

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE

IRANILSON SILVA DOS SANTOS

**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**

NATAL
2019

IRANILSON SILVA DOS SANTOS

**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**

Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação) apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, Mestrado Profissional, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa de Sustentabilidade e Gestão dos Recursos Naturais.

Orientadora: Dra. Fabíola Gomes de Carvalho

NATAL

2019

Santos, Iranilson Silva dos.

S237a 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 / Iranilson Silva dos Santos. – Natal, 2019.

55 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

Orientador (a): Dra. Fabíola Gomes de Carvalho.

1. Rhizobium - Lithothaminum. 2. Mimosa tenuiflora. 3. Revegetação da caatinga. I. Carvalho, Fabíola Gomes de. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU 628.16.067.1

IRANILSON SILVA DOS SANTOS

**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**

Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação) apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, Mestrado Profissional, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa de Sustentabilidade e Gestão dos Recursos Naturais.

Orientadora: Dra. Fabíola Gomes de Carvalho

Dissertação apresentada e aprovada em 30/08/19, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Fabíola Gomes de Carvalho

Dra Fabíola Gomes de Carvalho – Presidente da Banca

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Gerda L. Pinheiro Camelo

Dra Gerda Lúcia Pinheiro Camelo – Avaliadora interna

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Luciana de Castro Medeiros

Dra. Luciana de Castro Medeiros – Avaliadora externa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dr. Apolino José Nogueira da Silva
Dr. Apolino José Nogueira da Silva – Avaliador externo

Escola Agrícola de Jundiá

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

A meu filho Anthony Isac e minha esposa Raquel Kellyane, pelo amor, paciência e dedicação. Vocês me impulsionam a seguir em frente e a lutar diariamente por dias melhores. Amo vocês.

Dedico

A meus pais Francisco Raimundo e Ivanilda Silva. Aprendi com vocês a simplicidade da vida e a importância da honestidade e persistência, sem dúvida, o incentivo que me fornecem me faz seguir adiante e realizar nossos sonhos.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao Deus do impossível, criador do universo.

A meu pequeno Isac, minha esposa Raquel, meus pais Francisco Raimundo e Ivanilda, meus queridos irmãos Ana Flávia, Isaías e Izabele. Minhas sobrinhas Ana Karolini e Ingrid Vítória, tias, tios, primos e amigos. Obrigado por tudo família, vocês são exemplo de vida e motivação!

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, e ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais pela oportunidade de realização do curso do mestrado.

Agradeço a minha orientadora, professora Dra. Fabíola Gomes de Carvalho e ao professor Dr. Apolino José Nogueira da Silva pela dedicação, competência e disponibilidade em sempre estar me auxiliando durante todo trabalho, com ajuda de vocês foi possível realizar mais um sonho.

Muito obrigado pelo carinho e contribuição das Doutoradas Gerda Lúcia Pinheiro Camelo e Luciana Castro Medeiros.

Gratidão pela vida de Zonir e seus filhos, Júnior e Jaqueline que durante todo mestrado me acolheram em sua residência, tornando minhas quintas-feiras mais divertidas.

Ao meu ex-chefe e amigo Dorgival Lima de Paula pela compreensão e parceria.

À amiga Sylbênia, pela divulgação da seleção e incentivo.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais e colegas da Turma 2017.2 pelo conhecimento, companheirismo e contribuição durante toda formação.

Obrigado por tudo!

RESUMO

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 lhe conferido fragilidades e degradação ambiental. 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 uréia (EA+N uréia); Extrato de alga marinha + *Rhizobium* (EA+R); Extrato de alga marinha + Esterco bovino (EA+EB)) e 4 repetições. 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.* As sementes foram colocadas em água quente com o objetivo de quebrar a dormência e semeadas em vasos de 10 L. Durante a condução do experimento todos os tratamentos receberam irrigação diária dos vasos até atingir cerca de 80% de capacidade de campo. Foram analisadas as 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 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*. Revegetação da Caatinga.

ABSTRACT

The Caatinga Biome is unique and represents one of the richest dry forests in the world in biodiversity. However, the constant anthropic interference over the years has given it fragilities and environmental 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 area soil. The experiment was carried out with soil from the Florêncio José Association area, 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 Dung (EA + EB)) and 4 repetitions. To obtain the treatments with the addition of seaweed extract was used 100g / pot of commercial extract, formulated based on *Lithothamnium* sp. The seeds were placed in hot water to break dormancy and sown in 10 L pots. During the conduction of the experiment all treatments received daily irrigation of the vessels until reaching about 80% of field capacity. 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 bovine manure (EB) treatment provided the best development of the Jurema Preta seedlings for all evaluated parameters under the evaluated experimental conditions.

Keywords: *Rhizobium*, *Lithothamnium*, *Mimosa tenuiflora*. Caatinga revegetation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1–	Mapa de localização da área em estudo (João Câmara-RN).....	25
Figura 2–	Esquema experimental de distribuição das mudas de jurema preta.....	28
Figura 3–	Índice de velocidade de emergência de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.....	35
Figura 4–	Crescimento de parte aérea de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.....	38
Figura 5–	Altura de parte aérea de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.....	38
Figura 6–	Crescimento de raiz de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.....	40
Figura 7–	Comprimento radicular de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.....	41
Figura 8–	Número de folhas de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.....	42
Figura 9–	Número de folhas de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.....	44
Figura 10–	Massa seca de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.....	45
Figura 11–	Esquema do produto final.....	60
Tabela 1–	Composição química do pó de alga marinha (<i>Lithothamnium sp</i>).....	29
Tabela 2–	Porcentagem de emergência de jurema preta em solo degradado	

	da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.....	33
Quadro 1–	Caracterização química e física dos solos da área nativa e degradada.....	27
Quadro 2–	Período de queda dos cotilédones, altura e diâmetro de plântulas de jurema preta.....	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO GERAL	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
2.1	BIOMA CAATINGA	16
2.2	SOLO DE ÁREA DEGRADADA	17
2.3	JUREMA PRETA (<i>Mimosa tenuiflora</i>)	18
2.4	BIOESTIMULANTES PARA VEGETAIS	20
2.4.1	Algas Marinhas	21
2.4.2	Inoculante com <i>Rhizobium</i>	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1	LOCAL DA PESQUISA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
3.2	ESPÉCIE VEGETAL JUREMA-PRETA (<i>Mimosa tenuiflora</i>)	27
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL PRODUÇÃO DAS MUDAS	28
3.4	PRODUÇÃO DAS MUDAS	29
3.5	VARIÁVEIS VEGETAIS ANALISADAS	30
3.5.1	Emergência	30
3.5.2	Índice de velocidade de Emergência	30
3.5.3	Queda dos cotilédones, altura e diâmetro das plântulas	31
3.5.4	Parâmetro de crescimento das plantas (altura, diâmetro do caule, comprimento de raiz, número de folhas)	31
3.5.5	Massa seca da parte aérea	32
3.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1	PORCENTAGEM DE EMERGÊNCIA	33
4.2	ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA	34
4.3	QUEDA DOS COTILÉDONES, ALTURA E DIÂMETRO DAS PLÂNTULAS	36
4.4	ALTURA DA PARTE AÉREA	37
4.5	COMPRIMENTO DE RAIZ	39
4.6	NÚMEROS DE FOLHAS	42

4.7	DIÂMETRO DO CAULE	43
4.8	MASSA SECA TOTAL	45
4.9	NÚMERO DE NÓDULOS	46
5	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	48
	APÊNDICE A – PRODUTO FINAL	60

1 INTRODUÇÃO

A Caatinga é uma das florestas secas mais ricas do mundo em diversidade de espécies (HOLZMAN, 2008). No entanto, é o ecossistema brasileiro menos estudado e proporcionalmente o menos protegido (LEAL *et al.*, 2007). Diversas espécies têm importância para a economia da região Nordeste e são utilizadas para produção de madeira, energia, alimentação animal e humana, medicina popular e, devido a elevada concentração de lignina em algumas, possuem potencial para a produção de biocombustíveis (FERREIRA *et al.*, 2014; MAIA, 2004; PAREYN, 2010).

A Caatinga está localizada exclusivamente na região de clima semiárido do Brasil, possuindo uma população numerosa que muitas vezes depende exclusivamente dos seus recursos florestais para sobrevivência. Desta forma, vem sendo explorada de forma irracional durante muitos anos (MAIA, 2004).

O Bioma Caatinga já foi explorado de alguma forma pelas ações humanas, seja para criação de animais, retirada de estacas para construções de cercas rurais, fonte de alimentação animal ou desmatamento para produção da lenha com a finalidade de queima utilizada pela unidade familiar. 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).

Com a remoção da vegetação nativa através de ciclos de corte, queima e remoção da parte superior do solo haverá perda de matéria orgânica e nutrientes essenciais para o desenvolvimento das culturas agrícolas, sobretudo de nitrogênio (N) e fósforo (P) presentes na biomassa (MENEZES *et al.*, 2012).

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, representa 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 por exemplo, os bioestimulantes de plantas. Entre os principais bioestimulantes mais usados no mundo encontram-se as algas marinhas.

Segundo Medeiros *et al.* (2010) o Brasil é considerado um país rico em diversidade de algas marinhas, que se distribuírem em toda costa. No Nordeste, a maior diversidade e abundância ocorre em áreas de substrato rochoso e águas claras. Essa região se destaca por suas belezas naturais em especial a faixa litorânea, no entanto, algumas regiões tem uma vasta quantidade de alga marinha à beira mar, tornando-se as praias menos atrativas, principalmente para banho. 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 citocinias (MOONEY e VAN STADEN, 1986). Além disso, elas também apresentam elementos químicos, tais como nitrogênio, fósforo e potássio (YOKOYAMA e GUIMARÃES, 1975), magnésio, manganês, zinco e boro (KINGMAN e MOORE, 1982).

O crescimento dos vegetais depende diretamente de nutrientes específicos, como o N. Segundo Johnson & Turner (2013), o N é um nutriente limitante ao crescimento das plantas e sua ausência poderá impedir que a planta complete seu ciclo de vida. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) transforma esse nutriente atmosférico indisponível aos vegetais em condições assimiláveis favorecendo o crescimento das plantas (FERNADES-JUNIOR; REIS 2008).

Sabe-se que em ecossistemas naturais a FBN acontece em maior escala através da relação simbiótica entre as leguminosas e bactérias do gênero *Rhizobium* (CLEVELAND *et al.*, 2010). Isso tem permitido que plantas arbóreas da família das leguminosas apresentem maior crescimento quando comparadas com plantas de outras famílias, em ambientes da mesma natureza ou com baixa quantidade de N (SYLLA *et al.*, 2002). Espécies como jureminha (*Desmanthus pernambucanus* (L.) Thell), o feijão-de-rolinha (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.) e a orelha-de-onça (*Macroptilium martii* (Benth.) Marechal e Baudet) apresentam excelente capacidade

de fixação biológica de nitrogênio podendo chegar a 85% de nitrogênio da atmosfera (FREITA *et al.*, 2011).

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.

Nesse contexto, justifica-se a realização dessa pesquisa 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. Além disso, recomenda-se a investigação do uso de bioestimulantes à base de algas marinhas e inoculantes à base de *Rizhobium*, pois, além de ser acessíveis ao mercado, são encontrados com facilidades na região, a baixo custo, e a utilização desses produtos tem o intuito de acelerar o processo do crescimento das plantas e melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo.

O presente trabalho foi elaborado com âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais com foco no Uso Sustentável dos Recursos Naturais do Instituto Federal de Ciências de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Considera-se que a produção de mudas de plantas nativas da Caatinga com a finalidade de recuperar áreas degradadas utilizando insumos a baixo custo e menos agressivos ao meio ambiente, atendem os requisitos proposto pelo programa de pós-graduação. O desenvolvimento desse trabalho ocorreu pelo envolvimento do autor com a Associação Florêncio José devido o desejo de solucionar

um problema local de interesse de diferentes envolvidos. Espera-se que os resultados dessa dissertação sirvam de norteamento para maximizar a produção de mudas e minimizar o problema de forma geral.

