

Avaliação da inoculação de *Rhizobium* e da adição do extrato de algas marinhas no desenvolvimento de mudas de Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*) em solo de área degradada da caatinga

O Bioma Caatinga é singular, e representa uma das florestas secas mais ricas do mundo em biodiversidade. No entanto, a constante interferência antrópica tem lhe conferido ao longo dos anos, fragilidades e degradação. Neste sentido, espécies nativas da Caatinga, como a Jurema Preta, têm sido recomendadas para recuperação destas áreas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de *Rhizobium* e da adição do extrato de algas marinhas no desenvolvimento de Jurema Preta em solo de área degradada da Caatinga. O experimento foi realizado com solo da área pertencente à Associação Florêncio José, próximo ao Distrito de Queimadas, município de João Câmara (RN). Para caracterizar e avaliar o estado de degradação da área, foram coletadas e analisadas amostras de solos da área conservada e degradada. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com 8 tratamentos (Testemunha nitrogenada (TN); *Rhizobium* (R); Extrato de alga marinha (EA); Esterco bovino (EB); Testemunha absoluta (TA); Extrato de alga marinha + N ureia (EA+N ureia); Extrato de alga marinha + *Rhizobium* (EA+R); Extrato de alga marinha + Esterco bovino (EA+EB)) e 4 repetições. Foram analisadas as seguintes variáveis: emergência, índice de velocidade de emergência, parâmetros de crescimento das plantas (altura, diâmetro do caule, comprimento de raiz, número de folhas), matéria seca e número de nódulos. Os resultados demonstraram que a adição de extrato de algas ou a inoculação com *Rhizobium* não promoveram o desenvolvimento vegetal. Contudo, o tratamento com adubação de esterco bovino (EB), proporcionou para todos os parâmetros avaliados, o melhor desenvolvimento das mudas de Jurema Preta sob as condições experimentais avaliadas.

Palavras-chave: *Rhizobium*; Lithothamnium; *Mimosa tenuiflora*; Degradação; Caatinga.

Evaluation of *Rhizobium* inoculation and the addition of seaweed extract in the development of Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*) seedlings in soil of Caatinga degraded area

The Caatinga Biome is unique and represents one of the richest dry forests in the world in biodiversity. However, the constant anthropic interference has given it, over the years, weaknesses and degradation. In this sense, native Caatinga species, such as Jurema Preta, have been recommended for the recovery of these areas. The objective of this work was to evaluate the effect of *Rhizobium* inoculation and the addition of seaweed extract on Jurema Preta development in Caatinga degraded soil. The experiment was carried out with soil from the Florêncio José Association, near Queimadas District, João Câmara (RN). To characterize and evaluate the state of degradation of the area, soil samples from the conserved and degraded area were collected and analyzed. The experiment was conducted in a randomized block design with 8 treatments (Nitrogen Witness (TN); *Rhizobium* (R); Seaweed Extract (EA); Bovine Manure (EB); Absolute Witness (TA); Seaweed Extract + N urea (EA + N urea); Seaweed Extract + *Rhizobium* (EA + R); Seaweed Extract + Bovine Manure (EA + EB)) and 4 repetitions. The following variables were analyzed: emergence, emergence speed index, plant growth parameters (height, stem diameter, root length, number of leaves), dry matter and number of nodules. The results showed that the addition of algae extract or *Rhizobium* inoculation did not promote plant development. However, the treatment with cattle manure (EB), provided for all parameters evaluated, the best development of Jurema Preta seedlings under the evaluated experimental conditions.

Keywords: *Rhizobium*; Lithothamnium; *Mimosa tenuiflora*; Degradation; Caatinga.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**


Received: **21/06/2019**

Approved: **22/07/2019**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Fabiola Gomes de Carvalho 
Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9156811797895394>
<http://orcid.org/0000-0001-6642-3880>
fabiola.carvalho@ifrn.edu.br

Iranilson Silva dos Santos
Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
<http://orcid.org/0000-0002-6346-0704>
iranilsonagron@hotmail.com

Apolino José Nogueira da Silva 
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4392068489182422>
<http://orcid.org/0000-0002-0560-6998>
ajndas@ufrnet.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2019.004.0019

Referencing this:

CARVALHO, F. G.; SANTOS, I. S.; SILVA, A. J. N.. Avaliação da inoculação de *Rhizobium* e da adição do extrato de algas marinhas no desenvolvimento de mudas de Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*) em solo de área degradada da caatinga. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.4, p.248-260, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.004.0019>

INTRODUÇÃO

O Bioma Caatinga é singular e representa uma das florestas secas mais ricas do mundo em biodiversidade. No entanto, a constante interferência antrópica tem ao longo dos anos, conferindo-lhe suscetibilidade à degradação. Sendo assim, o bioma apresenta algumas fragilidades, como por exemplo, o alto índice de desertificação ocasionado pelo desmatamento e baixo índice pluviométrico, necessitando urgentemente de projetos de reflorestamentos dessas áreas (PAREYN, 2010).

Dentre as espécies nativas da Caatinga com potencial de desenvolvimento em situações adversas, recomenda-se o cultivo da Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*), uma árvore de crescimento rápido e com boa capacidade de rebrota após o corte, aporte de matéria orgânica e nutrientes ao solo, como uma ótima opção para recuperação de áreas degradadas (QUEIROZ, 2009).

