



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**POTENCIAL DE USO DA ESPÉCIE IMBURANA (*Commiphora leptophloeos*)
EM PROJETOS DE RESTAURAÇÃO DA CAATINGA**

ANA CLEIDE CABRAL DO NASCIMENTO

Natal, RN

Novembro de 2019

ANA CLEIDE CABRAL DO NASCIMENTO

**POTENCIAL DE USO DA ESPÉCIE IMBURANA (*Commiphora leptophloeos*)
EM PROJETOS DE RESTAURAÇÃO DA CAATINGA**

Monografia apresentada como pré-requisito
para a conclusão do curso de graduação em
Ecologia pela Universidade Federal do Rio
Grande do Norte

Orientadora:

Profa. Dra. Gislene Maria da Silva Ganade

Co-orientadora:

Ms. Milena Cordeiro de Amorim Lopes

Natal, RN

2019

ANA CLEIDE CABRAL DO NASCIMENTO

**POTENCIAL DE USO DA ESPÉCIE IMBURANA (*Commiphora leptophloeos*)
EM PROJETOS DE RESTAURAÇÃO DA CAATINGA**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ecologia.

Aprovada em: 29 de Novembro de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Gislene Maria da Silva Ganade
Departamento de Ecologia

Prof. Dra. Alice de Moraes Calvente Versieux
Departamento de Botânica e Zoologia

Dr. Marina Vergara Fagundes
Departamento de Ecologia

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Leopoldo Nelson - -Centro de
Biociências – CB

Nascimento, Ana Cleide Cabral do.
Potencial de uso da espécie imburana (*Commiphora leptophloeos*) em
projetos de restauração da Caatinga / Ana Cleide Cabral do Nascimento. -
Natal, 2019.
28 f.: il.

Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
Centro de Biociências. Curso de Graduação em Ecologia.
Orientadora: Profa. Dra. Gislene Maria da Silva Ganade.
Coorientadora: Profa. Ma.Milena Cordeiro de Amorim Lopes.

1. Semiárido - Monografia. 2. Adequabilidade bioclimática -
Monografia. 3. Sobrevivência - Monografia. 4. Herbivoria - Monografia.
5. Restauração florestal - Monografia. I. Ganade, Gislene Maria da
Silva. II. Lopes, Milena Cordeiro de Amorim. III. Universidade Federal
do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BSE-CB

CDU 551.577.38

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, que foi meu refúgio e minha proteção, quando os dias se tornaram difíceis.

Agradeço, aos meus queridos e amados pais pela confiança, orgulho, amor e dedicação, nesse período difícil em que fiquei longe de casa. O apoio de vocês foi meu alicerce todo esse tempo para a realização desse sonho, serei eternamente grata. Agradeço ainda aos meus irmãos, tios, cunhados e sobrinhos, o sorriso de vocês renovou minhas forças esses anos, e foi sempre um incentivo para continuar. Agradeço também a família Oliveira-Vitor que me acolheu nos primeiros anos do curso, mesmo sem me conhecer, sendo fundamental para que eu chegasse até essa reta final.

Agradeço à minha orientadora Gislene Ganade que me recebeu de portas abertas no laboratório de Ecologia da Restauração, sempre me incentivando e servindo de suporte para a realização deste trabalho, apoiando e repassando seus conhecimentos. Agradeço também a minha co-orientadora Milena Cordeiro pela paciência, esclarecendo dúvidas e corrigindo meus erros, meu muito obrigado. Agradeço a toda equipe do LER pelos últimos 3 anos e meio de aprendizados e convivências contribuindo para a minha formação profissional e pessoal.

Agradeço a família Farias por ter me recebido nesse último ano, sendo meu refúgio nos fins de semana, em especial ao meu namorado Jadson Farias, por ouvir meus dramas e sempre me incentivar a seguir em frente, muito obrigado.

Agradeço ainda a instituição UFRN, pelo suporte durante todo esse tempo, garantindo profissionais indispensáveis a minha formação, como também uma série de auxílios, que sei, que sem os mesmos essa caminhada não seria possível, meu muito obrigado.

Por fim agradeço a todos que me fizeram companhia durante essa jornada: João Paulo que foi a pessoa que mais me aturou nesses 4,5 anos, com puxões de orelhas nos momentos em que pensei em desistir e pelas muitas horas de conversas. Agradeço também a Fernanda Vitória, por sempre ser uma boa amiga e sempre estar disposta a conversar um pouco quando as coisas se tornaram difíceis, ainda agradeço a Júlia Fanny e Gleyde Bezerra, por terem sido boas amigas e terem me feito ver um outro lado da vida, que me fez

crescer um pouco mais como pessoa. Agradeço ainda a Aline Crispim que me ajudou e socorreu tantas vezes quando estive doente e não tinha ninguém por perto. Muito obrigado a todos.