1.1 OBJETIVO GERAL

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.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A) analisar as interações entre *Rhizobium*, solo e alga marinha na produção de mudas de Jurema Preta;
- B) avaliar a associação *Rhizobium* / Jurema Preta para produção de mudas
- C) avaliar o efeito da alga marinha (*Lithothamnium*) como bioestimulante de mudas de Jurema Preta.
- D) avaliar parâmetros de desenvolvimento vegetal da Jurema Preta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico foi elaborado com ênfase nos principais assuntos abordados na pesquisa.

2.1 BIOMA CAATINGA

A Caatinga é o único bioma que se encontra exclusivamente no Brasil, apresentando uma área de aproximadamente 850.000 km² que corresponde a 11% do território brasileiro, localizando-se na região Nordeste e pequena parte da Região Sudeste (IBGE, 2004). Politicamente é composta pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Sergipe e parte de Minas Gerais (MMA, 2007).

Este bioma apresenta uma vegetação arbustiva-arbórea que durante a estação de seca apresenta uma acentuada queda foliar, além disso, baixos índices pluviométricos com variação de 500 a 700 mm anuais, temperaturas médias de aproximadamente 24 e 26 °C e clima semelhante ao do deserto são características desse bioma (SAMPAIO *et al.*, 2010).

A vegetação da Caatinga possui produção de biomassa considerada baixa em relação aos outros biomas. De acordo com Pareyn (2010) a Caatinga é explorada pelo desmatamento legal e ilegal, com finalidades voltadas para produção de madeira e uso alternativo do solo sendo esse com atividade vinculada à agricultura ou pastagem. As ações antrópicas têm favorecido a degradação ambiental da Caatinga principalmente pela retirada e queima da vegetação nativa, além das atividades de pecuária e cultivos agrícolas. Tais fatores proporcionam a inibição ou aumenta a dificuldade da regeneração natural do bioma (FERREIRA *et al.*, 2014) necessitando de ações voltadas à preservação dos recursos naturais.

Contudo, plantas da Caatinga geralmente são compostas por espécies que perdem suas folhas no período seco, adicionam a superfície do solo aproximadamente quatro toneladas de matéria seca de folhas e galhos, contribuindo com a reciclagem de nutrientes, favorecendo o crescimento e aumento da fertilidade do solo (ARAÚJO FILHO, 2013).

A Caatinga apresenta importância socioeconômica muito forte para os habitantes da região Nordeste, pois é nesse ambiente que boa parte dos moradores

retiram sua renda para manutenção de suas famílias. Medeiros *et al.* (2012) e Gariglio *et al.* (2010) confirmam que a Caatinga está entre os biomas de região semiárida mais populosa do planeta e que a subsistência dos moradores locais depende dos recursos naturais existente nele. Apesar dessa importância, a Caatinga é o bioma brasileiro menos estudado, havendo necessidade de novas pesquisas que tenham caráter social, ambiental e econômico (SANTOS *et al.*, 2011).

2.2 SOLO DE ÁREA DEGRADADA

O solo é um recurso natural de imensa importância para o desenvolvimento local ou regional, podendo oferecer suporte à subsistência de qualquer ser vivo. Ele proporciona o funcionamento dos ecossistemas e representa um balanço entre as frações sólida, líquida e gasosa (ARAÚJO e MELO, 2012; SANTOS *et al.*, 2008;). Segundo Barbosa (2015) aproximadamente 75 milhões de toneladas de solo anualmente são perdidos, esse fato acelera a degradação do solo e desertificação em que hoje é um problema vivenciado por brasileiros do Nordeste.

No entanto, a maneira como ele é explorado pode favorecer diretamente a permanência de organismos vivos na área explorada ou ao entorno dela, pois a alteração delas poderá influenciar no desenvolvimento de algumas atividades que esse recurso pode oferecer como o cultivo de plantas, criação de animais e preservação da natureza.

Os solos da Caatinga são variados podendo se encontrar solos rasos e pedregosos a solos profundos e fisicamente estruturados, ficando descobertos em boa parte do ano e quando associados as condições naturais e antrópicas, como corte das árvores e uso de máquinas agrícolas com o objetivo de preparar o solo para cultivo agrícola, contribuem diretamente para a degradação dessas áreas dificultando a rebrota de algumas espécie vegetais e facilitando o processo de desertificação (AGRA *et al.*, 1996; IBGE, 2004; MELO, 2002).

No entanto, a alteração do solo de uma área não significa que ele está degradado, e para que isso aconteça é necessário que esta área tenha perdido a capacidade de produzir, necessitando de práticas de manejo para obter a mesma capacidade de outrora (WADT *et al.*, 2003). De acordo com Ferreira *et al.* (2014) a degradação do solo na região Nordeste tem fortes influências da ação antrópica.

Atualmente, com a expansão da energia eólica na região Nordeste e em especial no Estado do Rio Grande do Norte, têm se observado que o índice de degradação do solo vem aumentando devido ao desmatamento da vegetação nativa e descobrimento do solo para aberturas de estradas. Além disso, a abertura das jazidas que formam grandes buracos ocasionados pela retirada da piçarra, tem se ampliado devido à piçarra ser um composto formado principalmente por silte, areia e cascalho, de baixo custo e encontrado em abundância na Caatinga (LIMA *et al.*, 2015). No entanto, as aberturas dessas jazidas promovem um impacto ambiental gigantesco, pois, causam alterações visuais na paisagem, eliminam parte da diversidade biológica e degrada facilmente o solo (SILVA *et al.*, 2012).

Uma das características mais comuns dos solos degradados são os baixos teores de matéria orgânica, dificultando a disponibilidade de nutrientes ao longo do cultivo ou desenvolvimento da planta, obtendo como resultado menores produções devido a deficiência nutricional da cultura e impossibilitando que a mesma complete seu ciclo ou expresse seu potencial genético no aspecto produtivo (SANTOS *et al.*, 2001).

Para recuperação de áreas degradadas é necessário a adição de um conjunto de medidas que forneçam condições suficientes para que haja melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo, bem como cuidados específicos que promovam adaptabilidade da espécie vegetal ao ambiente a ser recuperado (LIMA *et al.*, 2015).

A recuperação de uma área degradada pode ser influenciada por vários fatores, principalmente pelos recursos que estão disponíveis e próximos a área que será recuperada.

2.3 JUREMA PRETA (*Mimosa tenuiflora*)

A família Fabaceae (Leguminosae) é uma das mais abundantes no que se refere à quantidade de espécies já descritas e apresenta importância econômica e ambiental. As leguminosas são caracterizadas pela emissão de vagem e formação de nódulos em suas raízes, os quais fixam nitrogênio do ar atmosférico com o auxílio de microrganismos. Algumas plantas dessa família de porte arbóreo são indicadas para recuperação de áreas degradadas, principalmente em regiões da caatinga, por

apresentarem capacidade de crescer em condições adversas e proporcionar melhorias ao meio ambiente (LIMA, *et al.*, 2015; RODRIGUES, 2013).

A jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) é uma espécie nativa da caatinga, pertencente à família das leguminosas, apresentando porte arbóreo e podendo atingir até 7 metros de altura (ARAÚJO FILHO, 1998; FIGUEIRÔA *et al.* 2005). Segundo Camargo-Ricalde (2000) ela é oportunista e secundária, apresentando resistência a fatores bióticos e abióticos, sendo tolerante ao estresse hídrico e a diferentes condições físicas e químicas do solo.

De acordo com Oliveira *et al.* (2006) a jurema preta é uma espécie que se encontra facilmente na região Nordeste, sendo frequentemente comercializada nessa região com a finalidade de produção de energia, alimentação animal, estacas de madeira para construção rural e uso com finalidades farmacêuticas para animais e seres humanos. Estudos realizados por Bezerra *et al.*, (2009) utilizando *Mimosa tenuiflora* em forma de extrato para controle de mastite em bovinos, observaram que essa espécie apresenta ação antimicrobiana auxiliando o tratamento de mastite clínica ou subclínica.

Segundo Araújo Filho (2013) a alimentação de caprinos pode ser fornecida ou suplementada pelas folhas de jurema preta no período chuvoso, pois nesse período as folhas estão verdes e a participação na dieta corresponde a um percentual de até 50%. Araújo Filho *et al.* (1995) relatam que o manejo controlado de plantas arbóreas e invasoras como a jurema-preta aumentou o índice de massa seca em áreas de pastagem no Bioma Caatinga, possibilitando atividades economicamente viáveis e ecologicamente sustentáveis.

Além disso, a jurema-preta pode ser utilizada como espécie para recuperação de áreas degradadas (ARAÚJO FILHO e CARVALHO, 1996; AZEVEDO *et al.*, 2012) em solos da caatinga, pois além de ser nativa, apresenta sistema radicular profundo, resistência a ambientes secos e a solos pobres em matéria orgânica, uma vez que essa cultura é bastante resistente em ambientes adversos, mesmo que eles tenham sofrido ações antrópicas. Dentro desse contexto, a jurema preta estrutura a área nas primeiras fases da sucessão, facilitando o surgimento de novas plantas e de outras espécies. Isso acontece devido seu porte arbóreo, a queda de suas folhas que proporciona a cobertura do solo e o aumento da fertilidade promovido pela decomposição das folhas e galhos (MAIA, 2004).

Plantas com características como as da *Mimosa tenuiflora* podem utilizar tecnologias de baixo custo que favoreçam seu desenvolvimento, acelerando seu crescimento para que haja a estabilização em áreas adversas.

Diante disso, observa-se que o cultivo da jurema preta é uma alternativa eficiente para geração de emprego e renda para agricultores da região Nordeste, pois mesmo em condições de baixas pluviosidades a rusticidade da cultura supera tais condições.

2.4 BIOESTIMULANTES PARA VEGETAIS

Os bioestimulantes estão regulamentados na legislação brasileira através do Decreto nº4.954/04 (MÓGOR *et al.*, 2008) sendo definidos por vários autores como substâncias naturais ou sintéticas, provenientes da associação de mais de um biorregulador de crescimento e desenvolvimento de plantas, podendo ser aplicado direta ou indiretamente no vegetal, além disso, devem ser isentos de substâncias agrotóxicas.

Estas substâncias destacam-se por serem consideradas como tecnologias de baixo custo, menos agressivas ao meio ambiente e apresentam bons resultados no desenvolvimento das plantas, pois, auxiliam na complementação de nutrientes e conseguem substituir os insumos químicos sem comprometer o crescimento dos vegetais. Muitos biorreguladores aumentam a capacidade das plantas em absorver água e nutrientes devido à divisão celular e estimulação do sistema radicular, além de fortalecer as plantas condições para suportar situações adversas, como o estresse hídrico (NEUMANN *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2008; VASCONCELOS, 2006; VIEIRA e CASTRO, 2004). Tais características facilitam o desenvolvimento das plantas durante a fase inicial, principalmente durante crescimento ainda na fase de mudas, bem como a estabilização destas no campo e principalmente em biomas com predominância de longos períodos de estiagem, como é o caso do Bioma Caatinga.

A utilização de bioestimulantes na agricultura vem sendo estudada há décadas e por vários autores (ÁVILA *et al.*, 2008; CAMPOS *et al.*, 2008; MÓGOR *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2011; SANGHA *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2008) pois, os bioestimulantes resultam em efeitos positivos na maioria das características fisiológicas das plantas. Entre os biorreguladores mais usados na agricultura mundial

encontram-se as algas marinhas, em especial a *Ascophyllum nodosum* (NEUMANN *et al.*, 2012; SANGHA *et al.*, 2014).

Observa-se que a produção de mudas se constitui em uma das etapas mais importantes do sistema produtivo, influenciando diretamente o sucesso do cultivo. Estudos realizados por Rós *et al* (2015) com objetivo de analisar a influência do bioestimulante comercial Stimulate® sobre o crescimento inicial de raízes tuberosas de batata-doce, evidenciaram que foram positivos para as variáveis número de raízes adventícias e de número de folhas por planta. Fernandes *et al.* (2002) analisaram o efeito do *Lithothamnium* em combinações de esterco de vaca, húmus de minhoca e cama de frango sob o manejo de diferentes lâminas de irrigação na produção de mudas de pimentão e concluíram que os melhores crescimento e desenvolvimento de plantas de pimentão foram encontrados na presença de *Lithothamnium* e húmus de minhoca.

