}	1,206 ^{ns}	1,486**

Bioferti. (B) = Biofertilizantes; ^{ns}, * e **: não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo aumentou linearmente em função da salinidade da água, independentemente da aplicação dos biofertilizantes, mas sempre com maior intensidade nos tratamentos com os insumos orgânicos aplicados ao solo na forma líquida, obedecendo a ordem: biofertilizante enriquecido > biofertilizante comum > substrato sem biofertilizante (Figura 1). A superioridade do nível salino dos substratos com os

respectivos insumos é resposta dos seus elevados valores de condutividade elétrica, como indicado na Tabela 2, adicionados aos níveis de cada água de irrigação.

Figura 1. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), no solo sem biofertilizante, com biofertilizante comum e enriquecido quimicamente.

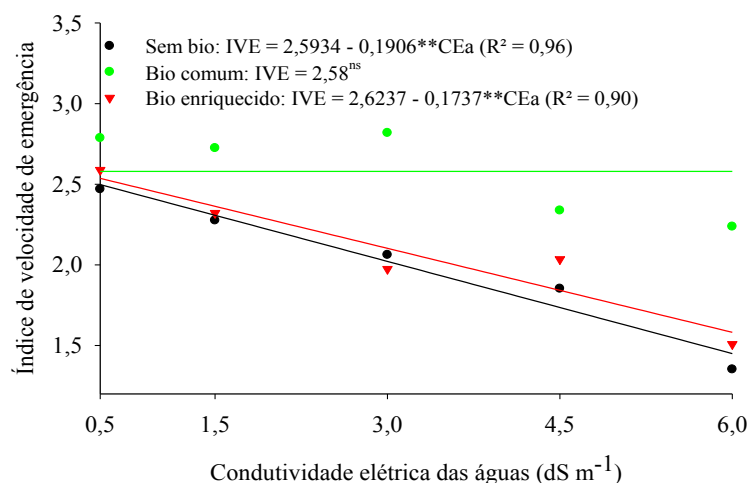


A maior salinidade nos tratamentos com o biofertilizante enriquecido quimicamente em relação ao biofertilizante comum e ao solo sem biofertilizante se deve principalmente à solubilização do gesso agrícola e MB-4 que possuem cálcio, enxofre (gesso), cálcio, magnésio, potássio (MB-4), e ao se solubilizarem liberam esses componentes para a solução que se refletem no aumento da condutividade elétrica do solo. Essa situação assemelha-se a registrada por Medeiros et al. (2011) e Diniz Neto et al. (2014) ao avaliarem o crescimento inicial de mudas de tomateiro-cereja (*Lycopersicon pimpinellifolium*) e de oiticica (*Licania rigida*), irrigadas com água salina, em solo com biofertilizantes.

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo antes da aplicação dos tratamentos (CEes) era de 0,25 dS m⁻¹ (Tabela 1) e ao final do experimento atingiu valores na amplitude de 2,68 a 18,03 dS m⁻¹, de 2,29 a 21,28 dS m⁻¹ e de 2,59 a 23,16 dS m⁻¹ respectivamente no solo sem biofertilizante, com biofertilizante comum e com o biofertilizante enriquecido com gesso agrícola, pó de rocha MB-4, leite de vaca e melão de cana-de açúcar. Pelos resultados constata-se que o aumento da salinidade da água de irrigação de 0,5 para 6,0 dS m⁻¹ elevou o grau de salinidade do substrato para extremamente salino (RICHARDS, 1954) e nessas condições provoca a inibição do crescimento da grande maioria das plantas cultivadas e a perda de qualidade de mudas em espécies moderadamente tolerantes à salinidade como o tamarindeiro, conforme Gebauer et al. (2004).