RESUMO

A Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro, tem sofrido com fortes pressões antrópicas que, aliadas aos estresses naturais do ecossistema, tem ocasionado grandes degradações, tornando a restauração florestal necessária em um ambiente desafiante. Conhecer as espécies que conseguem se estabelecer bem nesse ecossistema pode aumentar o sucesso dos projetos de restauração da Caatinga. Esse trabalho tem como objetivo entender o potencial de uso de uma espécie pioneira e de ampla distribuição, *Commiphora leptophloeos* (Imburana), em programas de restauração da Caatinga. Para isso acompanhamos um total de 294 transplantes entre os anos de 2017 e 2018 (primeiro e segundo ano após o plantio de restauração). Para tanto, calculamos suas taxas de sobrevivência total e por parcela (35), crescimento anual em altura e em biomassa foliar, a influência da herbivoria por insetos na sobrevivência e crescimento dos transplantes, e a adequabilidade bioclimática da Caatinga para a espécie no presente e no futuro. A espécie apresentou uma sobrevivência total de 86,61 %, um crescimento médio em altura de 18,10 cm e um crescimento médio em biomassa de 11,20 g anual, como também uma alta adequabilidade com relação para a região da Caatinga no presente (média de 0.62) e no futuro (média de 0.56). A herbivoria não influenciou o crescimento em altura da espécie ($p=0,445$, $R^2=0,003$) e sua influência negativa sob o crescimento em biomassa e sobrevivência por parcela teve um baixo poder de explicação ($p=0,029$, $R^2=0,033$; $p=0,028$; $R^2=0,138$). Acreditamos que as taxas de sobrevivência neste estudo tenham sido mais do que o dobro das encontradas em outros estudos devido as mudas terem sido transplantadas com 1 m de raiz. Os baixos valores de crescimento podem estar relacionados com o período inicial de estabelecimento das mudas em campo e a aparente resistência à herbivoria pode estar relacionada com o caráter pioneiro e decíduo da espécie. Concluímos que a Imburana pode ser altamente indicada para uso em projetos de restauração da Caatinga, devido a sua ampla adequabilidade para essa região no presente e no futuro e por apresentar características vantajosas ao seu estabelecimento neste ecossistema.

Palavras-chave: Semiárido, Adequabilidade Bioclimática, Sobrevivência, Crescimento, Herbivoria, Restauração Florestal.

ABSTRACT

Caatinga, an exclusive Brazilian biome, has suffered from strong anthropogenic pressures. This combined with natural drought, have caused major degradation, making forest restoration necessary in this challenging environment. Knowing the plant species that are able to establish themselves in degraded ecosystems can increase the success of Caatinga restoration projects. Therefore, we seek to test the capacity of a pioneer and widespread tree species *Commiphora leptophloeos* (Imburana) to survive and grow in degraded areas of Caatinga evaluating its potential to be used in Caatinga restoration projects. We measured a total of 294 transplants between 2017 and 2018 and calculated their total and partial (35) survival rates, annual growth in height and leaf biomass, as well as the influence of insect herbivory on transplant survival and growth. We also measured Caatinga bioclimatic suitability for this species for present and future conditions using niche modeling. The species had a total survival of 86.61%, an average height growth of 18.10 cm and an average annual biomass growth of 11.20 g. Imburana had a high suitability for the Caatinga region for present (average 0.62) and future (average of 0.56) scenarios. Herbivory did not influence species height ($p = 0.445$, $R^2 = 0.003$), but had a negative influence on biomass and survival per plot ($p = 0.029$, $R^2 = 0.033$; $p = 0.028$; $R^2 = 0.138$) explaining only a very small portion of the variation. Survival rates in this study were more than double in relation to those found in other studies, because seedlings were transplanted in the field with large roots (1 m length). Low growth values in comparison with other studies may be related to the fact that plants in this study were saplings and not adult trees. Additionally, the apparent resistance of Imburana to herbivory may be related to the pioneer and deciduous character of this species. We conclude that Imburana can be highly indicated for use in Caatinga restoration projects, due to its ability to grow and survive in degraded areas and its wide suitability to live on the Caatinga region for present and future conditions.

Keywords: Semiarid, Bioclimatic Suitability, Survival, Growth, Herbivory, Forest Restoration.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	Material e Método	12
2.1	Área de estudo	12
2.2	Delineamento experimental	12
2.3	Sobrevivência em campo	13
2.4	Crescimento em campo	13
2.5	Herbivoria em campo	14
2.6	Análises estatísticas	14
2.7	Modelagem da distribuição atual da espécie	14
2.7.1	Obtenção e tratamento das variáveis bioclimáticas	14
2.7.2	Obtenção dos dados de distribuição da espécie	15
2.7.3	Construção do modelo de distribuição atual da espécie	15
2.8	Modelagem da distribuição futura da espécie	16
3	RESULTADOS	16
3.1	Sobrevivência e herbivoria em campo	16
3.2	Crescimento e herbivoria em campo	17
3.2.1	Crescimento em altura	17
3.2.2	Crescimento em biomassa foliar	18
3.3	Modelagem da distribuição atual da espécie	19
3.4	Modelagem da distribuição futura	20
4	DISCUSSÃO	23
5	CONCLUSÃO	25
	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

A Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro, apresenta uma vasta biodiversidade, contemplando fauna e flora únicas, o que eleva sua importância ecológica (FRANCA-ROCHA *et al.*, 2007). É uma região caracterizada por possuir um período chuvoso curto com chuvas torrenciais e irregulares, por apresentar períodos de seca prolongados e também elevadas temperaturas e alta taxa de evapotranspiração (SENA, 2011). Além do alto estresse ambiental natural da região, esta área tem sofrido com fortes pressões antrópicas decorrentes principalmente da extração de madeira, pecuária, mineração e caça, pondo em risco esse ecossistema (ANDRADE *et al.*, 2005; FERNANDES *et al.*, 2013; MARINHO *et al.*, 2016). As pressões ambientais e antrópicas aliados à fatores socioeconômicos têm favorecido a degradação dos recursos naturais da Caatinga e, em casos mais intensos acelerado o processo de desertificação na região (SAMPAIO, 2008; SOARES, 2009). Muitas vezes o grau de degradação ambiental é tamanho que impede a recuperação natural de uma região, sendo necessário intervenções manejadas. O processo de restauração florestal, surge, então, como um aliado, pois impede o avanço da desertificação ao promover a recuperação dos processos ecológicos (ARY, 2007).

A restauração florestal é um processo que auxilia a recuperação de um ecossistema degradado, retomando a estrutura e as funções ecológicas e fisiológicas para o mais próximo do seu estado natural original, formando comunidades com alta biodiversidade e que tendam a uma rápida estabilização (REIS; *et al.*, 2003). Projetos de restauração florestal, entretanto, custam caro e tem altas taxas de insucesso na região da Caatinga. Essa falta de sucesso em projetos de restauração no semiárido está ligada principalmente a falta de métodos e conhecimentos específicos sobre o ecossistema e aos fatores naturais limitantes, parte deles associados às condições climáticas (GOMES, 2017). Entre os fatores que limitam as ações de recuperação estão a baixa disponibilidade de água e as altas temperaturas e profundidade do solo, que agem na diminuição da capacidade de estabelecimento das espécies (PATERNO, 2013). Um outro fator de estresse às comunidades vegetais da Caatinga é a ação de herbívoros sobre os transplantes (ARAÚJO & TABARELLI, 2002). A perda de tecido vegetal por herbivoria prejudica processos metabólicos e fisiológicos, afetando o crescimento, sobrevivência e reprodução da planta (LUCAS *et al.*, 2000.; SCHOONHOVEN *et al.*, 2005.; FÜRSTENBERG-HÄGG *et al.*, 2013). Sendo que algumas plantas podem ser mais tolerante a esse tipo de estresse, decorrente principalmente de algumas características presentes nas mesmas, como por

exemplo a produção de defesas químicas e mecânicas, alteração no tamanho, forma e fenologia, expressão sexual, realocação de recursos em espécie pioneiras e troca da taxa de crescimento e desenvolvimento (BEGON *et al.*, 1996). Se não contornados, todos esses fatores presentes na Caatinga levam à projetos de restauração ineficientes, resultando em alta taxa de mortalidade dos transplantes (COSTA *et al.*, 2019).

Para se obter sucesso em projetos de restauração ecológica, é necessário, dentre outros fatores, conhecer bem as espécies e o ecossistema a ser restaurado, sendo importante levar em consideração os aspectos físicos e biológicos, para a construção de um planejamento de ações e tomada de decisões eficientes (FONTANELLA *et al.*, 2009; MARTINS *et al.*, 2014). A escolha de espécies resistentes às condições bióticas e abióticas da região e com alta taxa de sobrevivência e crescimento eleva muito as chances de uma restauração florestal ter sucesso. Outro fator importante é conhecer se, com as previsões das mudanças climáticas futuras, as mesmas espécies indicadas para a restauração hoje serão as mesmas indicadas para o futuro, uma vez que as condições previstas provavelmente serão outras, como no caso da Caatinga, onde há previsões de aumento da temperatura média e diminuição da precipitação (PRADO, 2003).

A espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett., pertencente à família *Burseraceae*, conhecida popularmente como Imburana, possui características que podem fazer dela uma espécie arbórea de sucesso na restauração da Caatinga. A espécie apresenta uma ampla distribuição geográfica, ocorrendo em vários biomas brasileiros (Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga) (GIULIETTI *et al.*, 2002; CARVALHO, 2008; MAIA, 2012), e ainda apresenta um comportamento decíduo, é heliófita, ou seja é favorecida pela exposição solar, é pioneira, pode lidar com duras condições de solo, e é xerófita, apresentando estruturas especiais para sobreviver em meio árido ou semiárido (CARVALHO, 2008). A Imburana ainda possui grande importância tradicional como o uso da casca, folha, fruto, madeira, raiz e o látex para diversas funções (MAIA, 2012). A espécie ainda é descrita como de uso medicinal agindo contra inflamações, gripes, tosses, bronquites e ferimentos (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008; ANGRA *et al.*, 2007; SALIN *et al.*, 2012; LOIOLA *et al.*, 2010). A Imburana também pode ser utilizada como forragem para alimentação de animais domésticos e silvestres na seca (LEAL; VICENTE; TABARELLI, 2003; COLAÇO, 2006; DAMASCENO; SOUTO; SOUTO, 2010; FERRAZ *et al.*, 2012; MATEUS; FANTINI; MELLO, 2013).