Diante disso, a literatura científica mostra que o uso de biorreguladores de plantas torna-se uma alternativa interessante e viável para o cultivo de plantas.

2.4.1 Algas marinhas

Algas marinhas são organismos pluricelulares considerados plantas fotossintetizantes, compostos basicamente por clorofila e pigmentos acessórios, apresentando capacidade de assimilar substâncias orgânicas que são fundamentais ao seu metabolismo normal. Além disso, podem ser classificadas com base em sua coloração, sendo divididas em três grandes grupos: algas marinhas pardas, com coloração variando de marrom escuro a um marrom próximo ao verde oliva, classificadas em *feofíceas*; as de coloração avermelhada que embora em campo assemelhem-se às algas verdes ou pardas, são classificadas em *rodofíceas*; e por último as de coloração verdes, classificadas em *clorofíceas* (BONEY, 1966; SILVA, 2012).

Estudos revelam que desde o período da pré-história as algas marinhas eram usadas na alimentação dos seres humanos e com finalidades farmacêuticas. Atualmente elas podem ser empregadas como agentes emulsificantes, estabilizantes e espessantes, apresentando características ideais para o uso das indústrias de cosméticos, alimentos, medicamentos, petrolífera, biotecnológica e agrícola (COSTA *et al.*, 2014)

Vila Nova *et al.* (2014) relatam que as algas marinhas vêm sendo utilizadas como bioestimulantes há séculos, podendo ser comercializadas em formas de extratos líquidos ou sólidos, e podem oferecer vantagens superiores em relação aos fertilizantes químicos. A possibilidade do uso das algas marinhas como fertilizante se dá devido aos altos teores encontrados de potássio, nitrogênio e cálcio, sendo esses nutrientes essenciais para que plantas completem seu ciclo de vida.

O uso de algas marinhas como bioestimulante natural está ganhando espaço no mercado agrícola, pois há lacunas de produtos naturais que atendam aos princípios da agricultura orgânica. Atualmente, comercializam-se bioestimulantes à base de algas marinhas como sendo sintetizadores de hormônio de crescimento vegetal (STIRK *et al.*, 2003). Segundo Rodrigues (2008) o uso de fertilizantes formulados à base de algas marinhas foi autorizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A utilização de algas marinhas para a produção de mudas de qualidade tem apresentado ótimos resultados, no entanto as espécies mais estudadas nesse aspecto são as frutíferas (OLIVEIRA *et al.*, 2011; SILVA, 2011). Os benefícios que as algas marinhas oferecem aos vegetais estão intimamente relacionados com a melhoria na germinação, divisão celular, assimilação de nutrientes, síntese de proteína, aumento no conteúdo da clorofila e ainda podem favorecer o solo devido o aumento do sistema radicular e da atividade microbiológica (NORRIE, 2001).

Para Abetz (1980) a utilização de algas marinhas na agricultura objetiva estimular o crescimento das plantas, podendo ser utilizado como uma alternativa durante o preparo do composto orgânico e, assim, ser uma alternativa ambientalmente e economicamente viável, reduzindo a poluição visual das praias e aumentando a opção de recursos naturais para recuperação de áreas degradadas.

Porém, estudos com a utilização do extrato de algas marinhas como bioestimulantes de plantas nativas ainda são escassos, necessitando de novos testes científicos (NORRIE, 2008).

2.4.2 Inoculante com *Rhizobium*

Os inoculantes são produtos formados a partir da utilização de microrganismos (bactérias e fungos) com ação benéfica e favorecem potencialmente o crescimento vegetal. A tecnologia desses microrganismos associados às plantas de interesses

agrícolas tem gerado resultados satisfatórios, tanto no aspecto econômico como ambiental (BARBOSA, 2013).

Na biodiversidade encontram-se os microrganismos que apresentam fundamental importância no equilíbrio dos ecossistemas, participam dos processos biogeoquímicos e na ciclagem de nutrientes, contribuindo diretamente na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, no entanto, são sensíveis às ações antrópicas (ARAÚJO e MELO, 2012; BARBOSA, 2013). Os microrganismos são numerosos e podem ocupar 0,5% do espaço poroso do solo e essa porcentagem pode aumentar nas regiões preenchidas por raízes, em função de substâncias liberadas por elas (FIGUEIREDO *et al.*, 2008; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Existem diversos grupos funcionais de microrganismos atuando diretamente no solo, entre eles as bactérias do gênero *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*, *Azospirillum* e *Mesorhizobium*. Entre suas principais funções está a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico que formam estruturas especializadas, denominadas nódulos, e não causam danos à planta hospedeira, pois, apresentam relações simbióticas auxiliando no crescimento e desenvolvimento das plantas (FIGUEIREDO *et al.*, 2008; VARGAS e HUNGRIA, 1997).

Bactérias do gênero *Rhizobium* podem viver no solo, utilizando diferentes fontes de energia para seu metabolismo. Além disso, podem formar associações simbióticas com plantas da família das leguminosas, pois fixam o nitrogênio atmosférico para as plantas e solo e, em contrapartida, as plantas liberam carboidratos para a manutenção dessas bactérias. Entre os grupos dos principais microrganismos com tais funções, encontram-se os de crescimento rápido e os de crescimento lento, do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, respectivamente (BARBOSA, 2013; FIGUEIREDO *et al.*, 2008).

Nas regiões tropicais e temperadas existem naturalmente *Rhizobium*, embora, nas áreas tropicais sejam mais consideráveis quantitativamente. No Nordeste brasileiro, essas bactérias foram encontradas em grande escala, tanto em áreas de temperaturas amenas quanto no semiárido, constatando-se a tolerância desse microrganismo a condições adversas e o fortalecimento das plantas em mesma situação, proporcionado pela presença deles (VIEIRA *et al.*, 2008). Segundo Xavier (2006) os *Rhizobium* proporcionam diversos benefícios às plantas como disponibilidade de nitrogênio e fósforo, proteção contra pragas e doenças e

resistências a fatores climáticos. Tais benefícios podem ser alcançados em ambientes tropicais.

Estudos realizados com *Rhizobium* têm ganhado espaço na área das ciências agrárias, contemplando principalmente as culturas de interesse agrícola, sendo utilizada com objetivo de aumentar a produção nas culturas do feijão (BERTOLDO *et al.*, 2015), soja (ZOBIOLE, *et al.*, 2010) e amendoim (SANTOS *et al.*, 2007). No entanto, o uso desse microrganismo para plantas de grande porte ainda é incipiente, necessitando de novas investigações científicas.

Rodrigues (2013) relata que nos últimos 12 anos trabalhos com objetivo de avaliar a eficiência dos *Rhizobium* em plantas da Caatinga foram iniciados com base em Teixeira *et al.* (2006) que realizou associação das bactérias com a camaratuba (c). Assim, nota-se que estudos que envolvam *Rhizobium* associados às plantas nativas da Caatinga ainda são necessários, para que haja uma melhor propagação e implantação da informação pela sociedade.

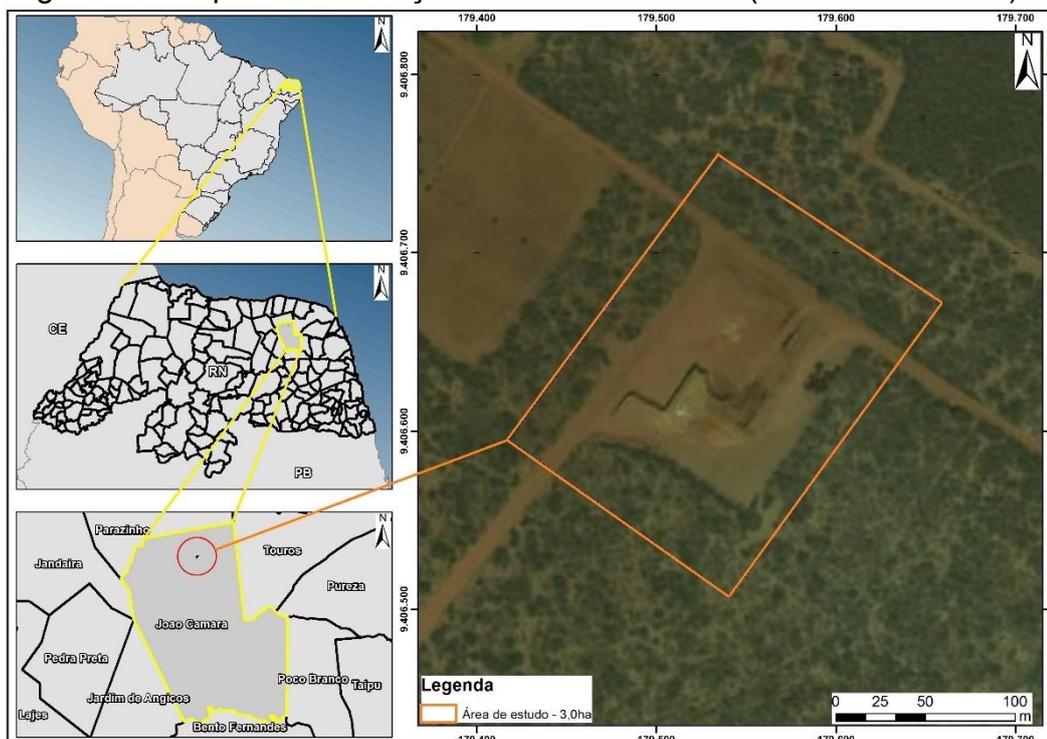
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa seção, serão apresentados todos os procedimentos experimentais e o delineamento experimental da pesquisa.

3.1 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.

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



Fonte: Elaboração própria em 2018.

O experimento foi realizado em viveiro com dimensões de 5,0 m x 5,0 m e altura de 1,5 m. A cobertura e laterais foram revestidas com malhas de sombrite com 50% de sombreamento. Com o objetivo de impedir a passagem da água da chuva, foi colocada uma lona plástica para ser utilizada durante a chuva e retirada ao finalizar.

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.

Para caracterizar a área degradada foram realizadas coletas de amostras do solo com o auxílio de um cavador (boca de lobo) em uma profundidade de 20 cm. As amostras de solo coletadas foram 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 por Teixeira (2017), sendo determinados pH em H₂O; H + Al; Ca, Mg, K, Na, Al, P, carbono orgânico total, N total e condutividade elétrica. Após a obtenção dos dados das análises químicas, foram calculados:

A) Soma de bases (SB):

$$SB = Ca + Mg + K + Na \text{ (cmol}_c\text{/dm}^3 \text{ de solo)}$$

B) Capacidade de troca de cátions efetiva (t):

$$t = SB + Al \text{ (cmol}_c\text{/dm}^3 \text{ de solo)}$$

C) Capacidade de troca de cátions total (T):

$$T = SB + (H + Al) \text{ (cmol}_c\text{/dm}^3 \text{ de solo)}$$

D) Porcentagem de saturação por bases (V%):

$$V = \frac{SB}{T} \cdot 100$$

E) Porcentagem de sódio trocável (PST %):

$$PST = \frac{Na}{T} \cdot 100$$

F) Porcentagem de saturação por alumínio (m%):

$$m = \frac{Al}{t} \cdot 100$$

Na caracterização física foram determinados:

A) Granulometria - é dada em g kg⁻¹.

B) Densidade do solo (Ds) - é dada em kg dm⁻³.

C) Capacidade de campo (CC) - retenção de água no solo na tensão de 1/3 de atmosfera. É dada em %.

D) Ponto de Murcha Permanente (PMP) - retenção de água no solo na tensão a 15 atm. É dada em %.

O Quadro 1 apresenta os resultados da caracterização química e física do solo da área nativa e da área degradada.

Quadro 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)	2,0	1,0
Potássio (cmol _c .dm ⁻³)	0,1	0,1
Sódio (cmol _c .dm ⁻³)	0,26	0,3
SB (cmol _c .dm ⁻³)	1,33	2,4
CTC Efetiva (cmol _c .dm ⁻³)	1,87	2,5
Valor V (%)	33,84	61,54
m (%)	28,89	4,0
PST (%)	2,54	2,56
Cond. Elétrica Extrato 1:5 (dS.m ⁻¹)	0,0212	0,1
Carbono (%)	0,23	0,5
Determinações físicas		
Ds (kg.dm ⁻³)	1,4	1,5
CC (%)	6,26	13,1
PMP (%)	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

Fonte: Empresa de Pesquisa em Agropecuária do Rio Grande do Norte (2018).