Na recuperação de áreas degradadas a fertilidade do solo pode ser reposta pelo aporte da matéria orgânica vegetal, adição de adubos, inoculantes ou de materiais, como os bioestimulantes vegetais obtidos de algas marinhas de plantas. Segundo Medeiros et al. (2010), o Brasil é considerado um país rico em diversidade de algas marinhas, que se distribuem em toda costa, sendo registrada a maior diversidade e abundância em áreas de substrato rochoso e águas claras da Região Nordeste. Porém, esta biomassa com alto valor nutritivo ainda não é aproveitada em quantidades significativas, podendo ser utilizada com finalidades lucrativas, gerando assim, emprego e renda.

Alguns estudos têm demonstrado efeitos benéficos da aplicação de extrato de algas marinhas nas plantas, apresentando resultados satisfatórios em todas as fases de desenvolvimento do vegetal tais como melhoria na germinação, estabelecimento das plantas, melhoria no desempenho e produtividade vegetal e resistência a estresses bióticos e abióticos (KHAN et al., 2009; JAYRAMAN et al., 2011). Alguns gêneros de algas possuem teores consideráveis de hormônios vegetais que facilitam ou auxiliam no desenvolvimento das plantas como auxinas, giberelinas e citocininas (MOONEY et al., 1986). Além disso, elas também apresentam elementos químicos, tais como nitrogênio, fósforo e potássio (YOKOYAMA et al., 1975), magnésio, manganês, zinco e boro (KINGMAN et al., 1982).

O crescimento dos vegetais depende diretamente de nutrientes específicos, como o N. Sabe-se que em ecossistemas naturais, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) acontece em maior escala através da relação simbiótica entre as leguminosas e bactérias do gênero *Rhizobium* (CLEVELAND et al., 2010). A vegetação da Caatinga apresenta uma ampla diversidade de plantas leguminosas, que tem capacidade de FBN, no entanto, estas plantas foram pouco estudadas (QUEIROZ, 2009; SOUZA et al., 2012).

Nessa perspectiva, insere-se a cidade de João Câmara (RN), localizada na Microrregião Baixa Verde do RN, que apresenta vegetação predominantemente da Caatinga e tem alto potencial para geração de energia através dos ventos. Com isso, parques eólicos tem se instalado em propriedades Camarenses, situadas em locais de difícil acesso e necessitando de construções de estradas. Atualmente, algumas propriedades agrícolas foram arrendadas e, ou alugadas para retirar o solo em quantidades significativas para construir vias de acesso e nivelamento das subestações dos aerogeradores levando consigo a camada

agricultável do solo que fica na parte superior, gerando um impacto pontual na paisagem e no solo devido o descobrimento do mesmo e facilitando o processo de degradação.

No entanto, ainda não foram empregadas tecnologias que acelerem ou facilitem a recuperação destas áreas. Dessa forma, justifica-se a realização do presente estudo utilizando insumos que buscam promover o desenvolvimento e a estabilização de plantas nativas da Caatinga, permitindo a recuperação de áreas degradadas e uso futuro do solo para cultivos agrícolas ou florestais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local da pesquisa e caracterização da área de estudo

O experimento foi realizado no período de abril a julho de 2019, na área pertencente à Associação Florêncio José, próximo ao Distrito de Queimadas, município de João Câmara (RN) (figura 1), com as seguintes coordenadas geográficas 5°21'33.9" S de latitude e 35°53'35.0" W de longitude. A referida área apresenta-se degradada, devido à extração de piçarra removida para construção de estradas e nivelamento de subestações de parques eólicos, apresentando como resultado a remoção de cobertura vegetal nativa e a exposição do solo as intempéries ambientais.

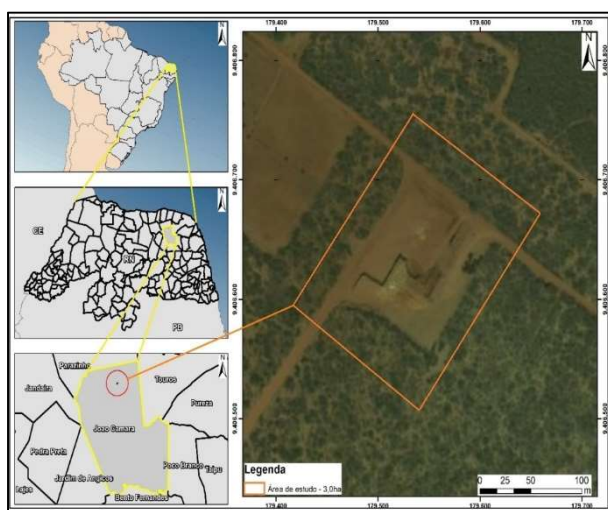


Figura 1: Mapa de localização da área em estudo: João Câmara (RN).

Para caracterizar a área degradada foram realizadas coletas de amostras do solo em uma profundidade de 20cm, sendo as amostras encaminhadas ao Laboratório de análises de solo, água e planta da Empresa de Pesquisa em Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN para processamento e análises de características físicas e químicas. Para avaliação do estado de degradação da área foram coletadas e analisadas amostras de solo em área remanescente e conservada.