Tendo em vista que a Caatinga é um ambiente com características estressantes para o estabelecimento das mudas, conhecer espécies que apresentem características favoráveis ao seu estabelecimento é de fundamental importância para projetos de restauração ecológica. Com isso, buscamos avaliar o potencial de uso da espécie Imburana em projetos de restauração da Caatinga, utilizando como parâmetros sua taxa de sobrevivência em campo, crescimento e resistência à herbivoria, e sua adequabilidade bioclimática no presente e no futuro. Esperamos que a Imburana, com todas suas características favoráveis para um bom estabelecimento na Caatinga, mostre ser uma espécie de sucesso para programas de restauração florestal no bioma, apresentando altas taxas de sobrevivência e crescimento, resistência à herbivoria devido ao seu caráter pioneiro, e alta adequabilidade espacial para a maior parte da região tanto no presente quanto no futuro.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no oeste Potiguar e Microrregião do Vale do Açu do estado do Rio Grande do Norte, Brasil (CPRM, 2005). A vegetação do município é do tipo hiperxerófila, com solos predominantemente Litólicos Eutróficos e Brumo não Cálculo com clima semiárido, caracterizado por altas temperaturas e baixa pluviosidade (588.8 mm ao ano) concentrada nos meses de março e abril (CPRM, 2005). O plantio foi realizado na Floresta Nacional de Açu (FLONA-Açu), em uma área de aproximadamente 3,5 hectares ($5^{\circ} 32' 20''$ S e a $36^{\circ} 57' 49''$ W) com histórico de uso agropecuário. Essa área foi cedida ao Laboratório de Ecologia da Restauração da Universidade Federal do Rio Grande do Norte desde 2013 para fins experimentais.

2.2 Delineamento experimental

Este experimento foi implementado no ano de 2016, no período de seca da região, com o plantio 16 espécies e aproximadamente 5.000 mudas, das quais 294 foram de Imburana. Todas as mudas plantadas tinham raízes em torno de 1 metro de comprimento no momento do plantio. Esse experimento de ampla escala está inserido em uma rede mundial de experimento que testam a influência da biodiversidade no funcionamento dos ecossistemas (TreeDiv). As mudas foram distribuídas em 6 tratamentos: controle,

monocultura e policultura (2, 4, 8, 16 espécies), com a composição de espécies aleatorizadas e triplicadas, distribuídas em 155 parcelas. Cada parcela possui 32 plantas dispostas em fileiras de oito por quatro e distantes entre si por 2 m. Cada muda foi plantada com 8 litros de água, sendo 4 colocados na cova antes do seu plantio e mais 4 colocados na coroa da cova após o plantio da muda. A cada ano, após o primeiro ano do plantio, coletamos dados de sobrevivência, crescimento e herbivoria das espécies plantadas. As plantas que não sobrevivem de um ano para o outro são replantadas para manter a estrutura do experimento.

2.3 Sobrevivência em campo

A sobrevivência foi calculada através da proporção entre plantas mortas e vivas de um ano para outro. Foi considerada viva a planta no ano do monitoramento que estava viva no ano anterior, evitando contabilizar as mortas que foram replantadas entre os anos. Com isso calculamos o percentual de sobrevivência por meio do número de plantas que sobreviveram no ano de monitoramento dividido pelo número total de mudas vivas no ano anterior multiplicado por 100. Esse cálculo foi feito tanto para a porcentagem total de sobrevivência da Imburana entre os anos de 2017 e 2018, quanto para a porcentagem de sobrevivência por parcela (35 parcelas que contém a Imburana).

2.4 Crescimento em campo

O crescimento total das plantas foi calculado por meio da altura e da biomassa de cada uma disposta no campo. A altura foi medida em centímetros com o auxílio de uma fita métrica sempre acompanhando o galho de maior comprimento e a biomassa através do número de folhas multiplicado por uma constante equivalente à média do peso foliar seco de 3 folhas de 5 plantas da espécie. Para o cálculo do crescimento total em altura, realizamos a diferença entre a altura de 2018 pela altura de 2017 e para a biomassa, contabilizamos a biomassa de 2018 subtraída da biomassa de 2017. Sendo que os indivíduos mortos não foram considerados na análise. Após a diferença entre a altura de 2018 pela altura de 2017, removemos os valores negativos do modelo visto que estes possivelmente representavam a quebra acidental das plantas entre os anos e não o quanto a planta cresceu nesse período.

2.5 Herbivoria em campo

A proporção de herbivoria foi calculada através da divisão do número de folhas herbivoradas pelo número de folhas totais, de cada uma das Imburanas, multiplicado por 100. As plantas que morreram não foram consideradas na análise.