3.2 ESPÉCIE VEGETAL JUREMA-PRETA (*Mimosa tenuiflora*)

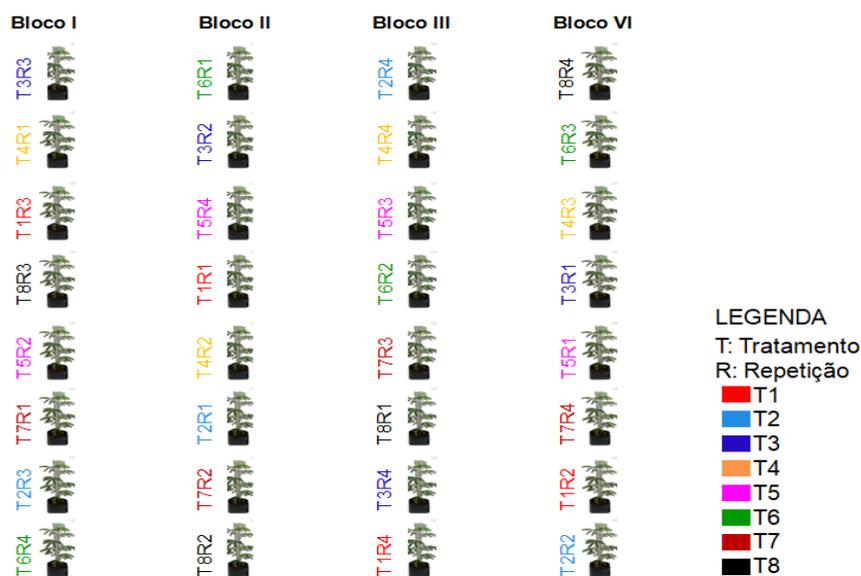
Para estudar o potencial de recuperação da área degradada foi utilizada a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), cuja seleção foi baseada nos critérios de adaptação e ampla ocorrência no ecossistema local em estudo.

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).

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC) com 8 tratamentos e 4 repetições (Figura 2).

Figura 2 – Esquema experimental de distribuição das mudas de jurema preta.



Fonte: Elaboração própria em 2019.

Os tratamentos aplicados ao experimento estão descritos abaixo:

TN - Testemunha nitrogenada – aplicação do fertilizante nitrogenado (ureia) de acordo com a análise do solo;

R – Inoculação com *Rhizobium*

EA – *Rhizobium*

EB – Esterco bovino

TA – Testemunha absoluta – sem aplicação de fertilizantes.

EA + N uréia – Extrato de algas marinhas + fertilizante nitrogenado (uréia)

EA + R – Extrato de alga marinha + *Rhizobium*

EA + EB - Extrato de alga marinha + Esterco bovino

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*, cuja composição é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química do pó de alga marinha (*Lithothamnium sp.*).

Macronutriente	Índice em 1g	Q média	Micronutriente	Índice*	Q média
C	ppm	4982,5	Se	ppm	10,5
Na	%	0,75	Mn	ppm	151
K ₂ O	%	0,025	Cu	ppm	8,5
P ₂ O ₅	%	0,075	Zn	ppm	16,5
SiO ₂	%	0,745	Co	ppm	8,5
S	%	0,245	Ni	ppm	11,5
Ca	%	32,95	B	ppm	7,5
Mg	%	3,5	V	ppm	11,5
			Cr	ppm	5,125

Fonte: Fornecido pela empresa revendedora em 2019.

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 EMBRAPA Agrobiologia, para tanto, foi preparada uma mistura de 500g de inoculante com 1L solução açucarada (40% em água). Após as sementes serem inoculadas, as mesmas foram deixadas secando à sombra e ao perceber que o inoculante estava bem aderido as sementes realizou-se o plantio.

Nos tratamentos que receberam esterco bovino foi estabelecida a proporção de 3:1 (solo: esterco), conforme as recomendações de Araújo *et al.*, (2015).

Para adubação da testemunha nitrogenada a uréia foi utilizada como fonte de nitrogênio, sendo a dosagem calculada de acordo com a necessidade identificada no solo, após a análise química. Neste caso, a dose recomendada foi de 0,20 g de uréia/vaso sendo esta quantidade parcelada e aplicada da seguinte forma: 1/3 no plantio e 2/3 ao longo do experimento.

Durante a condução do experimento todos os tratamentos receberam irrigação diária dos vasos até atingir cerca de 80% de capacidade de campo; além disso, foi realizada a catação manual diária de larvas de insetos e retirada de plantas invasoras.

3.4 PRODUÇÃO DAS MUDAS

Para a produção das mudas foram utilizados vasos plásticos com volume de 10 L. Cada vaso foi preenchido com solo da área degradada em mistura com esterco bovino, ureia e extrato de alga marinha, de acordo com cada tratamento.

As sementes foram colocadas em água quente com o objetivo de quebrar a dormência. Para realizar essa prática as sementes de jurema preta foram envolvidas

em um lenço de pano fino imersas durante 25 segundos em água quente (100 °C). Após esse procedimento, as sementes foram retiradas da água quente e submetidas a um jato de água fria de torneira durante 30 segundos.

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).

3.5 VARIÁVEIS VEGETAIS ANALISADAS

Nessa seção, segue a metodologia das variáveis analisadas durante a pesquisa.

3.5.1 Emergência

A partir da semeadura ocorreram observações diárias visando contabilizar o número de sementes emergidas. Estas observações seguiram até que o número de plântulas emergidas tornasse constante. 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;

A = número total de sementes colocadas para germinar.

3.5.2 Índice de Velocidade de Emergência

Para avaliar o vigor das sementes, foi necessário avaliar o índice de velocidade de emergência (IVE) tendo como base de cálculo o modelo matemático 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 após a semeadura em relação à primeira, segunda, terceira e última contagem.

Os resultados foram obtidos a partir das observações e contagens das emergências diárias após a emergência das plântulas.

3.5.3 Queda dos cotilédones, altura e diâmetro das plântulas

O experimento foi acompanhado diariamente, anotando-se a emergência e queda dos cotilédones.

A altura e diâmetro das plântulas de jurema preta foram mensurados logo após a queda dos cotilédones, em seus respectivos períodos de dias após semeadura (DAS).

Para a mensuração da altura da plântula utilizou-se uma régua graduada iniciando junto ao solo até a parte mais alta da plântula.

A medição do diâmetro do caule da plântula correu com o auxílio do paquímetro, sendo mensurado no ponto de onde partiu a medição da altura (AZEVEDO *et al.*, 2012)

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

Os parâmetros de crescimento das plantas ocorreram 65 dias após o desbaste.

Para avaliar a altura das plantas foi necessário o uso de régua graduada, iniciando a medição do coleto até a gema apical.

Na medição do diâmetro do caule foi usado 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, sendo calculado uma média das três medidas.

O comprimento radicular foi realizado com o auxílio de uma régua graduada, escolhendo a raiz principal para mensuração.

A determinação do número de folhas foi realizada de maneira direta, contabilizando o número de folhas de cada parcela.

3.5.5 Massa seca da parte aérea

As plantas foram colhidas aos 65 dias após o desbaste e em seguida, foram pesadas e colocadas para secagem em estufa a 65°C por 48 horas, obedecendo às recomendações de Lacerda *et al*, (2009). Para calcular a matéria seca da parte aérea, foi utilizada a fórmula sugerida pela EMBRAPA (2015) e os resultados expressos em gramas.

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados coletados nas diferentes variáveis foram submetidos à análise de variância e utilizado o 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).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos parágrafos abaixo discutiremos os resultados das variáveis: porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, queda dos cotilédones, altura de plantas, comprimento de raiz, número de folhas, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e números de nódulos.

4.1 PORCENTAGEM DE EMERGÊNCIA

Para a porcentagem de emergência não houve diferença estatística entre os tratamentos analisados, possivelmente devido ao alto CV (22,40%) apresentado. Carvalho *et al.* (2014) ao avaliarem a emergência de jurema preta em diferentes substratos (Areia; Areia/adubo 1:1; Areia/adubo 2:1; Vermiculita; Areia/Vermiculita 1:1) concluíram que devido ao CV elevado de 31% não houve diferença estatística entre os tratamentos analisados. Contudo, convém observar que exceto pelo tratamento EA+R, todos os demais tratamentos obtiveram porcentagem de emergência 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 emergência de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a 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 uréia	89,50 a
EA+R	64,50 a
EA+EB	93,00 a
CV	22,40

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

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Ao realizar um experimento buscando métodos para superar a dormência tegumentar em sementes de jurema-preta em substrato contendo areia lavada, Araújo e Andrade (1983) obtiveram porcentagens de emergência de 79 e 90%, respectivamente, para os tratamentos com imersão em ácido sulfúrico e escarificação mecânica.

Ao considerar, a jurema preta como uma espécie de baixo percentual de germinação (SALES, 2008; SOUZA et al., 2013) e a praticidade, isenção de risco de toxidez e economia do método de quebra de dormência adotado no presente estudo, em relação aos métodos referência, observa-se que os resultados obtidos foram satisfatórios e até mesmo excelentes, como no caso do tratamento 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. 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 de tempo e que promovam estabilização no campo e rápido crescimento. Azevêdo *et al.* (2012) registraram emergência dessa mesma espécie em solo de área degradada até o décimo primeiro dia após a semeadura. Alves *et al.* (2008) constataram emergência em sementes de *Erythrina velutina* Willd ao décimo dia após a semeadura em areia e vermiculita.

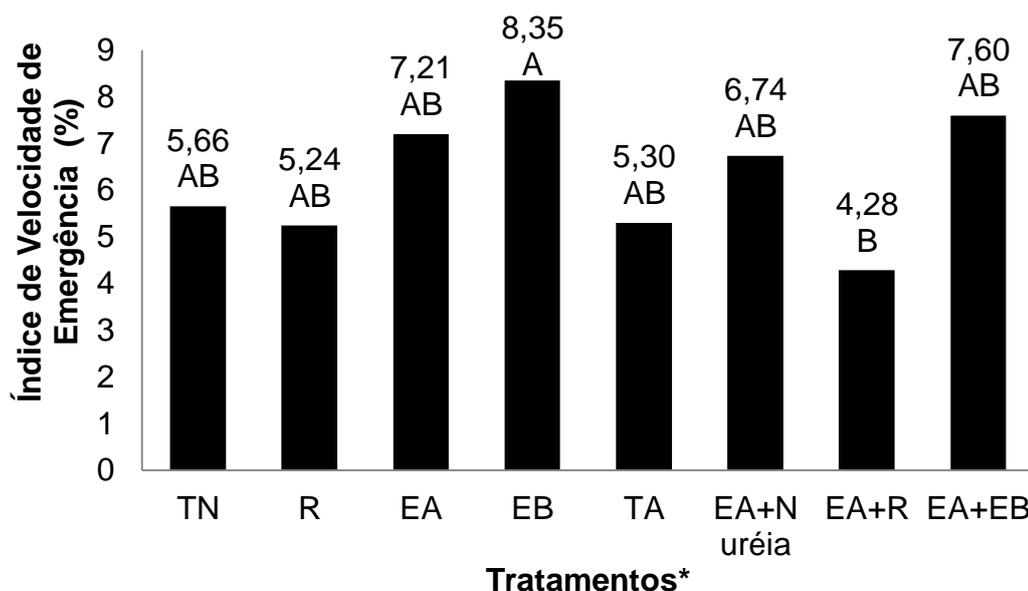
Araújo (2017) avaliou o crescimento inicial de jucá e catingueira em diferentes doses de alga marinha e observou que o uso do pó de alga pode favorecer o crescimento inicial dessas plantas, porém, a dosagem pode inibir a germinação e conseqüentemente a emergência, além disso, foi notado que o uso de alga marinha pode ser considerado efeito benéfico a 5% de significância em plantas de catingueira e julgado inibitório na germinação de sementes de jucá. Por outro lado, Dourado Neto *et al* (2014) perceberam que o efeito dos bioestimulantes pode ser variável durante o ciclo de vida da planta, sendo encontrado uma melhor resposta na fase inicial da planta incluindo a emergência.