O aumento da salinidade da água elevou o nível de salinidade do solo e comprometeu o índice de velocidade de emergência das plântulas no solo sem biofertilizante e com ambos os insumos fornecidos (Figura 2), mas sempre em menores proporções nos tratamentos com qualquer um dos insumos orgânicos, aplicados ao solo na forma líquida, em todos os níveis salinos das águas. Comparativamente, os efeitos assemelham-se aos registrados por El-Siddig et al. (2004) ao avaliarem o crescimento de mudas de tamarindeiro sob irrigação com águas salinas e por Cavalcante et al. (2010) ao concluírem que mudas de goiabeira Paluma cresceram mais quando irrigadas com águas salinas no solo com biofertilizante, em relação aos tratamentos sem o respectivo insumo.

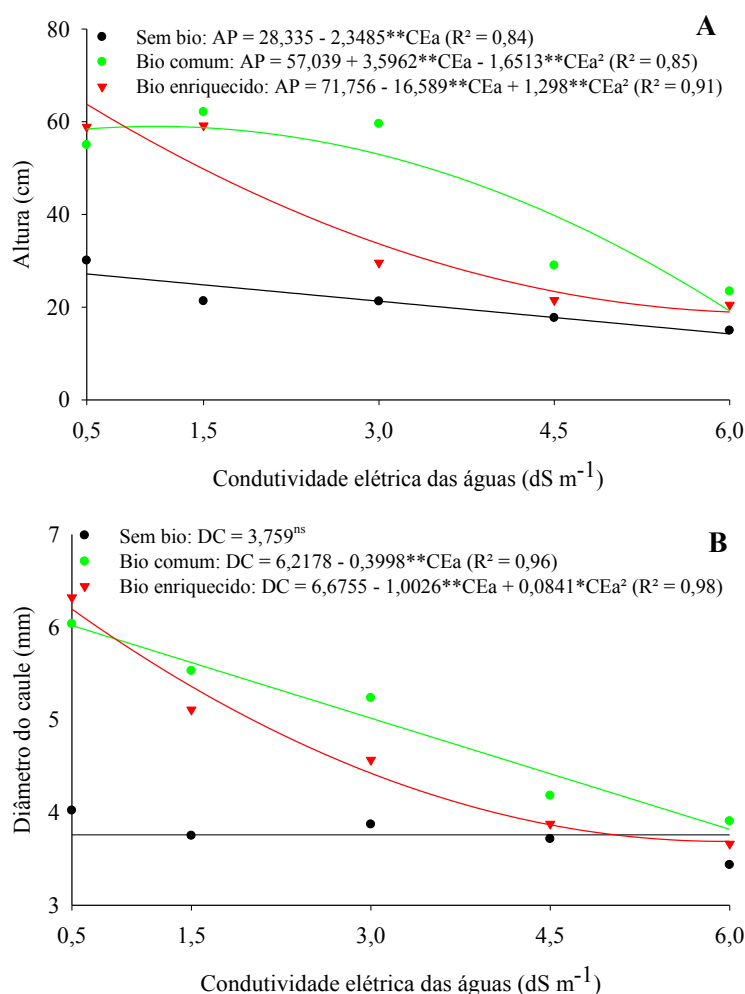
Figura 2. Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de tamarindeiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), no solo sem biofertilizante, com biofertilizante comum e enriquecido quimicamente.



O maior comprometimento no processo germinativo das sementes submetidas à salinidade é devido ao estresse salino causar restrição na absorção de água pela diminuição do potencial osmótico do substrato (GORDIN et al., 2012), retardando a embebição das sementes e, com efeito, o alongamento das raízes, além de provocar toxicidade pelo acúmulo excessivo de alguns íons como Na⁺ e Cl⁻ (HARTER et al., 2014). Por outro lado, para Taiz e Zeiger (2013), a habilidade das sementes para germinarem, como verificado nos tratamentos com cada um dos biofertilizantes em relação ao solo sem nenhum dos insumos, pode resultar no início de ajustamento osmótico das plantas aos sais nos estádios subsequentes de crescimento.