As análises químicas e físicas dos solos seguiram as metodologias propostas pela EMBRAPA (2017), sendo determinados pH em H₂O; H + Al; Ca, Mg, K, Na, Al e P, carbono orgânico total, N total e condutividade elétrica. Na caracterização física foram determinados a granulometria, densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), e a determinação da retenção de água no solo através da determinação da água na capacidade de campo e do ponto de murcha permanente. A tabela 1 apresenta os resultados da

caracterização química e física do solo da área nativa e da área degradada.

Tabela 1: Caracterização química e física dos solos da área nativa e degradada.

Determinações	Área nativa	Área degradada
Determinações químicas		
pH em água (1:2,5)	4,3	4,5
Cálcio (cmol _c .dm ⁻³)	0,66	1,0
Magnésio (cmol _c .dm ⁻³)	0,31	1,0
Alumínio (cmol _c .dm ⁻³)	0,54	0,1
Hidrogênio + Alumínio (cmol _c .dm ⁻³)	2,6	1,5
Fósforo (mg.dm ⁻³)	2	1,0
Potássio (cmol _c .dm ⁻³)	0,1	0,1
Sódio (cmol _c .dm ⁻³)	0,26	0,3
Soma de Bases (cmol _c .dm ⁻³)	1,36	2,5
CTC Efetiva (cmol _c .dm ⁻³)	3,96	4,0
Saturação por Bases (100x S/CTC) %	34,28	62,0
Saturação por Alumínio (100xAl ³⁺ /CTC) %	13,65	3,1
PST (%)	6,6	7,6
Cond. Elétrica Extrato 1:5 (dS.m ⁻¹)	0,0212	0,1
Carbono (%)	0,23	0,5
Determinações físicas		
Densidade Global (kg.dm ⁻³)	1,4	1,5
Retenção de Umidade (1/3 de Atmosfera)	6,26	13,1
Retenção de Umidade (15 Atmosfera)	4,81	9,0
Granulometria		
Areia (g.kg ⁻¹)	859	702,5
Argila (g.kg ⁻¹)	20	20,0
Silte (g.kg ⁻¹)	121	277,5
Classificação Textural	Areia	Franco Arenoso

Espécie vegetal Jurema-Preta (*Mimosa tenuiflora*)

Para estudar o potencial de recuperação da área degradada foi utilizada a jurema-preta, cuja seleção foi baseada nos critérios de adaptação e ampla ocorrência no ecossistema local em estudo. As mudas de jurema preta foram obtidas através de sementes fornecidas pela Fazenda Experimental do Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Trópico Semiárido (NUPEÁRIDO), pertencente ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC) com 8 tratamentos e 4 repetições. Nos tratamentos foram testadas combinações que envolviam extrato de algas marinhas (EA), esterco bovino (EB), inoculação com *Rhizobium* (R), nitrogênio (N ureia), além das testemunhas absoluta (TA) e nitrogenada (TN).

Para a obtenção dos tratamentos com adição de extrato de algas marinhas foram utilizados 100g/vaso do extrato comercial, formulado a base de alga marinha da espécie *Lithothamnium sp.* Nos tratamentos com *Rhizobium*, o inoculante com a estirpe de *Rhizobium* BR 3405, fornecido pela EMBRAPA Agrobiologia, foi adicionado as sementes conforme instruções repassadas pela EMBAPRA Agrobiologia.

Nos tratamentos que receberam esterco bovino foi estabelecida a proporção de 3:1 (solo: esterco), conforme as recomendações de Araújo (2017). Para adubação da testemunha nitrogenada a ureia foi utilizada como fonte de nitrogênio, sendo a dosagem calculada de acordo com a necessidade identificada no solo, após a análise química.

Para a produção das mudas foram utilizados vasos plásticos com volume de 10 l, preenchido com solo da área degradada em mistura com esterco bovino, ureia e extrato de alga marinha, de acordo com cada tratamento. Em cada vaso foram semeadas sete sementes, ocorrendo o desbaste das plântulas aos 25 dias após a semeadura (DAS), permanecendo apenas duas plântulas por vaso (parcela) e todos os tratamentos receberam irrigação diária dos vasos até atingir cerca de 80% de capacidade de campo.

Variáveis vegetais analisadas: Emergência

A partir da semeadura ocorreram observações diárias visando contabilizar o número de sementes emergidas. As plântulas que apresentaram a alça do hipocótilo visível foram consideradas plântulas normais e emergidas (BRASIL, 2009). A porcentagem de germinação no teste padrão de germinação foi calculada com o uso da seguinte fórmula, sugerida por Hüller (2011): $\%G = \frac{N}{A} \times 100$, onde: N = número total de sementes germinadas e A = número total de sementes colocadas para germinar.

Índice de Velocidade de Emergência

Para avaliar o vigor das sementes, foi utilizado base de cálculo o modelo sugerido por Maguire (1962). O IVE é dado pela fórmula: $IVE = \frac{E1}{N1} + \frac{E2}{N2} + \frac{E3}{N3} + \dots + \frac{En}{Nn}$, onde: E1, E2, E3, En = número de plântulas na primeira, na segunda, na terceira e na última contagem. N1, N2, N3, Nn = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem. Os resultados foram obtidos a partir das observações e contagens das emergências diárias após a emergência das plântulas.