4.2 ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA (IVE)

De acordo com os resultados obtidos foi possível observar que o índice de velocidade de emergência (Figura 3) apresentou diferença significativa entre os

tratamentos. O tratamento EB promoveu o maior índice de velocidade de emergência (7,80%), diferindo estatisticamente apenas do tratamento EA+R, que apresentou 4,28% para IVE.

Figura 3 — Índice de velocidade de emergência de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.



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

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria em 2019

Resultados semelhantes foram obtidos por Martins *et al.* (2015) ao analisar emergência de plântulas de *Piptadenia monilliformis* Benth. em substratos variados, os autores identificaram que o melhor tratamento foi encontrado na combinação de solo vegetal + esterco bovino + areia lavada na proporção de 2:2:1 em que proporcionou maior índice de velocidade de emergência. Por sua vez, Dantas *et al.* (2011) concluíram 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.

Além disso, Cunha *et al.* (2006) estudando o comportamento de *Acácia mangium* (Willd.) e *Acácia auriculiformis* (A. Cunn. ex Benth.) em diferentes substratos (areia lavada e adubação mineral; areia lavada e esterco bovino; areia lavada e lodo de esgoto e lodo de esgoto) e sementes inoculadas com *Rhizobium* e não inoculadas relataram que os melhores índices de emergência e crescimento de plântulas foram na presença de esterco bovino.

Segundo Freitas (2016) a velocidade de germinação está relacionada à velocidade da entrada de água na semente e como resposta ocorre o desencadeamento dos processos metabólicos e várias etapas de desenvolvimento da plântula são beneficiadas, incluindo a emergência. 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).

4.3 QUEDA DOS COTILÉDONES, ALTURA E DIÂMETRO DAS PLÂNTULAS

Na Quadro 2 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).

Quadro 2 – Período de queda dos cotilédones, altura e diâmetro de plântulas de jurema preta.

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

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

Fonte: Elaboração própria em 2019.

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 depreenderam entre 25 e 29 dias após a semeadura (DAS).

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 dias 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 0,4 mm 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 4,3 cm e 5,3 cm de altura e 0,3 e 0,4 mm de diâmetro basal do caule, respectivamente.

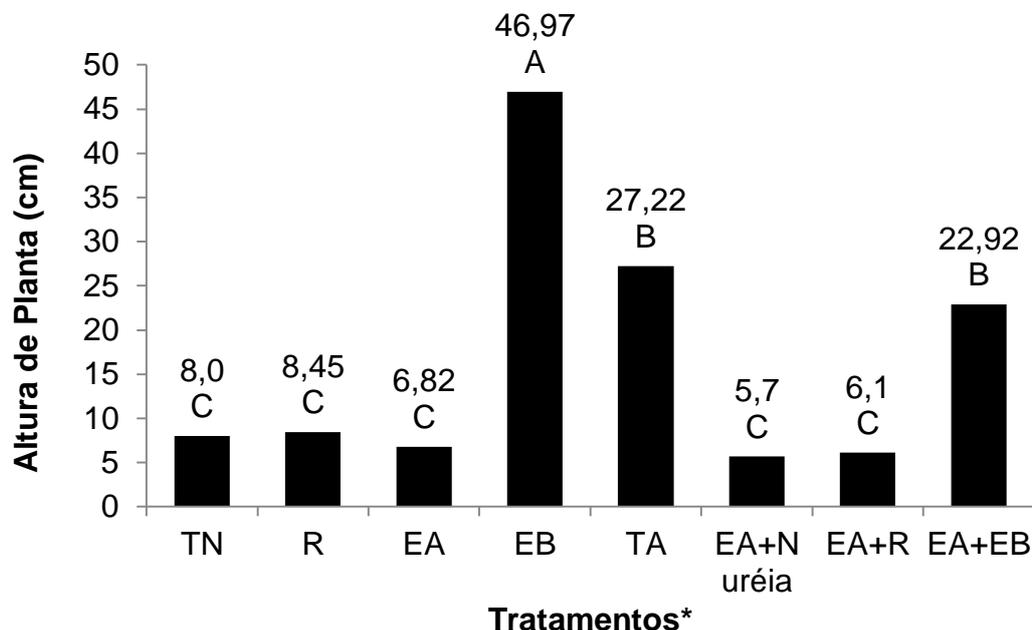
Azevêdo *et al.* (2012) encontrou resultados semelhantes quando analisou o crescimento de plântulas de jurema preta em solos degradados da Caatinga, registrando aos vinte e quatro dias a queda de alguns cotilédones de plântulas quando essas mediam aproximadamente 4,84 cm de altura e 0,41 mm de diâmetro do caule.

4.4 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, obtendo 46,97 cm (Figura 4). Por sua vez, os tratamentos TA e EA+EB com valores de 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 uréia e EA+R. As médias de altura de plantas dos tratamentos TN, R, EA, EA+N uréia e EA+R não diferiram entre si, obtendo os menores resultados, sendo considerados impróprios para a produção de mudas de jurema preta.

Na Figura 5 encontram-se imagens relativas à altura de plantas de todos os tratamentos, sendo perceptível que a planta mais desenvolvida é encontrada no tratamento EB, seguida pelas plantas dos tratamentos TA e EA+EB.

Figura 4 — Crescimento de parte aérea de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.

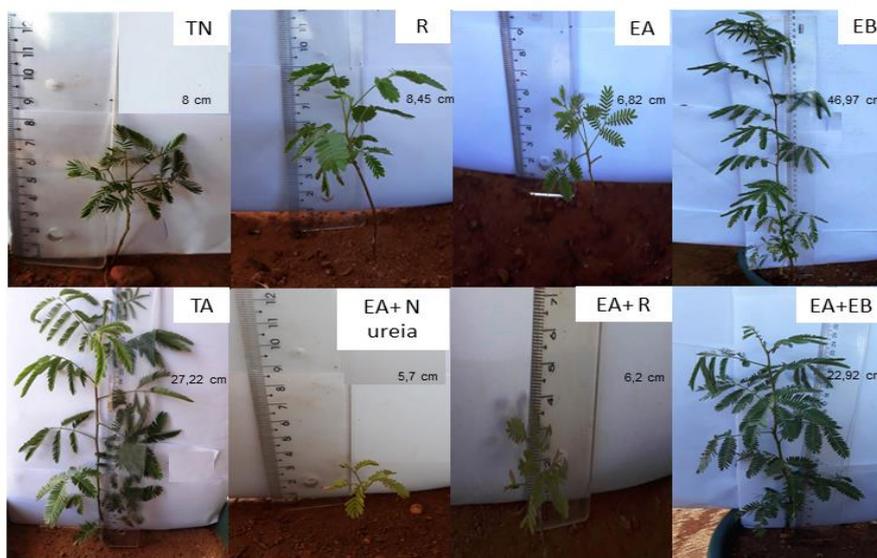


*Testemunha nitrogenada (TN); *Rhizobium* (R); Extrato de alga marinha (EA); Esterco bovino (EB); Testemunha absoluta (TA); Extrato de alga marinha + N uréia (EA+N uréia); Extrato de alga marinha + *Rhizobium* (EA+R); Extrato de alga marinha + Esterco bovino (EA+EB).

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Figura 5 — Altura de parte aérea de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.



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

Fonte: Elaboração própria em 2019.

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 Vila Nova *et al.* (2014) quando analisou o uso de alga de arribada combinada com esterco bovino no crescimento de *Moringa oleifera*.

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 esterco de origem animal, como os esterco 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.

Lima (2012) encontrou resultados semelhantes quando avaliou 20 espécies arbóreas, incluindo a jurema preta, para recuperação de áreas degradadas da Caatinga por extração de piçarra, indicando o uso do esterco bovino como forma de adubação aplicada na cova de plantio de mudas. Além disso, o autor ressalta a importância dessa prática para alcançar uma rápida cobertura vegetal do solo.

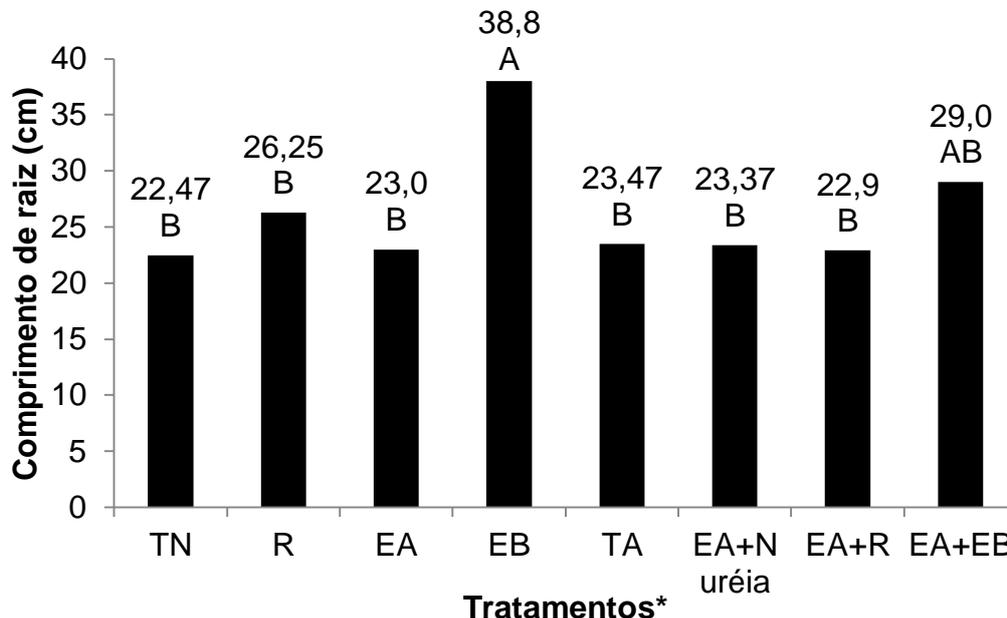
A altura da parte aérea é considerada por alguns autores como atributo de enorme relevância quando se deseja estimar a qualidade de uma planta (Gomes *et al.*, 2002).

Araújo (2017) avaliou o crescimento de duas espécies florestais da Caatinga submetidos a substratos com esterco bovino, areia e diferentes dosagens de pó de alga marinha (*Gracilaria birdiae*), que aos 60 dias após a semeadura foi verificado um efeito negativo para o crescimento de plantas de Catingueira, mas, para plantas de jucá no mesmo período e utilizando as mesmas dosagens de alga marinha houve um pequeno estímulo na altura das plantas.

4.5 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 EB e EA+EB (Figura 6).

Figura 6 – Crescimento de raiz de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.



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

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

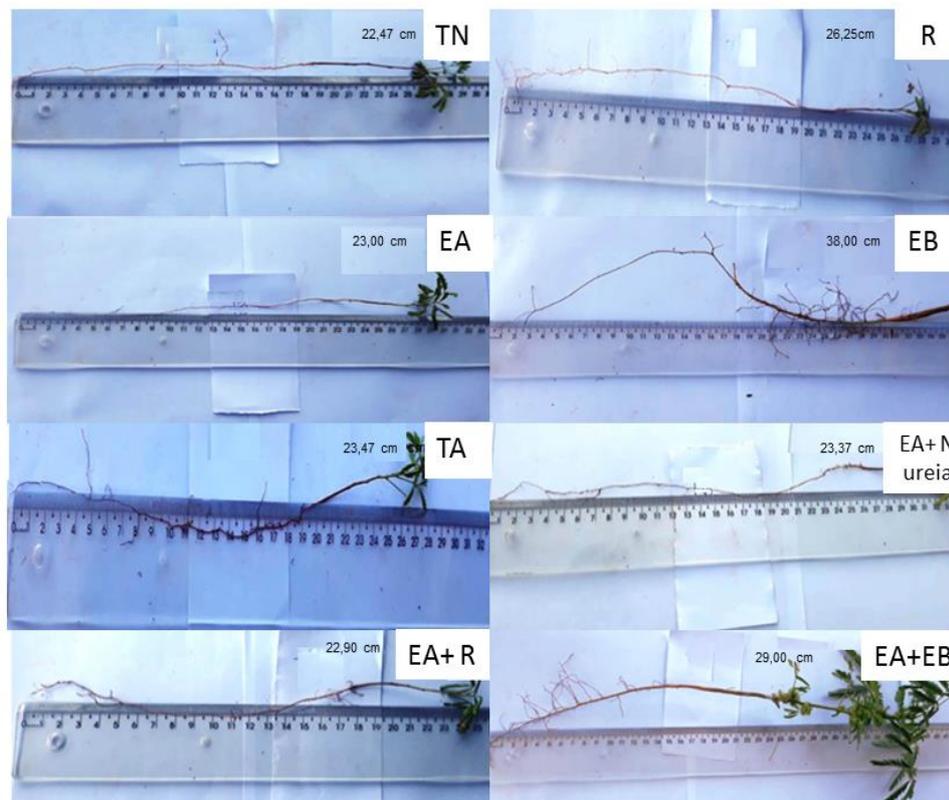
Fonte: Elaboração própria em 2019.