O aumento da salinidade da água de irrigação inibiu o crescimento avaliado pela altura e diâmetro caulinar das plantas no solo sem ou com aplicação dos biofertilizantes (Figura 3). Conforme indicado na Figura 3A, no solo sem insumo, a altura das plantas foi inibida linearmente em 2,3485 cm o que equivale a uma perda de 8,65% por aumento unitário da salinidade da água de irrigação. O biofertilizante comum favoreceu o crescimento das mudas até a condutividade elétrica máxima estimada da água de 1,1 dS m⁻¹ referente a maior altura de 58,9 cm, mas, nos respectivos tratamentos, a irrigação com água de salinidade superior a 1,1 dS m⁻¹ prejudicou o crescimento das mudas do tamarindeiro em altura. Consta-se também que o biofertilizante enriquecido quimicamente inibiu mais drasticamente o crescimento em altura das mudas que o biofertilizante comum. Através dos coeficientes compensados pelo modelo, de 18,9 e 63,8 cm, entre as plantas irrigadas com as água de 6,0 e 0,5 dS m⁻¹ e de 19,2 e 58,9 cm entre as irrigadas com água de 6,0 e 1,1 dS m⁻¹, constata-se perdas de 70,2 e de 67,4% no crescimento entre as plantas dos tratamentos com biofertilizante enriquecido e comum, respectivamente.

Figura 3. Altura de plantas - AP (A) e diâmetro caulinar - DC (B) de mudas de tamarindeiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), no solo sem biofertilizante, com biofertilizante comum e enriquecido quimicamente.



A ordem dos efeitos inibidores do teor salino da água ao diâmetro das mudas (Figura 3B) foi a mesma registrada para o crescimento em altura na sequência: solo sem biofertilizante > com biofertilizante enriquecido > com biofertilizante comum para qualquer valor de salinidade da água.

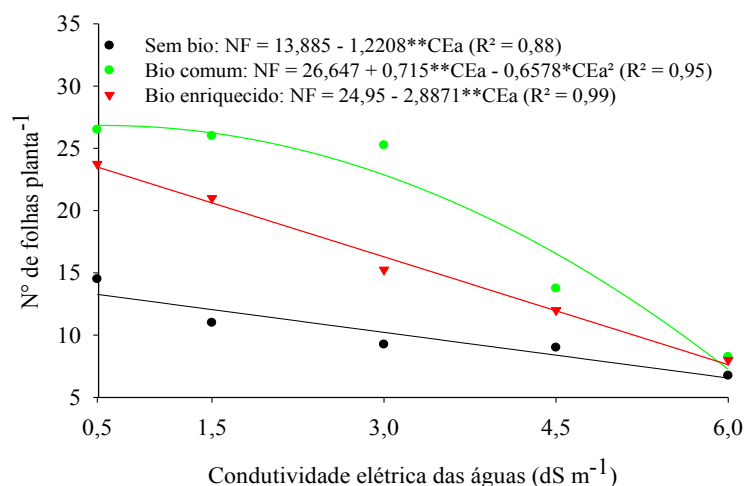
Quanto a ausência de biofertilizante, os declínios assemelham-se os apresentados por Hardikar e Pandey (2011), em que o crescimento em mudas de tamarindeiro, com seis meses de idade, em função da salinidade do solo de 0,2, 3,9, 6,2, 8,1, 10,0, 11,9 e 13,9 dS m⁻¹ foi comprometido em até 46%. Os maiores valores referentes ao insumo comum, comparado ao solo sem biofertilizante, estão em acordo com Cavalcante et al. (2010) e Nunes et al. (2012) ao concluírem ação atenuadora do respectivo insumo à salinidade da água em mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) e nim (*Azadirachita indica*).

A superioridade dos tratamentos com biofertilizante bovino indica que, apesar de não eliminar os efeitos degenerativos da salinidade sobre as plantas, o insumo reduziu a agressividade dos sais, promovendo um melhor crescimento e desenvolvimento das mudas. De acordo com Mellek et al. (2010), as substâncias húmicas, como ácidos húmicos, fúlvicos e huminas, contidas no biofertilizante, contribuem para produção de CO₂ e para a melhoria

física do solo, além de reduzir o potencial osmótico no interior das raízes, estimulando a absorção de água e nutrientes em meios sob estresse salino.