Parâmetro de crescimento das plantas (altura, diâmetro do caule, comprimento de raiz, número de folhas)

A avaliação dos parâmetros de crescimento das plantas ocorreu aos 65 dias após o desbaste, sendo a altura das plantas e o comprimento radicular mensurados com uso de régua graduada e o diâmetro do caule medido com auxílio de um paquímetro, realizando-se três medições, sendo a primeira medição realizada junto ao solo, a segunda no centro da planta e a terceira próximo a gema apical. Enquanto a determinação do número de folhas foi realizada de maneira direta, contabilizando o número de folhas de cada parcela. As plantas colhidas aos 65 dias após o desbaste, foram pesadas e submetidas à secagem em estufa a 65°C por 48 horas, obedecendo às recomendações de Lacerda et al. (2009), sendo os resultados expressos em gramas.

Análises estatísticas

Os dados coletados nas diferentes variáveis foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, visando à comparação das médias entre os tratamentos. Para o processamento das análises estatísticas, foi utilizado o software Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Porcentagem de emergência

Para a porcentagem de emergência não houve diferença estatística entre os tratamentos analisados (tabela 2). Contudo, convém observar que exceto pelo tratamento EA+R, todos os demais tratamentos obtiveram porcentagem de germinação superiores ao tratamento testemunha absoluta, ou seja, com a utilização de insumos como *Rhizobium*, extrato de algas ou adubo mineral houve estímulo à germinação das sementes (tabela 2).

Tabela 2: Porcentagem de germinação de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido à diferentes composições de substrato.

Tratamentos*	Emergência (%)
TN	82,00 a
R	71,50 a
EA	89,25 a
EB	100,00 a
TA	64,50 a
EA+N ureia	89,50 a
EA+R	64,50 a
EA+EB	93,00 a
FC	2,17
CV	22,40

Legenda: * Testemunha nitrogenada (TN); *Rhizobium* (R); Extrato de alga marinha (EA); Esterco bovino (EB); Testemunha absoluta (TA); Extrato de alga marinha + N ureia (EA+N ureia); Extrato de alga marinha + *Rhizobium* (EA+R); Extrato de alga marinha + Esterco bovino (EA+EB).

As sementes de jurema preta começaram a emergir no quarto dia em todos os tratamentos e estendeu-se até o oitavo dia nos tratamentos EB e EA+EB e ao nono dia após a semeadura nos demais tratamentos. Azevedo et al. (2012) registrou emergência dessa mesma espécie em solo de área degradada até o décimo primeiro dia após a semeadura. Alves et al. (2008) constatou emergência em sementes de *Erythrina velutina* Willd ao décimo dia após a semeadura em areia e vermiculita. Esses resultados são considerados importantes principalmente por se tratar de produção de mudas para recuperação de área degradada da Caatinga, no qual o objetivo é a formação de plantas desenvolvidas em um pequeno período e que promovam estabilização no campo e rápido crescimento.

Índice de velocidade de emergência

De acordo com os resultados obtidos foi possível observar que o índice de velocidade de emergência (figura 3) apresentou diferença significativa entre os tratamentos, onde o tratamento EB promoveu o maior índice de velocidade de emergência (7,80%), diferindo estatisticamente apenas do tratamento EA+R, que apresentou 4,28% como valor para o índice de germinação.

Resultados semelhantes foram obtidos por Cunha et al. (2006), que ao estudar o comportamento de *Acacia mangium* (Willd.) e *Acacia auriculiformis* (A. Cunn. Ex Benth.) em diferentes substratos, relatou que os melhores índices de emergência e crescimento de plântulas foram na presença de esterco bovino. Dantas et al. (2011) concluiu que os maiores valores de porcentagem e emergência em sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul foram obtidos em substratos com esterco caprino combinado com solo e areia na proporção

1:1:1.

Scalon et al. (2011) encontrou maiores valores de índice de velocidade de emergência no tratamento que havia maior quantidade de matéria orgânica no substrato que foi semeado sementes de pau ferro. A compreensão sobre os índices de velocidade de germinação e emergência é de grande relevância, pois através dessas informações pode ser realizada a seleção das melhores plantas para serem levadas ao campo, sendo de fundamental importância em projetos de restauração florestal (HÜLLER, 2011).

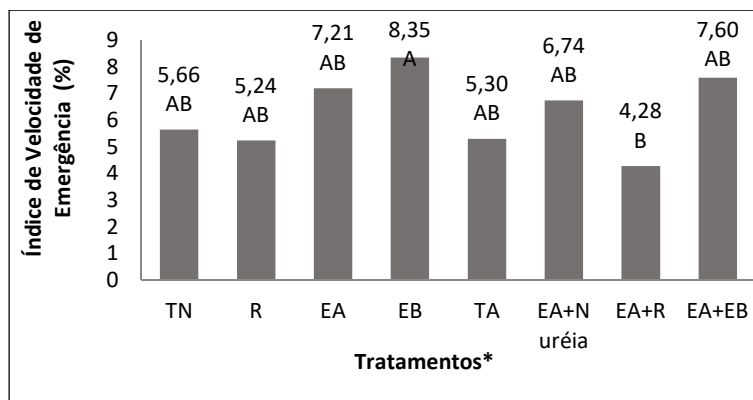


Figura 2: Índice de velocidade de emergência de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato. **Legenda:** *Testemunha nitrogenada (TN); *Rhizobium* (R); Extrato de alga marinha (EA); Esterco bovino (EB); Testemunha absoluta (TA); Extrato de alga marinha + N ureia (EA+N ureia); Extrato de alga marinha + *Rhizobium* (EA+R); Extrato de alga marinha + Esterco bovino (EA+EB).