Esses resultados podem ser justificados pelo fato do esterco bovino aumentar a porosidade do solo e disponibilidade de nutrientes para as plantas, facilitando um melhor crescimento das raízes. Bhogal *et al.* (2009) confirmam que a aplicação de adubo orgânico via esterco aumenta a porosidade do solo, a capacidade de água disponível e redução na densidade do solo.

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 38,0 cm, enquanto no tratamento EA+EB a média observada foi de 29,0 cm, ou seja, as plantas na presença *Lithothamnium* diminuíram comprimento de raiz em aproximadamente 24%. Este resultado foi inesperado, pois a adição do extrato de algas pode estimular o crescimento do sistema radicular, pois, de acordo com a literatura os bioestimulantes apresentam características químicas que favorecem o equilíbrio hormonal e o desenvolvimento das raízes (ONO *et al.*, 1999).

Na Figura 7 são observados os comprimentos de raízes nos tratamentos avaliados.

Figura 7 — Comprimento radicular de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.



Testemunha nitrogenada (TN); *Rhizobium* (R); Extrato de alga marinha (EA); Esterco bovino (EB); E: 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).
Fonte: Elaboração própria em 2019.

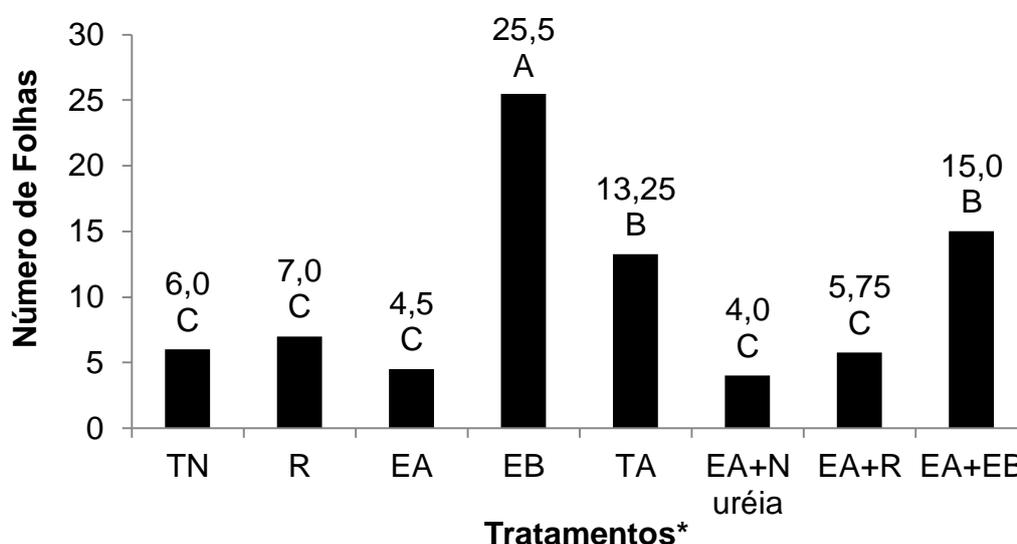
Foi observado que embora as médias mais expressivas de comprimento radicular fossem encontrados nos tratamentos EB e EA+EB, nota-se que estes tratamentos, assim como o tratamento TA, apresentaram maior número de raízes e muitas raízes secundárias, possivelmente devido às melhores condições físicas de porosidade do solo promovida pela matéria orgânica aplicada na forma de esterco. Esse fato não ocorreu com os demais tratamentos que apresentaram raízes finas e poucas raízes secundárias, sendo essas características consideradas inapropriadas quando se produzem mudas objetivando transplantá-las para o campo e principalmente, quando o solo não oferece condições ideais para o desenvolvimento da planta. Campos e Uchida (2002) ressaltam que plantas com sistema radicular

desenvolvido apresentam maiores possibilidade de sobrevivência em situações adversas encontradas no campo.

4.6 NÚMERO DE FOLHAS

A Figura 8 apresenta os resultados médios do número de folhas obtidos nos diferentes tratamentos.

Figura 8 – Número de folhas de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.



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

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Observa-se diferença significativa entre os tratamentos avaliados, sendo o tratamento EB estatisticamente superior aos demais tratamentos, obtendo média de 25,5 folhas por planta (Figura 8). Por sua vez, os tratamentos EA+EB e TA com 15 e 13,25 folhas por planta, respectivamente não apresentaram diferença estatística entre si, mas foram superiores aos tratamentos TN, R, EA, EA+N uréia e EA+R. As médias do número de folhas dos tratamentos TN, R, EA, EA+N uréia e EA+R não diferiram entre si, obtendo os menores resultados.

Além disso, observou-se que os resultados encontrados na análise estatística nessa variável são similares aos obtidos para altura de plantas. 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 haviam esterco bovino descaram-se e deferiram-se dos demais. Os autores justificam esse comportamento em virtude a qualidade do substrato.

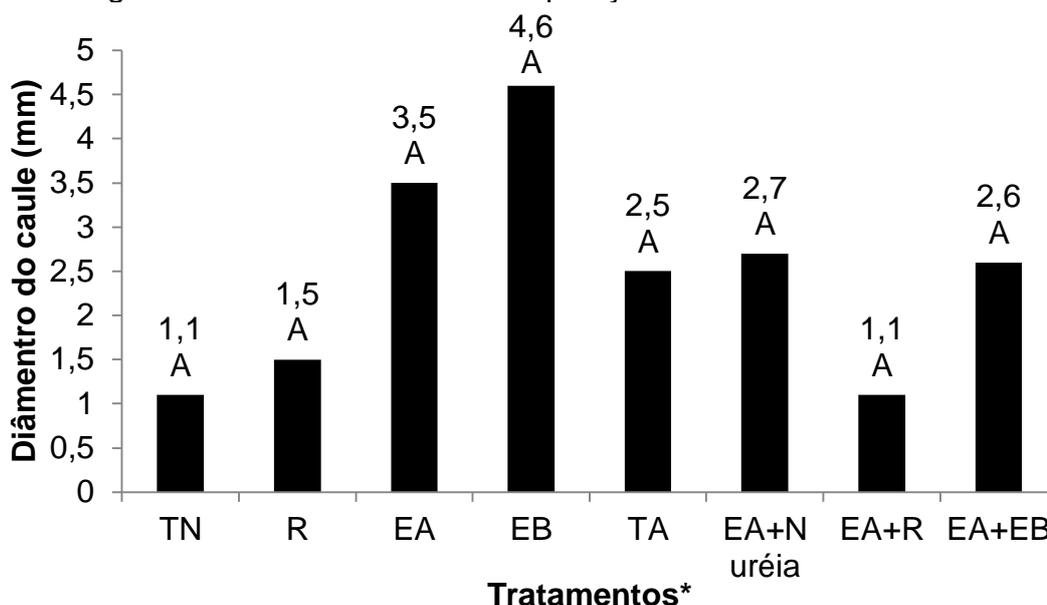
A determinação do número de folhas e área foliar é de grande relevância principalmente durante o período de formação de mudas para serem levadas ao campo, pois, através das folhas é que ocorre boa parte dos processos fisiológicos relacionados ao crescimento e desenvolvimento de uma planta (CAMPOS; UCHIDA, 2002).

4.7 DIÂMETRO DO CAULE

De forma geral, embora não tenha havido diferença significativa entre os tratamentos (Figura 9), podemos destacar que nas mudas de jurema preta o maior de diâmetro do caule foi obtido no tratamento EB (4,6 mm). Esse resultado diverge dos resultados obtidos por Sales (2008) quando usou jurema preta para revegetação de área degradada da caatinga com adição da mistura de esterco caprino e ovino. Figueiredo (2010) também encontrou resultados que deferiram dos obtidos nessa pesquisa para a mesma espécie em condições de recuperação de áreas degradadas utilizando três espécies florestais, contudo, a jurema preta destacou-se entre as demais apresentando maiores valores para o diâmetro basal.

Santos *et al.* (2013) ao avaliarem a qualidade de mudas de pau ferro sob o efeito de dois substratos com proporções diferentes (arisco; arisco + esterco bovino em diferentes proporções) e dois níveis de sombreamento (pleno sol e 50% de sombreamento) observaram ao finalizar o experimento resultados não significativos para o parâmetro diâmetro do caule, contudo, os diâmetros mais robustos foram as plantas do tratamento em arisco + esterco bovino 2:1.

Figura 9 – Número de folhas de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.



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

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Santos *et al.* (2013) avaliaram a qualidade de mudas de pau ferro sob o efeito de dois substratos com proporções diferentes (arisco; arisco + esterco bovino e diferentes proporções) e dois níveis de sombreamento (pleno sol e 50% de sombreamento) ao finalizar o experimento observaram resultados não significativos para o parâmetro diâmetro do caule, contudo, os diâmetros mais robustos foram das plantas do tratamento em arisco + esterco bovino 2:1.

Cardoso Neto (2017) analisou o uso de bioestimulantes à base de algas marinhas (*A. nodosum* e *Lithothamnium*) e aplicação de água residuária durante o crescimento de tamarindeiro, e, ao avaliar o diâmetro do caule observou valores superiores a 4% nas plantas em que havia alga marinha na composição do substrato. Além disso, o autor atribui o resultado a presença dos fitohormônios giberilinas e citocininas presentes na alga marinha.

O diâmetro do colo da planta é um indicador de crescimento inicial muito relevante para estimar o potencial do vegetal ainda na fase de muda e o do desenvolvimento pós-plantio (VIEIRA *et al.*, 2006).

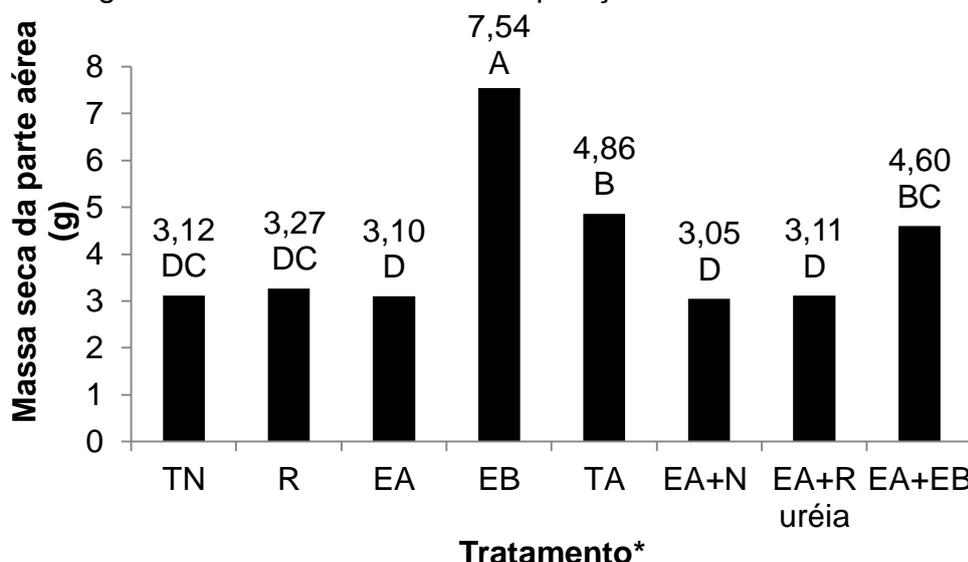
4.8 MASSA SECA DA PARTE AÉREA

A Figura 10 apresenta os resultados médios da massa seca da parte aérea obtida nos diferentes tratamentos avaliados.