2.6 Análises estatísticas

Para analisar o impacto da herbivoria no crescimento e na sobrevivência da espécie em campo, realizamos três regressões lineares simples. A primeira, onde levamos em consideração a sobrevivência como variável resposta (Y) pela herbivoria como variável preditora (X) contendo os dados por parcela de 2018. A segunda, onde tínhamos o crescimento em altura como variável resposta (Y) pela herbivoria como variável preditora (X) levando em consideração o crescimento entre os anos de 2017 e 2018 por indivíduo em relação à porcentagem de herbivoria do ano de 2017. E a terceira, onde tínhamos o crescimento em biomassa como variável resposta (Y) pela herbivoria como variável preditora (X), utilizando o crescimento em biomassa entre os anos de 2017 e 2018 por indivíduo em relação a porcentagem de herbivoria no ano de 2017.

2.7 Modelagem da distribuição atual da espécie

2.7.1 Obtenção e tratamento das variáveis bioclimáticas

Os modelos de distribuição das espécies (SDM) foram construídos a partir de camadas de variáveis bioclimáticas (solo e clima) e de dados georreferenciados de ocorrência da espécie. As variáveis climáticas foram extraídas a partir do *WorldClim* (<http://www.worldclim.org>) na resolução de 2.5 arcmin (~5km), que estabelece 19 variáveis preditoras sobre temperatura e precipitação atuais (1960 - 1990). Dentre as 19 variáveis climáticas, removemos do modelo as altamente correlacionadas, visando diminuir a chance de superestimarmos o modelo. Essas variáveis foram removidas através do teste de correlação de Pearson quando os valores foram superiores e inferiores a 0.7 e -0.7. Após essa etapa de exclusão, restaram quatro variáveis climáticas: a faixa de temperatura anual que corresponde à diferença entre a temperatura máxima do mês mais quente e a temperatura mínima do mês mais frio (Bio7); a temperatura média do trimestre mais frio (Bio11); a precipitação do trimestre mais quente (Bio18); e a precipitação do trimestre mais frio (Bio19). Além das variáveis climáticas foram acrescentadas ao modelo as variáveis de solo extraídas do banco de dados *SoilGrid* (<https://soilgrids.org>) com resolução de 10km, passando pelo mesmo processo de seleção das climáticas e restando também quatro delas.

As variáveis de solo pouco correlacionadas foram: compactação do solo; fertilidade do solo; altura acima do nível de drenagem; e quantidade de areia (altamente correlacionada com silte e argila). Com a intenção de manter os pixels na mesma resolução executamos a função *aggregate* no R 3.5.1 (R Core Team 2018) que dividiu os pixels das camadas de solos a fim de terem o mesmo tamanho dos pixels das camadas climáticas. Utilizamos a extensão do Brasil como *background* para a construção dos modelos e em seguida recortamos para a extensão da Caatinga, área de interesse deste estudo (latitudes mínima e máxima de 16°S – 2°S e longitudes mínima e máxima de 44°W – 35°W).

2.7.2 Obtenção dos dados de distribuição da espécie

Os dados de ocorrência da Imburana (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillet), foram obtidos por meio do banco de dado *online NeoTropTree* (<http://www.neotroptree.info/>) e abrangeu toda a distribuição conhecida da espécie, no caso foram 143 registros de ocorrência da espécie. Esse banco de dados é alimentado por especialistas que se esforçam para melhorar a acurácia do banco de dados visando a eliminação de registros de ocorrência falhos e errôneos nos mais diversos grupos de plantas arbóreas do neotrópico.

2.7.3 Construção do modelo de distribuição atual da espécie

A partir das 4 variáveis climáticas, das 4 variáveis de solo e dos dados de ocorrência da Imburana, construímos 48 modelos de distribuição atual da espécie e selecionamos o melhor modelo através do *software* MaxEnt versão 3.4.1 (PHILLIPS *et al.*, 2006) com o pacote *ENMeval* versão 0.3.0 (MUSCARELLA *et al.*, 2014) e o pacote *dismo* versão 1.1-4 (HIJMANS *et al.*, 2017) no R 3.5.1. O *ENMeval* particiona automaticamente os dados de distribuição em dados de treinamento e de teste para a construção dos modelos além de criar vários modelos de nicho ecológico com diferentes métricas que nos permite selecionar o modelo mais equilibrado entre a qualidade do ajuste e sua complexidade. O modelo foi avaliado pelo $\Delta AICc$ (*Corrected Akaike Information Criterion*) associado a um AUC (*Area Under the receiver operating characteristic Curve*) baseado nos dados de treinamento e de teste executados pelo método *block* (método mais indicado para modelos que mudam no tempo ou no espaço). O AUC varia de 0.5 para um padrão equivalente ao aleatório à 1.0 para um modelo de alta capacidade preditiva (PHILLIPS *et al.*, 2006).