Assim como na altura e no diâmetro caulinar, a emissão de folhas nas mudas de tamarindeiro foi comprometida pelo aumento da salinidade da água, com maiores reduções na sequência de solo sem biofertilizante > solo com biofertilizante enriquecido quimicamente > solo com biofertilizante comum (Figura 4).

Figura 4. Número de folhas (NF) de mudas de tamarindeiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), no solo sem biofertilizante, com biofertilizante comum e enriquecido quimicamente.

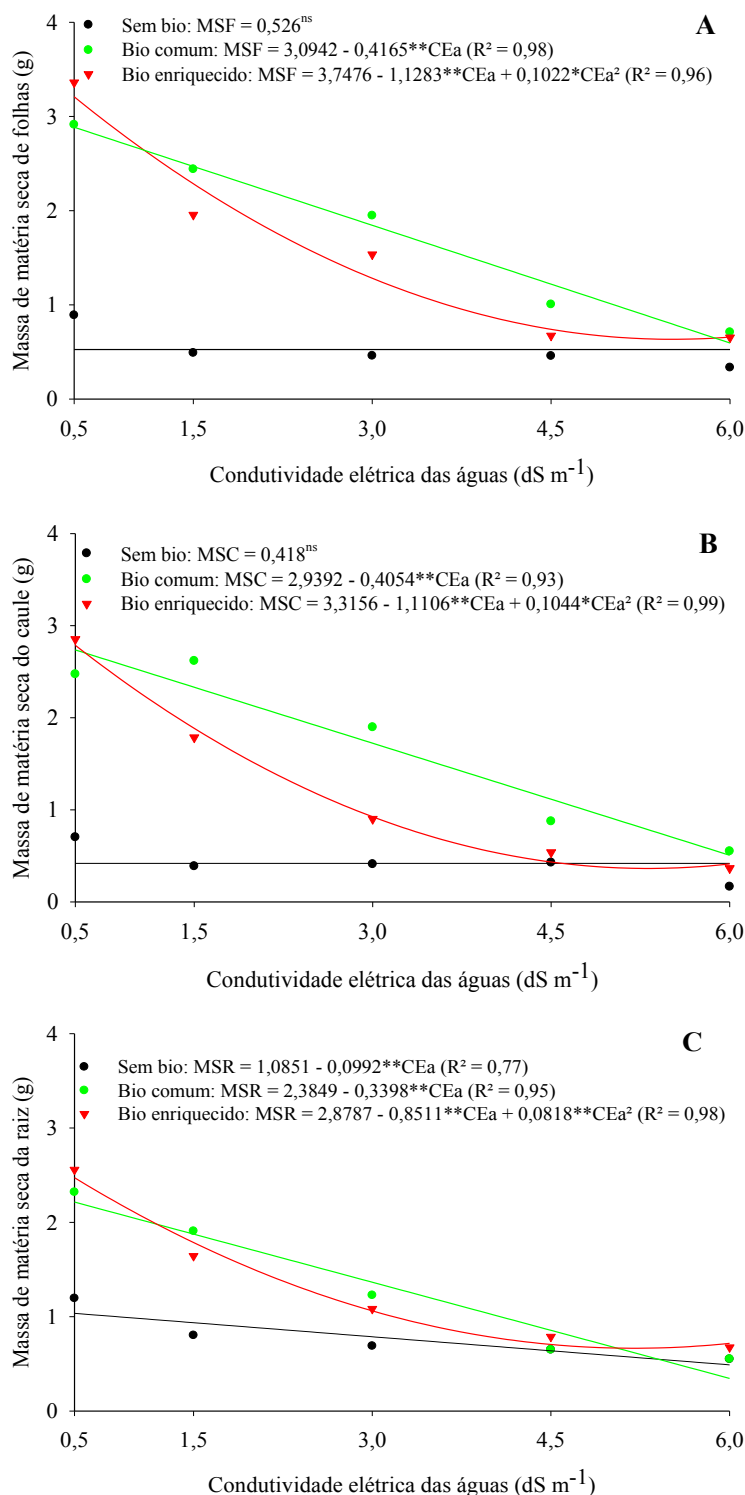


No solo sem biofertilizante e com o insumo enriquecido quimicamente o aumento da salinidade da água provocou declínios médios de 1,2208 e 2,8871 folhas por planta, resultando em perdas de 9,1 e 12,3% por cada incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. Ao relacionar os valores absolutos de 6,6 e 13,3, 7,6 e 23,5 folhas por planta, percebe-se que apesar da maior perda relativa de 12,3% provocado pelo biofertilizante enriquecido em relação à de 9,1% nas plantas do solo sem nenhum insumo, os valores absolutos conferem maior número de folhas às mudas tratadas com o biofertilizante enriquecido quimicamente, principalmente até a salinidade das águas de 3,0 dS m⁻¹. A partir desse nível salino da água até 6,0 dS m⁻¹ a superioridade entre as plantas tratadas com o biofertilizante comum e do referido insumo em relação às plantas do solo sem biofertilizante diminui. Essa situação indica que as águas de maior restrição salina às plantas (RICHARDS, 1954; CAVALCANTE et al., 2012) como as de condutividade elétrica igual ou maior que 3,0 dS m⁻¹ também oferecem restrição severa ao crescimento inicial do tamarindeiro. O comportamento dos dados está de acordo com Nunes et al. (2012) que, após avaliarem a formação de mudas de nim irrigadas com águas salinas, registraram menor redução da emissão foliar nas plantas dos tratamentos com biofertilizante comum.