Em relação a este parâmetro foi observada diferença significativa entre os tratamentos avaliados, sendo o tratamento EB estatisticamente superior aos demais tratamentos, obtendo média de 7,54 g de massa seca da parte aérea. 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 da parte aérea foram similares aos observados na altura da parte aérea, tanto para os tratamentos mais promissores, quanto para aqueles tratamentos que foram menos expressivos.

Figura 10 — Massa seca de jurema preta em solo degradado da Caatinga submetido a diferentes composições de substrato.



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

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Sá *et al.* (2013) observaram que a jurema preta conseguiu desenvolver-se em solo salino-sódico alcançando maiores valores de massa seca quando aplicou-se gesso agrícola e matéria orgânica. O esterco bovino também proporcionou maiores

valores de massa seca em mudas de *Moringa oleífera* em irrigação com água salina e diversos substratos (NÓBREGA *et al.*, 2019).

4.9 NÚMERO DE NÓDULOS

Aos 100 dias após a semeadura após a colheita das plantas não foi identificada a presença de nodulação, seja por espécies nativas de *Rhizobium* ou a partir da inoculação com a estirpe BR 3405.

Em relação a ausência de nodulação por espécies nativas, pode ser inferido que as condições de degradação do solo, interferiram na população de *Rhizobium* capazes de nodular a Jurema preta. 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 de *Rhizobium*, capazes de fixar eficientemente nitrogênio em associação com leguminosas nativas de expressivo papel na recuperação de áreas degradadas, como a Jurema preta.

5 CONCLUSÃO

A adição do extrato de algas marinhas (*Lithothamnium*) não promoveu o desenvolvimento da Jurema preta em solo de área degradada da Caatinga.

A influência da bactéria *Rhizobium* não pode ser observada neste estudo, devido à ausência da inoculação nas plantas de jurema preta.

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.

Como produto final buscou-se trazer contribuições relacionadas à produção de mudas de planta nativa da Caatinga, uso de fertilizantes a baixo custo que apresentem eficiência e favoreçam o crescimento e desenvolvimento de espécie arbórea sendo capazes de auxiliar durante o processo de recuperação de áreas degradadas da Caatinga, sendo apresentados no Apêndice A – Produto final.

REFERÊNCIAS

- ABETZ, P. Seaweed extracts: Havethey a place in Ausralian Agriculure or Horticulture. **Journal os Australian Institute os Agricultural Science**. Tansmânia, Austrália. v. 46, n.1, p.23-29, 1980.
- AGRA, M. F. **Plantas da medicina popular dos Cariris Velhos, Paraíba, Brasil: espécies mais comuns**. João Pessoa: União, 1996.
- 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, M. S.; ANDRADE, G. C. Métodos para superar a dormência tegumentar em sementes de jurema-preta (*Mimosa hostilis* Benth.). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.6/7, p. 26-32, Jun./Dez. 1983. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/282257/1/maraujo.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2019.
- ARAÚJO, A. S. F.; MELO, W. J. **Biomassa microbiana do solo**. Teresina, 2012, v. 1, p. 150.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**. EMBRAPA - CNPC, 1996. 19 p. (EMBRAPA - CNPC. Circular Técnica, 1 3) Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/514827>. Acesso em: 3 ago. 2019.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. Fenologia e valor nutritivo de espécies lenhosas caducifólias da caatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 23, n. 1, p. 676-681, 1998.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; SILVA, N.L.; SOUSA, F.B.; CARVALHO, F. C. Pastagens no semi-árido: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 63-75.
- ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 200 f. 2013.
- ARAÚJO, J. M. H. **Algas marinhas como bioestimulantes no crescimento inicial de espécies florestais da Caatinga**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, 2017.

ARAÚJO, L. H. B. **Avaliação da compactação do solo no crescimento inicial de espécies florestais da Caatinga**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba-RN, 2015.

ÁVILA, M. R. ; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 604-612, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162008000600006. Acesso em: 12 fev. 2019.

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

BARBOSA, M. V. **Utilização de rizóbios e fungo micorrízico para implantação de um sistema agroflorestal no Semiárido Pernambucano**. 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Serra Talhada, 2013.

BEZERRA, D. A. C.; PEREIRA, A. V.; LÔBO, K. M. S.; RODRIGUES, O. G.; THAYNE, A. C.R.; MOTA, R. A.; MEDEIROS, E. S.; RODRIGUES, S. C. Atividade biológica da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poir.) sobre *Staphylococcus aureus* isolado de casos de mastite bovina. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa. v. 19, n. 4. out/dez. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2009000600002. Acesso em: 17 nov. 2018.

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.

BONEY, A. D. **A biology of marine algae**, Hutchinson Educational. New York, p. 216, 1966.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF. p. 395. 2009. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 15 jul. 2018.

CARDOSO NETO, R. **Produção de mudas de tamarindeiro irrigado com água residuária da piscicultura e doses de bioestimulantes naturais de algas marinhas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró-RN, 2017.

CAMARGO-RICALDE, S.L. Descripción, distribución, anatomía, composición química y usos de *Mimosa tenuiflora* (Fabaceae-Mimosoideae) em México. **Revista de Biología Tropical**. v. 4. p. 939-954. 2000. Disponível em: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/18985/19080>. Acesso em: 23 jun. 2019.

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. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000300008. Acesso em: 28 jul. 2019.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J.D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**. México.v.21, n.3, p. 53-63, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2008v21n3p53/18846>. Acesso em: 24 ago, 2019.

CARVALHO, B. L. B.; VIEIRA, F. A.; CHAGAS, K. P. T. Emergência de plântulas de *Mimosa tenuiflora* em diferentes substratos.
In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS. 2014, Recife, **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12702/VIII.SimposFloresta.2014.78-679-1>. Acesso em: 12 jul. 2019.

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. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10533-009-9392-y>. Acesso em: 17 nov. 2018.

COSTA, M. A.; NOGUEIRA, C. E. C.; ALVES, H. J.; MARRA, B. M.; ALAB, J. H. C. O uso de macroalgas marinhas na agricultura. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.3, n. 2, p. 69-76, 2014.

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.* **Revista Árvore**, Viçosa-MG. v.30, n.2, p. 207-214, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 16 mar. 2019.

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**, Recife-PE. v. 39, n. 1/2, p. 34-43, 2011.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. N. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 371-379, 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18110/14549>. Acesso em: 27 jul. 2019.

ELIAS, C. O.; CAUSTON, D. R. Studies on data variability and the use of polynomials to describe plant growth. **New Phytologist**, Amsterdam. n. 77, p. 421-430. 1976.

FERNANDES, D. L.; LIMA, L. M. L.; SOUZA, M. W. R.; MELO, P. C.; TEODORO, R. E. F.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, J. O. M. Utilização de substratos orgânicos na produção de pimentão, sob diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.2, julho, 2002.

FERNANDES-JÚNIOR, P. I.; REIS, V. M. **Algumas limitações à fixação biológica de nitrogênio em leguminosas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 33 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 252). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/630419/1/doc252.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2019.

FERREIRA, C. D.; SOUTO, P. C.; LUCENA, D. S.; SALES, F. C. V.; SOUTO, J. S. Florística do banco de sementes no solo em diferentes estágios de regeneração natural de Caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 4, p. 562-569, 2014. Disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i4a4497&path%5B%5D=983. Acesso em: 6 ago. 2019.

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., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. L.; STANFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S. **Microrganismo e Agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, p. 568. 2008.

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

FIGUEIRÔA, J.M.; PAREYN, F.G.C.; DRUMOND, M.; ARAÚJO, E.L. Madeiras espécies da flora nordestina de importância econômica potencial. **Associação Plantas do Nordeste (APNE)**, Recife. p. 101-133, 2005.

FREITAS, A. D. S.; SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, V. S. B.; ARAÚJO, E. R.; FRAGA, V. S. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 40, n. 9, set. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n9/a03v40n9.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2018.

FREITAS, N. N. Tecnologia de sementes de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. Ex Benth. 2016. **Tese** (DOUTORADO EM FITOTECNIA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, Distrito Federal. p. 368, 2010. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/_arquivos/web_uso_sustentvel_e_conservao_dos_recursos_florestais_da_caatinga_95.pdf. Acesso em: 3 fev. 2019.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.26, n.6, p. 655-664, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v26n6/a02v26n6.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2019.

HOLZMAN, B. A. **Tropical Forest Biomes**. Westport: Greenwood Press. p. 242. 2008.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas de biomas e vegetação**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 dez. 2017.

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**, v.23, p. 353-361. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227144791_Commercial_extract_from_the_brown_seaweed_Ascophyllum_nodosum_reduces_fungal_diseases_in_greenhouse_cucumber. Acesso em: 18 de jun. 2019.

JOHNSON, D.W. & TURNER, J. Nitrogen budgets of forest ecosystems: A review. **Forest Ecology and Management**, v.318, p. 370–379, 2013.

KINGMAN, A. R.; MOORE, J. Isolation, purification and quantification of several growth regulating substances in *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyta). **Botanica Marina**, v.25, p. 149-153. 1982. Disponível em: <https://www.degruyter.com/view/j/botm.1982.25.issue-4/botm.1982.25.4.149/botm.1982.25.4.149.xml>. Acesso em: 22 set. 2018.

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**, v. 28, p. 386-399. 2009.

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.

LEAL, I. R., PERINI M. A.; CASTRO C. C. Estudo fenológico de espécies de Euphorbiaceae em uma área de Caatinga. *In*: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL: SOCIEDADE DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2007, **Anais...** Caxambu: [s.n.], 2007. p. 1-2.

LIMA, K. D. R.; MONTANDON, G. C.; RIBEIRO, J. C. R.; MENDONÇA, V.; SILVA, A. R. Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró. v. 28, n. 1, p. 203-213. 2015. Disponível em: https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3644/pdf_231. Acesso em: 10 fev. 2019.

LIMA, K. D. R. **Avaliação de espécies arbóreas e técnicas de plantio para recuperação de áreas degradadas por extração de piçarra na Caatinga-RN**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

MARTINS, A. P. S.; SILVA, L. L.; FARIAS, S. G. G. Emergência de plântulas de *Piptadenia Moniliformis* Benth em função dos tipos de substratos. *In*: I CONGRESSO FLORESTAL DE MATO GROSSO - V SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS - V SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL - UFMT, 2015, Sinop-MT. **Anais....** Sinop-MT. p.12-14.

MÓGOR, A. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; MÓGOR, G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido l-glutâmico e cálcio em feijoeiro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.4, p.431- 437, 2008. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/11710>. Acesso em: 20 mar. 2019.

MAIA, G. N. **Caatinga: Árvores e Arbustos e suas Utilidades**. Leitura e Arte. São Paulo. p. 415. 2004.

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

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*: **62ª Reunião Anual da SBPC**, Natal-RN. 2010.

MEDEIROS, S.S.; CAVALCANTE, A.M.B.; MARIN, A.M.P.; TINÔCO, L.B.M.; SALCEDO, I.H.; PINTO, T. F. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, p. 103. 2012.

MELO, T. A. S. Desertificação: Etimologia, Conceitos, Causas e Indicadores. **Revista de Geografia**, Recife.v.2, n. 2, p. 21-35, 2002.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GIONGO, V. B.; PÉREZ-MARIN, A.M. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**. v. 72, n. 3, p. 643-653. 2012.

MMA. 2007. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização** - Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. Série Biodiversidade, v. 31. Brasília: MMA.

MOONEY, P. A.; VAN STADEN, J. Algae and cytokinins. **Journal of Plant Physiology**. Lancaster, v.123, p.1-21. 1986. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S017616178680061X>. Acesso em: 17 set. 2018.

MOREIRA, F.M.M.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: ed. UFLA. p. 726. 2006.