2.8 Modelagem da distribuição futura da espécie

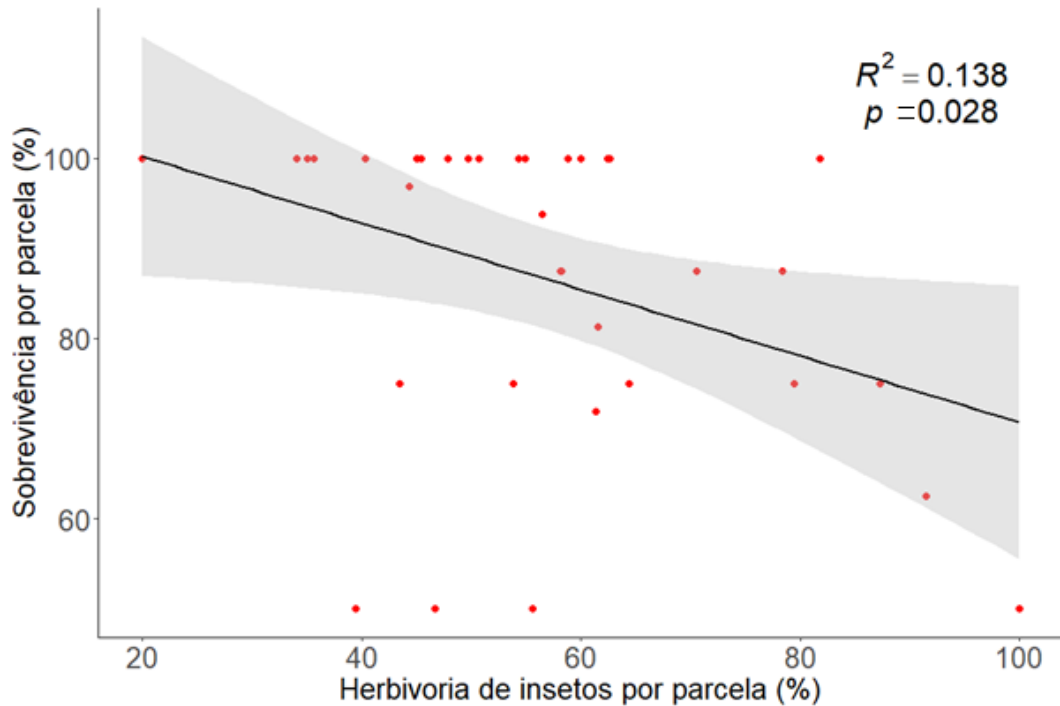
Para construção do modelo de distribuição da espécie (SDM) no futuro, reprojeteamos o SDM construído para o presente com as variáveis climáticas do ano de 2050 que corresponde à média da previsão dos anos de 2041 a 2060. As variáveis climáticas do futuro são calculadas por diferentes modelos de Circulação Global (GCM - *General Circulation Models*) associadas aos diferentes cenários de emissões de gases do efeito estufa (GEE) (*RCP - Representative Concentration Pathways* – RCP 2.6, 4.5, 6.0 e 8.5). Segundo o RCP 2.6 o pico de emissão de GEE deve ocorrer entre 2010-2020 e depois ocorrer uma diminuição substancial; já o RCP 4.5 descreve que o pico de emissão será em 2040 e depois deve diminuir logo em seguida (IPCC, 2014), no RCP 6.0 deve ocorrer uma alta emissão de GEE com seu pico ocorrendo em 2080 e só depois dessa data é que deve ocorrer diminuição. Por fim, o cenário mais catastrófico o RCP 8.5 supõe que durante todo o século XXI deve ocorrer aumento nas emissões de GEE (IPCC, 2014). No presente estudo realizamos a média de 11 diferentes modelos de Circulação Global (BCC-CSM1-1, CCSM4, GISS-E2-R, HadGEM2-AO, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC-ESM-CHEM, MIROC-ESM, MIROC5, MIRI-CGCM3 e NorESM1-M) para cada um dos 4 cenários de emissões de gases do efeito estufa.

3 RESULTADOS

3.1 Sobrevivência e herbivoria em campo

A sobrevivência da Imburana em campo variou de 50 e 100% entre as diferentes parcelas e apresentou uma média total de sobrevivência de 86,61% entre os anos de 2017 e 2018. A porcentagem de herbivoria por parcela variou de 19,95 à 62,51%, com média de 56,81% e influenciou negativamente a sobrevivência da Imburana ($p= 0,028$; $R^2 = 0,138$) (Figura 1). Essa relação explica em torno de 14% da mortalidade da espécie em campo.

Figura 1 - Variação da sobrevivência em função da herbivoria, por parcela, de Imburana (*Commiphora leptophloeos*) em um experimento de restauração florestal. Os dados de herbivoria correspondem ao percentual de folhas herbivoradas em relação ao total de folhas. E os dados de sobrevivência correspondem a proporção de plantas mortas pelas vivas entre os anos de 2017 e 2018. A reta do modelo em preto é acompanhada do intervalo de confiança em cinza e os pontos em vermelho correspondem aos dados.