Queda dos cotilédones

Na tabela 3, encontram-se as informações relacionadas a altura e diâmetro das plântulas de jurema preta, mensurados logo após a queda dos cotilédones, em seus respectivos períodos de dias após semeadura (DAS). As plântulas de jurema preta apresentaram cotilédones expostos, livres da parede do fruto, foliáceos (verdes, delgados e fotossintetizantes) e acima do nível do solo que se desprenderam entre 25 e 29 dias após a semeadura (DAS).

Tabela 3: Período de queda dos cotilédones, altura e diâmetro de plântulas de jurema preta.

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS*							
	TN	R	EA	EB	TA	EA+N ureia	EA+R	EA+EB
Período de queda dos cotilédones (dias)	27	29	26	25	27	28	29	25
Altura (cm)	4,9	4,3	4,2	6,3	5,3	5,4	5,3	6,2
Diâmetro (mm)	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2	0,3	0,4	0,4

Legenda: * Testemunha nitrogenada (TN); *Rhizobium* (R); Extrato de alga marinha (EA); Esterco bovino (EB); Testemunha absoluta (TA); Extrato de alga marinha + N ureia (EA+N ureia); Extrato de alga marinha + *Rhizobium* (EA+R); Extrato de alga marinha + Esterco bovino (EA+EB).

De forma geral, embora não tenha havido diferença significativa entre os tratamentos, podemos destacar que nos tratamentos EB e EA+EB, a queda dos cotilédones foi observada aos vinte e cinco após o plantio (DAS) e que neste período, as plântulas destes tratamentos mediam respectivamente, entre 6,3 e 6,2 cm de altura e 0,5 e 0,4mm de diâmetro basal do caule. Os tratamentos R e EA+R, que iniciaram a queda dos cotilédones aos vinte e nove dias após a semeadura (DAS) apresentaram com respectivamente, 4,3cm e 5,3cm de altura e 0,3 e 0,4mm de diâmetro basal do caule, respectivamente.

Altura da parte aérea

Em relação ao parâmetro altura de plantas foi observada diferença significativa entre os tratamentos avaliados, sendo o tratamento EB estatisticamente superior aos demais tratamentos (figura 3). Por sua vez, os tratamentos TA e EA+EB com 27,22 e 22,92 cm, respectivamente para altura de plantas não apresentaram diferença estatística entre si, mas foram superiores aos tratamentos TN, R, EA, EA+N ureia e EA+R. As médias de altura de plantas dos tratamentos TN, R, EA, EA+N ureia e EA+R não diferiram entre si, obtendo os menores resultados, sendo considerados impróprios para a produção de mudas de Jurema Preta.

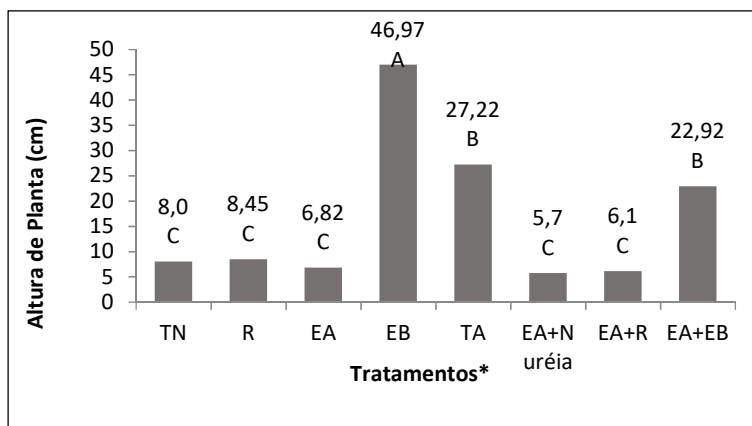


Figura 3: Altura de plantas em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.

Legenda: *Testemunha nitrogenada (TN); *Rhizobium* (R); Extrato de alga marinha (EA); Esterco bovino (EB); Testemunha absoluta (TA); Extrato de alga marinha + N ureia (EA+N ureia); Extrato de alga marinha + *Rhizobium* (EA+R); Extrato de alga marinha + Esterco bovino (EA+EB).

É importante destacar que houve redução das médias de altura de plantas obtidas para os tratamentos TN, R e EB quando comparadas aos seus respectivos tratamentos associados ao extrato de algas (EA + N, EA +R e EA + EB), demonstrando que nas condições avaliadas o extrato de algas causou efeito negativo sobre a altura das plantas, embora se desconheça o mecanismo relacionado. Resultados semelhantes foram obtidos por Nova et al. (2014), quando analisou o uso de alga de arribada combinada com esterco bovino no crescimento de *Moringa oleífera* e também por Araújo (2017), ao avaliar o crescimento de plantas de Catingueira em substratos contendo esterco bovino, areia e diferentes dosagens de pó de alga marinha (*Gracilaria birdiae*).

Os resultados promissores observados no tratamento EB podem ser justificados a partir do estudo conduzido por Trazzi et al. (2012), onde é relatado que a utilização de estercos de origem animal, como os estercos bovinos, para formulação de substratos para produção de mudas de espécies florestais, aumenta e disponibiliza nutrientes, elevando a soma de bases, a capacidade de troca de catiônica e a saturação por bases.