As folhas são órgãos sensíveis que, em meios adversamente salinos, sofrem redução em tamanho e número (GEBAUER et al., 2004; MEDEIROS et al., 2011), resultando em menor área foliar (HARDIKAR; PANDEY, 2011) e, com efeito, em perdas da atividade clorofilática e fotossintéticas como verificado por Oliva et al. (2008) e Hunsche et al. (2010) em mudas de tamarindeiro. Nessas condições, a redução do número de folhas é provocada pela abscisão, em função da senescência precoce pela ação tóxica do excesso de sais na água de irrigação (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os efeitos depressivos da salinidade da água inibiram o acúmulo de massa de matéria seca em todos os órgãos das plantas, sendo verificadas maiores reduções na sequência: solo sem biofertilizante > solo com biofertilizante enriquecido quimicamente > solo com biofertilizante comum. Nos tratamentos sem biofertilizante a massa de matéria seca das folhas (Figura 5A) e do caule (Figura 5B) não se ajustou a nenhum modelo de regressão, mas a massa de matéria seca das raízes (Figura 5C) foi diminuída linearmente ao nível de 0,0992 g planta⁻¹ por incremento da condutividade elétrica da água de irrigação. Situação semelhante foi apresentada também por Gebauer et al. (2004) ao conduzirem, por 20 semanas, mudas de tamarindeiro irrigadas com águas salinas oriundas de cloreto de sódio, aos níveis de 0,54, 2,98, 5,73, 8,05 e 10,30 dS m⁻¹, e verificarem redução de 60, 84 e 72% na massa de matéria seca de folhas, caules e raízes respectivamente, quando submetidas aos maiores valores de condutividade elétrica.

Figura 5. Massa de matéria seca de folhas - MSF (A), caule - MSC (B) e raízes - MSR (C) de mudas de tamarindeiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), sem biofertilizante, com biofertilizante comum e enriquecido quimicamente.