NEUMANN E.R.; RESENDE J.T.V.; CAMARGO L.K.P.; NOGOSEKI R.S.; HANEL L.F.; DONA G. Produção de mudas de batata-doce em função da aplicação de extrato de alga *Ascophyllum nodosum*. **Horticultura Brasileira**. v. 30, n. 2. 2012. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_6/A4674_T7936_Comp.pdf Acesso em: 2 jul. 2019.

NÓBREGA, J. S.; SOUZA, T. A.; SOUTO, L. S.; SOUSA, J. A.; FIGUEIREDO, F. R. A.; SÁ, F. V. S. Produção de mudas de moringa (moringa oleífera) sob irrigação com água salina e substratos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza-CE. v.12, n.6, p. 3012-3020, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330524158_PRODUCAO_DE_MUDAS_DE_MORINGA_Moringa_oleifera_SOB_IRRIGACAO_COM_AGUA_SALINA_E_SUBSTRATOS. Acesso em: 23 set. 2018.

NORRIE, J. Aplicaciones practicas de productos de algas marinas en la agricultura. **Revista Terralia**, v. 23. p. 26–41. 2001.

NORRIE, J. **Advances in the use of *Ascophyllum nodosum* sea plant extracts for crop production**. Laboratory and Field Research. Acadian Seaplants Ltd., Dartmouth, Nova Scotia, Canadá. 2008. Disponível em: <https://fluidfertilizer.org/wp-content/uploads/2016/05/Jeffery-Norrie-1.pdf>. Acesso em 15 de maio de 2018.

OLIVEIRA, L. A. A.; GÓES, G. B.; MELO, I. G. C.; COSTA, M. E.; SILVA, R. M. Uso do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB. v.6, n.2, p. 01-04, 2011. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/640/549>. Acesso em: 5 ago. 2019.

OLIVEIRA E, VITAL BR, PIMENTA AS, DELLA LUCIA RM, LADEIRA AMM, CARNEIRO ACO. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Árvore**. v. 2. p. 311-318, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-6762-2006000200018&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 28 Jul. 2019,

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; SANTOS, S.O. **Efeito de fitorreguladores sobre o desenvolvimento de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Carioca**. Revista Biociências, Taubaté, v.5, n.1, p.7-13, 1999

PAREYN, F. G. C. **Os recursos florestais nativos e a sua gestão no estado de Pernambuco - o papel do manejo florestal sustentável**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro. p. 99-112. 2010. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/_arquivos/web_uso_sustentvel_e_conservao_dos_recursos_florestais_da_caatinga_95.pdf. Acesso em: 30 Jun. 2018.

QUEIROZ, L.P. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana; UEFS, p. 914. 2009.

RODRIGUES, J.D. Biorreguladores, aminoácidos e extratos de algas: verdades e mitos. **Jornal Informações Agrônomicas**. n. 122, p. 15-17, 2008.

RODRIGUES, D. R. **Diversidade e eficiência em promoção do crescimento vegetal de bactérias de solos da caatinga pernambucana oriundas de nódulos de leguminosas arbóreas nativas**. 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Serra Talhada, 2013

RÓS, A. B.; NARITA, N.; ARAUJO, H. S. Efeito de bioestimulante no crescimento inicial e na produtividade de plantas de batata-doce. **Revista Ceres**. 2015, v.62, n.5, p. 469-474. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2015000500469&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 4 fev. 2019.

SÁ, F. V. S.; ARAUJO, 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**, Viçosa-MG, v. 60, n.3, p. 388-396, mai/jun, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2013000300012&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 21 out. 2018.

SANGHA, J. S.; KELLOWAY, S.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweeds (Macroalgae) and their extracts as contributors of plant productivity and quality: the current status of our understanding. **Advances in botanical research**, seaplants, v.71, p.189-213. 2014.

SANTOS, A. C.; SILVA, I. F.; LIMA, J. R. S.; ANDRADE, A. P.; CAVALCANTE, V. R. Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características químicas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.25, n. 4, p. 1063-1071. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n4/28.pdf>. Acesso em: 9 set. 2018.

SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P.; NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G.; BORGES, W.L.; BEZERRA, R.V.; FREITAS, A.D.S. Diversidade de rizóbio capazes de nodular leguminosas tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 4, p. 249-256. 2007. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=374&path%5B%5D=709>. Acesso em: 14 mar. 2019.

SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S.; VIEIRA, I.M.M.B. & COLAÇO, W. Fixação biológica do N₂ em leguminosas tropicais. *In*: FIGUEIREDO, M.V.B.; BURITY, H.A.; STAMFORD, N.P. & SANTOS, C.E.R.S. (eds). **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, p. 17-41. 2008.

SANTOS, J.C.; LEAL, I.R.; ALMEIDA-CORTEZ, J.S.; FERNANDES, G.W. & TABARELLI, M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 276-286. 2011. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/194008291100400306>. Acesso em: 28 abr. 2018.

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, abr./jun. 2013. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/344/313>. Acesso em: 1 ago de 2019.

SAMPAIO, E. V. D. S. B. **Tipos funcionais fenológicos em espécies lenhosas da Caatinga, Nordeste do Brasil**. 2010. Tese (Programa de Pós-Graduação em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2010.

SALES, F. C. V. **Revegetação da área degradada da caatinga por meio da semeadura ou transplante de mudas de espécies arbóreas nativas em substrato enriquecido com matéria orgânica**. 2008. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-Arido) – Universidade Federal de Campina Grande. Patos – PB, 2008.

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. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v. 35, n.3, Edição Especial, p. 633-639, 2011. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000400007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 5 jul. 2019.

SILVA, C. P.; GARCIA, K. G. V.; SILVA, R. M.; OLIVEIRA, L. A. A. O.; TOSTA, M. S. Desenvolvimento inicial de mudas de couve-folha em função do uso de extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB. v.6, n.1, p. 07-11, 2012. Disponível em:

<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1160/1064>. Acesso em: 13 ago. 2019.

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 - SP, v. 31, n. 3, p. 925-929, Set. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452009000300043&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 17 jul. 2019.

SILVA, T. P. **Características produtivas e físico-químicas de frutos de morangueiro orgânico cultivado com o uso de extrato de algas**. 2011.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SILVA, T. T. A.; VON PINHO, E. V. R.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. O.; COSTA, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 840-846. mai/jun. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000300021. Acesso em: 11 mar. 2019.

SOUZA, C. A. A.; PINTO, M. A. D. S.; RODRIGUES, C. T. A.; NUNES, E. O. S. Superação de dormência em sementes de jurema preta (*Mimosa hostilis* Benth). *In*: XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2013 – UFRPE: Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013.

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. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007000200009. Acesso em: 29 jun. 2019.

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.

STIRK, W.A.; NOVAK, O.; STRNAD, M. E VAN STADEN, J. Cytokinins in macroalgae. **Plant Growth Regulation**. V. 41, n. 1, p. 13-24, 2003.

SYLLA, S.N.; NDOYE, I.; GUEYE, M.; BA, A.T. & DREYFUS, B. Estimates of biological nitrogen fixation by *Pterocarpus lucens* in a semi-arid natural forest park in Senegal using ¹⁵N natural abundance method. **African Journal of Biotechnology**, v.1, n.2, p. 50–56, 2002. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/14815/58491>. Acesso em: 8 fev. 2018.

TEIXEIRA, F.C.P.; REINERT, F.; RUMJANEK, N.G; BODDEY, R.M. Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation to *Cratylia mollis* using the ¹⁵N natural abundance technique in the semi-arid Caatinga region of Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.38, p. 1989-1993. jul. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071706000101>. Acesso em: 19 jun. 2018.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1085209>. Acesso em 23 fev. 2019.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R.; PERONI, L.; GODINHO, T. O.; Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 455-462, dez. 2012. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr96/cap03.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2019.

VASCONCELOS, A.C.F. Uso de bioestimulantes nas culturas de milho e soja. 2006. **Tese** (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade de São Paulo, p.112. 2006.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planatina: EMBRAPA-CPAC, p. 524. 1997.

VIEIRA, A. H.; LOCATELLI, M.; FRANÇA, J. M.; CARVALHO, J. O. M. **Crescimento de mudas de *Schizolobium parahyba* Var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby sob diferentes níveis de nitrogênio, fósforo e potássio**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006. 17p.

VIEIRA, T. T. A.; ROSA, L. S.; VASCONCELOS, P. C. S.; SANTOS, M. M.; MODESTO, R. S. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização-florística, implantação e manejo. **Acta Amazonica**, Pará. v. 37, n. 4, p. 549-558. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672007000400010&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 1 ago. 2019.

VIEIRA E. L.; CASTRO P.R.C. **Ação de bioestimulante na cultura da soja (*Glycinemax* (L.) Merrill)**. Cosmópolis, Stoller do Brasil. p. 47. 2004.

VILA 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.). **Revista Ouricuri**, Paulo Afonso. v. 4, n. 3, p. 68-81, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri/article/view/1122/769>. Acesso em: 29 abr. 2018.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V; RIBEIRO J. R. A.; RUMJANEK, N. G. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, n.1, p. 25-33. 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/9/10>. Acesso em: 17 ago. 2018.

WADT, P. G. S.; PEREIRA, J. E. S.; GONÇALVES, R. C.; SOUZA, C. B. C.; ALVES, L. S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre. p. 29, 2003.

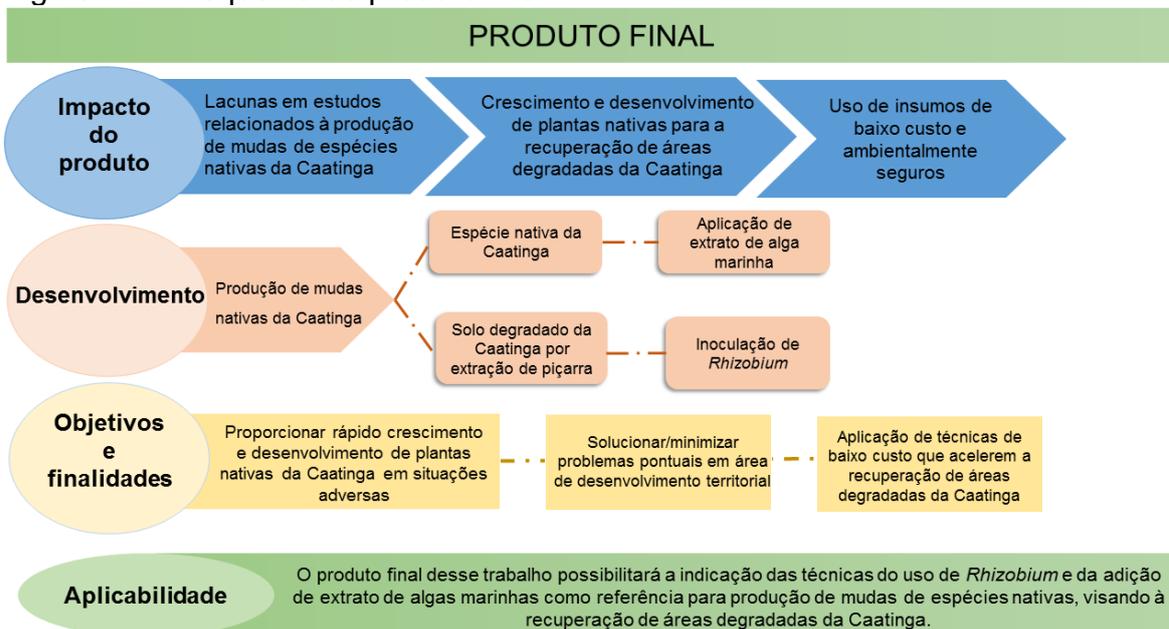
WADT, P. G. S. **Construção de terraços para controle da erosão pluvial no estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, p. 43. 2003.

YOKOYAMA, M. Y.; GUIMARÃES, O. Determinação dos teores de Na, K, P e proteínas em algumas algas marinhas. **Acta Biologica Paranaense**, Pará. v.4, p.19-24. 1975. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/acta/article/view/862/701>. Acesso em: 12 jun. 2018.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; KREMER, R.J. Uso de aminoácido exógeno na prevenção de injúrias causadas por glyphosate na soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 643-653. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pd/v28n3/22.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2019.

APÊNDICE A – PRODUTO FINAL

Figura 11 – Esquema do produto final.



Fonte: Elaboração própria em 2019.