Comprimento de raiz

Em relação ao crescimento radicular, foi observado que o tratamento que recebeu esterco bovino (EB) foi significativamente superior aos tratamentos EA+N, EA, N, EA+R e TA, não havendo, contudo,

diferença estatística entre os tratamentos que receberam esterco bovino (figura 4). Este resultado representa uma vantagem para produção de muda de jurema preta por de acordo com Campos et al. (2002), plantas com sistema radicular desenvolvido apresentam maiores possibilidade de sobrevivência em situações adversas encontradas no campo.

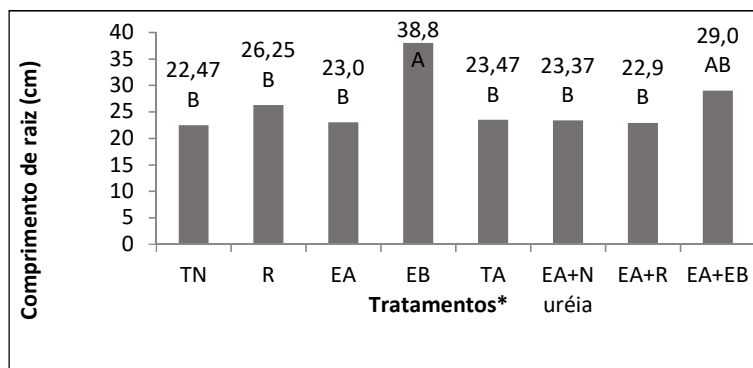


Figura 4: Crescimento de raiz de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato. **Legenda:** *Testemunha nitrogenada (TN); *Rhizobium* (R); Extrato de alga marinha (EA); Esterco bovino (EB); Testemunha absoluta (TA); Extrato de alga marinha + N ureia (EA+N ureia); Extrato de alga marinha + *Rhizobium* (EA+R); Extrato de alga marinha + Esterco bovino (EA+EB).

Além disso, notou-se mais uma vez efeito negativo da associação do extrato de algas marinhas em outro parâmetro de desenvolvimento de Jurema Preta avaliado, onde as reduções mais significativas foram observadas no tratamento EB, cuja média de crescimento radicular atingiu 38cm, enquanto no tratamento EA+EB a média observada foi de 29cm, ou seja, neste caso, as plantas na presença de *Lithothamnium* diminuíram comprimento de raiz em aproximadamente 24%.

Número de folhas

A figura 5 apresenta os resultados médios do número de folhas obtidos, onde o tratamento EB foi estatisticamente superior aos demais tratamentos. Por sua vez, os tratamentos EA+EB e TA não apresentaram diferença estatística entre si, mas foram superiores aos tratamentos TN, R, EA, EA+N ureia e EA+R, os quais não diferiram entre si, obtendo os menores resultados.

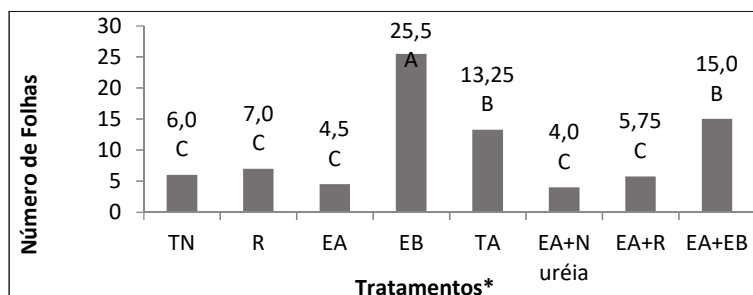


Figura 5: Número de folhas de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato. **Legenda:** *Testemunha nitrogenada (TN); *Rhizobium* (R); Extrato de alga marinha (EA); Esterco bovino (EB); Testemunha absoluta (TA); Extrato de alga marinha + N ureia (EA+N ureia); Extrato de alga marinha + *Rhizobium* (EA+R); Extrato de alga marinha + Esterco bovino (EA+EB).

Dantas et al. (2011) também encontrou efeito significativo em função de diferentes substratos no número de folhas quando analisou a produção de mudas de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.).

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2009) em plantas de mangabeira quando analisados o número de folhas submetidas em diferentes substratos, onde os tratamentos que havia esterco bovino descaram-se e deferiram-se dos demais. Silva et al. (2009) justifica esse comportamento em virtude a qualidade do substrato.

Diâmetro do caule

De forma geral, embora não tenha havido diferença significativa entre os tratamentos (figura 6), podemos destacar que nas mudas de jurema preta o maior de diâmetro do caule foi obtido no tratamento EB (4,6mm). Figueiredo (2010) observou que utilizando em seu estudo desenvolvido com três espécies florestais, que a jurema preta se destacou entre as demais espécies, apresentando maiores valores para o diâmetro basal. Santos et al. (2013) ao avaliar a qualidade de mudas de pau ferro sob o efeito de substratos e níveis de sombreamento, que os diâmetros mais representativos foram observados nas plantas adubadas com esterco bovino.