De forma semelhante à observada para o crescimento biométrico e número de folhas emitidas, o biofertilizante enriquecido quimicamente e biofertilizante comum exercem ação mais efetiva na atenuação da salinidade da água até o nível salino de $3,0\ dS\ m^{-1}$. Nesse nível

de salinidade da água ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$), registram-se superioridades de 144, 121 e 40% entre as folhas, caules e raízes das plantas tratadas com biofertilizante enriquecido quimicamente em comparação às dos tratamentos sem nenhum dos respectivos insumos orgânicos líquidos. Nas mesmas condições, o biofertilizante comum (esterco fresco de bovino fermentado em água) promoveu aumentos de 251, 312 e 74% em relação às plantas do solo sem nenhum tipo de insumo orgânico. Os efeitos da salinidade, apesar de comprometerem o desenvolvimento das mudas de tamarindeiro, ocorrem com menor agressividade na presença dos insumos orgânicos. Nesse sentido, Oliva et al. (2008) ao estudarem os efeitos de um vermicomposto em mudas de tamarindeiro, irrigadas com águas salinas ricas em cloreto de sódio, verificaram que apesar do composto orgânico não eliminar os efeitos deletérios da salinidade, as reduções na massa de matéria seca de folhas, caule e raízes foram menores nas plantas dos tratamentos com o respectivo insumo.

Os insumos orgânicos, inclusive o biofertilizante bovino na forma líquida, promovem a melhoria físico-hídrica do substrato resultando em maior espaço poroso (MELLEK et al., 2010) para o crescimento radicular; promovem redução do potencial osmótico entre o interior das raízes e a solução do solo possibilitando ajustamento das plantas à salinidade, devido à melhoria na eficiência fotossintética e trocas gasosas das plantas cultivadas em ambiente salino (SILVA et al., 2011).

A menor eficiência do biofertilizante enriquecido em atenuar os efeitos da salinidade da água, comparada ao biofertilizante comum, em todas as variáveis avaliadas nas mudas, se deve à sua maior condutividade elétrica resultante da solubilização do gesso, dos componentes do pó de rocha (MB-4) contribuindo juntamente com a salinidade das águas para a maior salinidade do solo e conseqüentemente à inibição do crescimento das mudas. Ao considerar que nenhuma variável no solo sem biofertilizante tolerou nível salino da água acima de 2 dS m^{-1} sem elevadas perdas, percebe-se que o tamarindeiro não evidenciou ser moderadamente tolerante aos sais como comentaram Gebauer et al. (2004), Gurumurthy et al. (2007) e Pazhanivelan et al. (2008).

6 CONCLUSÕES

O aumento do teor salino da água de irrigação eleva o caráter salino do solo na ordem: solo com biofertilizante enriquecido quimicamente > solo com biofertilizante comum > solo sem nenhum tipo de biofertilizante.

A salinidade da água prejudica o crescimento e a produção de biomassa seca pelos distintos órgãos das mudas de tamarindeiro, mas com menor severidade nos substratos com biofertilizante comum e biofertilizante enriquecido quimicamente.

As superioridades do crescimento biométrico e acúmulo de massa de matéria seca pelas plantas, em relação ao solo sem nenhum tipo de insumo, são mais expressivas quando irrigadas com água de salinidade de até $3,0 \text{ dS m}^{-1}$.

7 REFERÊNCIAS

AYDIN, A.; KANT, C.; TURAN, M. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 7, n. 7, p. 1073-1086, 2012.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos: versão 1.1.0.694. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, 2011.

CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, I. H. L.; SANTOS, P. D. Água para agricultura: Irrigação com água de boa qualidade e água salina. In: CAVALCANTE, L. F. (Ed). **O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água**. João Pessoa: Sal da Terra, 2012. cap. 1, p. 17-65.

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco líquido de bovino na formação de mudas de goiabeira Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.

COSTA, E.; FERREIRA, A. F. A.; SILVA, P. N. L.; NARDELLI, E. M. V. Diferentes composições de substratos e ambientes protegidos na formação de mudas de pé-franco de tamarindeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1189-1198, 2012.

DINIZ NETO, M. A.; SILVA, I. F.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, B. L. M. T.; SILVA, J. C. A.; SILVA, E. C. Mudas de oiticica irrigadas com águas salinas no solo com biofertilizante bovino e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 10-18, 2014.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

EL-SIDDIG, K.; GEBAUER, J.; EBERT, G.; ALI, A. M.; INANAGA, S. Influence of salinity on emergence and early seedling growth of *Tamarindus indica* L. **European Journal of Horticultural Science**, Stuttgart, v. 69, n. 2, p. 79-81, 2004.