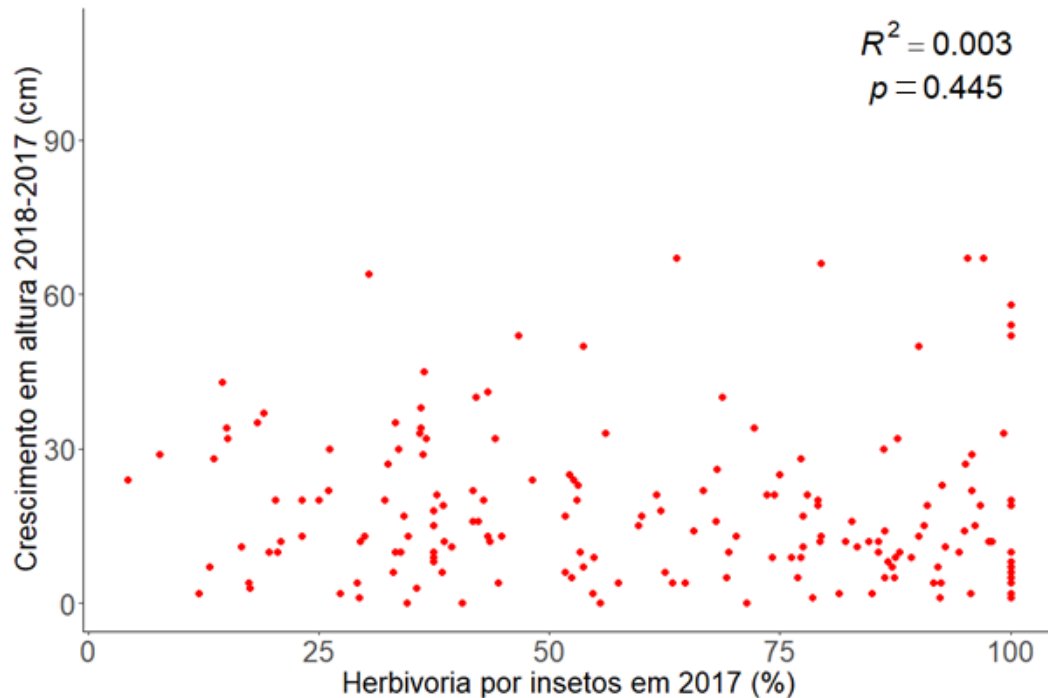
Fonte: Milena Cordeiro (2019).

3.2 Crescimento e herbivoria em campo

3.2.1 Crescimento em altura

O crescimento da parte aérea dos indivíduos de Imburana em campo variou de 0,00 cm à 67,00 cm em um ano (entre 2017 e 2018), com média de crescimento de 18,10 cm. A porcentagem de herbivoria por indivíduos de imburana em 2017 variou de 4,27 à 100 % com média de 60,92 %. A análise da regressão demonstrou que o crescimento em altura não é limitado pela herbivoria em campo ($p=0,445$, $R^2=0,003$) (Figura 2).

Figura 2 - Variação do crescimento em altura dos indivíduos de Imburana (*Commiphora leptophloeos*) em campo entre os anos de 2017 e 2018 em função do percentual de folhas herbivoradas por insetos por indivíduo no ano de 2017.

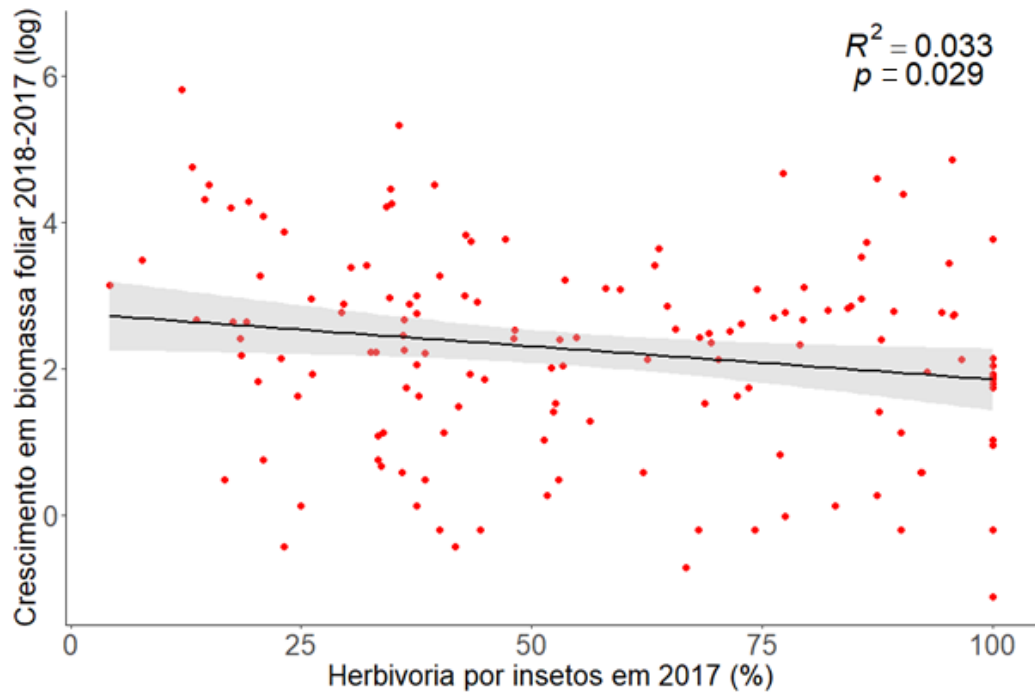


Fonte: Milena Cordeiro (2019).