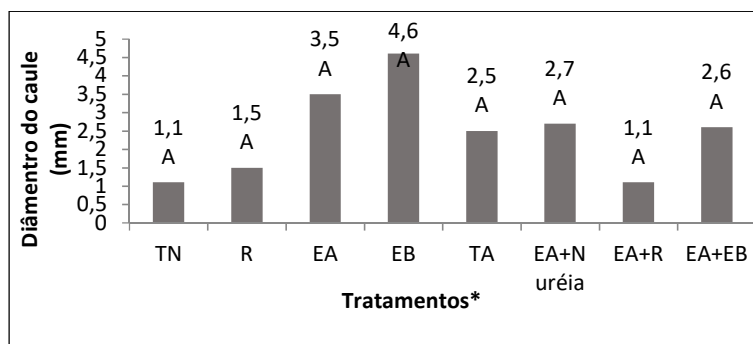


Figura 6: Número de folhas de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato. **Legenda:** *Testemunha nitrogenada (TN); *Rhizobium* (R); Extrato de alga marinha (EA); Esterco bovino (EB); Testemunha absoluta (TA); Extrato de alga marinha + N ureia (EA+N ureia); Extrato de alga marinha + *Rhizobium* (EA+R); Extrato de alga marinha + Esterco bovino (EA+EB).

Massa seca total

A figura 7 apresenta os resultados médios da massa seca total da parte aérea obtida nos diferentes tratamentos avaliados. Para produção de massa seca total da parte aérea foi observada diferença significativa entre os tratamentos avaliados, sendo o tratamento EB estatisticamente superior aos demais tratamentos (figura 7).

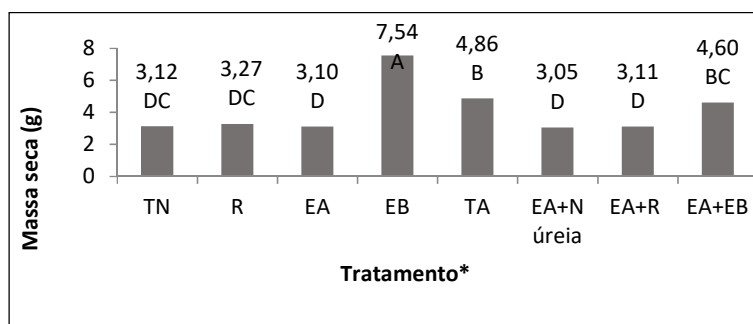


Figura 7: Massa seca de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato. **Legenda:** *Testemunha nitrogenada (TN); *Rhizobium* (R); Extrato de alga marinha (EA); Esterco bovino (EB);

Testemunha absoluta (TA); Extrato de alga marinha + N ureia (EA+N ureia); Extrato de alga marinha + *Rhizobium* (EA+R); Extrato de alga marinha + Esterco bovino (EA+EB).

Os resultados obtidos com a produção de massa seca, reafirmam a qualidade do esterco bovino para a formação de mudas de Jurema Preta. De forma geral, os resultados obtidos quanto a produção de massa seca total foi similar aos observados quanto ao comprimento da parte aérea, tanto para os tratamentos mais promissores, quanto para aqueles tratamentos que foram menos expressivos.

Número de nódulos

Após a colheita do experimento não foi identificada a presença de nódulos de rizóbio (nativo ou inoculado) nas raízes das plantas. Em relação à ausência de nodulação por espécies nativas, pode ser inferido que as condições de degradação do solo, interferiram na população de microrganismos capazes de nodular a Jurema preta, como o *Rhizobium*. De acordo com Souza et al. (2007) em um determinado local, a eficiência do processo simbiótico depende de fatores relacionados a planta hospedeira, a bactéria, ao clima e ao solo.

Por outro lado, a associação *Rhizobium*/Leguminosa é muito específica em espécies arbóreas e assim, por se ter como inoculante uma estirpe não específica para Jurema preta não foi possível se estabelecer nenhum processo simbiótico, identificável a partir da formação dos nódulos no sistema radicular. Desta forma, dado o grande potencial que representa a fixação simbiótica de nitrogênio com espécies arbóreas nativas para a recuperação de áreas degradadas da Caatinga é que se indica para os próximos estudos, a realização de pesquisas, visando isolar e identificar o potencial de espécies nativas de rizóbios, capazes de fixar eficientemente nitrogênio em associação com leguminosas de expressivo papel na recuperação de áreas degradadas, como a Jurema Preta.

CONCLUSÕES

A inoculação de *Rhizobium* e a adição do extrato de algas marinhas (*Lithothamnium*), ou a interação destes, não promoveu o desenvolvimento de jurema preta em solo de área degradada da Caatinga. De acordo com os resultados obtidos, foi observado que as mudas de Jurema Preta quando produzidas em substrato com adição de esterco de bovino, apresentaram resultados promissores em relação aos parâmetros de desenvolvimento vegetal avaliados.

Recomenda-se a realização de novos estudos que utilizem diferentes fontes e dosagens de extrato de alga marinha (*Lithothamnium*) e o uso de estirpes nativas de rizóbio, capazes de se associarem de forma específica e eficiente com leguminosas nativas de expressivo papel na recuperação de áreas degradadas, como a Jurema Preta.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. U.; ANDRADE, L. A.; BARROS, H. H. A.; GONÇALVES, E. P.; ALVES, A. U.; GONÇALVES, G. S.; OLIVEIRA, L. S. B.; CARDOSO, E. A.. Substratos para testes de emergência de plântulas e vigor de sementes de *Erythrina velutina* Willd., Fabaceae. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.1,

p.69-82, 2008.