EL-SIDDIG, K.; GUNASENA, H. P. M.; PRASAD, B. A.; PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; RAMANA, K. V. R.; VIJAYANAND, P.; WILLIAMS, J. T. **Tamarind (*Tamarindus indica* L.)**. Southampton: International Centre for Underutilised Crops, University of Southampton 2006. 188 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

GEBAUER, J.; EL-SIDDIG, K.; SALIHC, A. A.; EBERT, G. *Tamarindus indica* L. seedlings are moderately salt tolerant when exposed to NaCl-induced salinity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 1-8, 2004.

GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F.; MASETTO, T. E.; SOUZA, L. C. F. Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.). **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 26, n. 4, p. 966-972, 2012.

GURUMURTHY, B. R.; NATARAJU, S. P.; RUDRAMURTHY, H. V.; SHIVANNA, M. B. Influence of soil salinity on relative biomass and critical limits of growth in selected tree species. **Karnataka Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 20, n. 1, p. 133-134, 2007.

HARDIKAR, S. A.; PANDEY, A. N. Growth, water status, and nutrient accumulation of seedlings of *Tamarindus indica* Linn. in response to soil salinity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 42, n. 14, p. 1675-1691, 2011.

HARTER, L. S. H.; HARTE, F. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 1, p. 80-85, 2014.

HUNSCHE, M.; BÜRLING, K.; SAIED, A. S.; SCHMITZ-EIBERGER, M.; SOHAIL, M.; GEBAUER, J.; NOGA, G.; BUERKERT, A. Effects of NaCl on surface properties, chlorophyll fluorescence and light remission, and cellular compounds of *Grewia tenax* (Forssk.) Fiori and *Tamarindus indica* L. leaves. **Plant Growth Regulation**, Berlin, v. 61, n. 3, p. 253-263, 2010.

LARSON, B. L. (Ed.). **Lactation**. Ames: The Iowa State University Press, 1985. 267 p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MEDEIROS, R. F.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F. O.; RODRIGUES, R. M.; SOUSA, G. G.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 505-511, 2011.

MELLEK, J. E.; DIECKOW, J.; SILVA, V. L.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F. M.; SOUZA, J. L. M. Dairy liquid manure and no tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 110, n. 1, p. 69-76, 2010.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, California, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.

NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; LIMA NETO, A. J.; REBEQUI, A. M.; DINIZ, B. L. M. T.; GHEYI, H. R. Comportamento de mudas de nim à salinidade da água em solo não salino com biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 11, p. 1152-1158, 2012.

OLIVA, M. A.; RINCÓN, R.; ZENTENO, E.; PINTO, A.; DENDOOVEN, L.; GUTIÉRREZ, F. Rol del vermicompost frente al estrés por cloruro de sodio en el crecimiento y fotosíntesis en plántulas de Tamarindo (*Tamarindus indica* L.). **Gayana. Botánica**, Concepción, v. 65, n. 1, p. 10-17, 2008.

PAZHANIVELAN, S. M.; AMANULLAH, M. K.; SATHYAMOORTHY, V. K.; RADHAMANI, S. Influence of planting techniques and amendments on the performance of

tamarind (*Tamarindus indicus*) and changes in soil properties in rainfed alkali soil. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, Amman, v. 4, n. 4, p. 285-288, 2008.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils**. Washington: United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160 p. (Agriculture, 60).

SILVA, A. F.; PINTO, J. M.; FRANÇA, C. R. R. S.; FERNANDES, S. C.; GOMES, T. C. A.; SILVA, M. S. L.; MATOS, A. N. B. **Preparo e uso de biofertilizantes líquidos**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, n. 130).

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011.

STUPIELLO, J. P.; MARINO, E. A.; CELINSKI, R. **Fermentação**. São Paulo: Copersucar, 1974.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.