ARAÚJO, J. M. H.. **Algas marinhas como bioestimulantes no crescimento inicial de espécies florestais da Caatinga**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade

Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2017.

AZEVEDO, S. M. A.; BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; FREIRE, A. L. O.. Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poirlet) em solos de áreas degradadas da caatinga. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.9, n.3, p.150-160, 2012.

BHOGAL, A.; NICHOLSON, F. A.; CHAMBERS, B. J.. Organic carbon additions: effects on soil bio-physical and physico-chemical properties. **European Journal of Soil Science**, v. 90, p.276-286, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2008.01105.x>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T.. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.281-288, 2002. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000300008>

CLEVELAND, C. C.; HOULTON, B. Z.; NEILL, C.; REED, S. C.; TOWNSEND, A. R.; WANG, Y. P.. Using indirect methods to constrain symbiotic nitrogen fixation rates: a case study from an Amazonian rain forest. **Biogeochemistry**, v.99, p.1-13. 2010. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10533-009-9392-y>

CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, F. T.. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia sp.* **Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.207-214, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200007>

DANTAS, B. F.; LOPES, A. P.; SILVA, F. F. S.; BATISTA, P. F.; PIRES, M. M. M. L.; ARAGÃO, C. A.. Produção de mudas de catingueira-verdadeira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) em função de substratos e luminosidades. **Científica**, Jaboticabal, v.39, n.2, p.34-43, 2011.

FERREIRA, D. F.. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45. **Anais**. São Carlos: UFSCar, 2000.

FIGUEIREDO, J. M.. **Revegetação de áreas antropizadas de Caatinga com espécies nativas**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.

HÜLLER, A.. **Restauração florestal através de semeadura direta de duas espécies nativas**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

JAYRAMAN, J.; NORRIE, J.; PUNJA, Z. K.. Commercial extract from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* reduces fungal diseases in greenhouse cucumber. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.23, p.353-361, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9547-1>

KHAN, W.; RAYIRATH, U. P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M. N.; RAYORATH, P.; HODGES, D. M.; CRITCHLEY, A. T.; CRAIGIE, J. S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B.. Seaweed extracts

as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, Chennai, v.28, p.386-399, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>

KINGMAN, A. R.; MOORE, J.. Isolation, purification and quantification of several growth regulating substances in *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyta). **Botanica Marina**, Hamburgo, v.25, p.149-153, 1982. DOI: <https://doi.org/10.1515/botm.1982.25.4.149>

LACERDA, M. J. R.; FREITAS, K. R.; SILVA, J. W.. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, p.185-190, 2009.

MAGUIRE, J. D.. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, p.176-177, 1962. DOI: <http://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MEDEIROS, R. C.; SOARES, A. T.; QUINTANEIRO, R. A.; ARRUDA, O. T. R.; AMORIM, J. D.; MELO, M. D.. Levantamento preliminar de macroalgas ocorrentes no litoral oriental do Rio Grande do Norte. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 62. **Anais**. Natal: SBPC, 2010.

MOONEY, P. A.; STADEN, J.. Algae and cytokinins. **Journal of Plant Physiology**, Lancaster, v.123, p.1-21, 1986. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(86\)80061-X](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(86)80061-X)

NOVA, L. L.; COSTA, M. M. S.; COSTA, J. G.; AMORIM, E. C. S.; GUEDES, E. A. C.. Utilização de "algas arribadas" como alternativa para adubação orgânica em cultivo de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Ouricuri**, Paulo Afonso, v.4, n.3, p.68-81, 2014.

PAREYN, F. G. C.. Os recursos florestais nativos e a sua gestão no estado de Pernambuco: o papel do manejo florestal sustentável. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Gestão Florestal para a Produção Sustentável de Bens e Serviços no Brasil**. Brasília: MMA, 2010. p.99-115.

QUEIROZ, L. P.. **Leguminosas da caatinga**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009.

SANTOS, L. W.; COELHO, M. F. B.; AZEVEDO, R. A. B.. Qualidade de mudas de pau-ferro produzidas em diferentes substratos e condições de luz. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.33, n.74, p.151-158, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.74.344>

SCALON, S. P. Q.; TEODÓSIO, T. K. C.; NOVELINO, J. O.; KISSMANN, C.; MOTA, L. H. S.. Germinação e crescimento de *Caesalpinia férrea* MART. EX TUL. em diferentes substratos. **Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.633-639, 2011.

SILVA, E. A.; MARUYAMA, W. I.; OLIVEIRA, A. C.; BARDIVIESSO, D. M.. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.925-929, 2009.

SOUZA, L. A. G.; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P.. Desenvolvimento e nodulação natural de

leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.207-221, 2007.
DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000200009>

SOUZA, L. Q.; FREITAS, A. D. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MOURA, P. M.; MENEZES, R. S. C.. How much nitrogen is fixed by biological symbiosis in tropical dryforests? 1. Trees and shrubs. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.94, p.171-179, 2012.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.. **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2017.

YOKOYAMA, M. Y.; GUIMARÃES, O.. Determinação dos teores de Na, K, P e proteínas em algumas algas marinhas. **Acta Biologica Paranaense**, v.4, p.19-24. 1975.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.