3.2.2 Crescimento em biomassa foliar

A taxa média de crescimento em biomassa foliar dos indivíduos de Imburana variou de -36,60 à 330,37 g (log: -1,123 – 5,800) entre os anos de 2017 e 2018 e apresentou uma média de 11,2 g (log: 2,250) de crescimento em biomassa foliar anual. A herbivoria por insetos em indivíduos de imburana em 2017 variou entre 4,27 à 100 % com média de 55,93 % e influenciou na diminuição do crescimento em biomassa foliar em 2018 ($p=0,029$, $R^2=0,033$) (figura 3). Essa relação explica em torno de 3,3% do crescimento em biomassa foliar da espécie em campo.

Figura 3 - Variação do crescimento em biomassa dos indivíduos de Imburana (*Commiphora leptophloeos*) em um experimento de restauração florestal em função da porcentagem de herbivoria por insetos por indivíduo. A biomassa representa a diferença entre a biomassa do ano de 2018 e a de 2017. Para cada ano, ela corresponde ao número de folhas multiplicado por uma constante de peso foliar da espécie. A herbivoria representa à porcentagem de folhas herbivoradas em relação ao total de folhas no ano de 2017.



Fonte: Milena Cordeiro (2019).

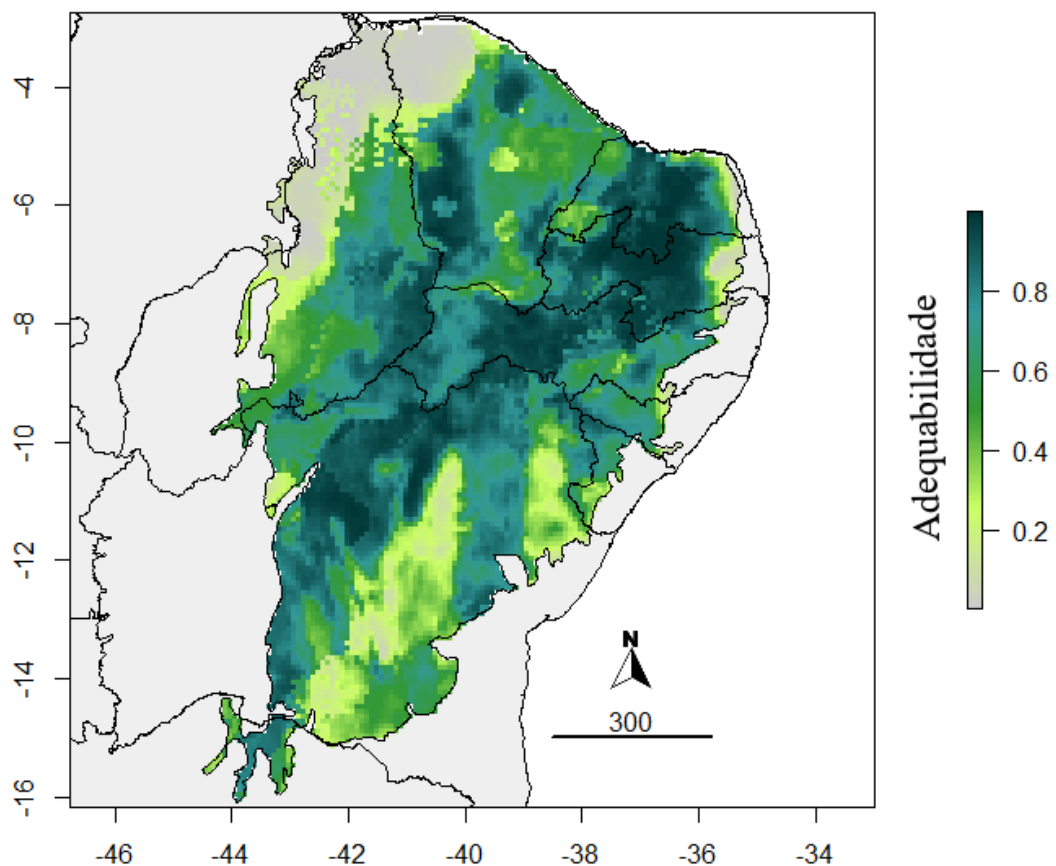
3.3 Modelagem da distribuição atual da espécie

O valor de AUC para a espécie Imburana foi de 0.91, o que indica uma excelente performance do modelo. A escala de cores da figura 4 representa os valores de adequabilidade bioclimática para a espécie na região da Caatinga. Quanto mais intenso os tons de verde maior a adequabilidade local, ou seja, mais a região apresenta condições bioclimáticas favoráveis para a ocorrência da espécie. A espécie *Commiphora leptophloeos* apresenta uma ampla adequabilidade, apresentando um valor médio de 0.62 para a região da Caatinga e podendo ocorrer em quase toda a região. A sua maior adequabilidade se encontra na região central da Caatinga e nos limites com a Mata Atlântica. A adequabilidade diminui na parte noroeste da Caatinga e um pouco na região sul, quando se aproxima da região do Cerrado.

Os estados que apresentaram uma maior adequabilidade do modelo foram Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia e Sergipe. O modelo ainda apresentou uma boa adequabilidade entre os estados do Ceará, Piauí e parte do estado do Maranhão.

Figura 4 - Modelo de distribuição atual da Imburana (*Commiphora leptophloeos*). O aumento da intensidade das cores representa o aumento da adequabilidade para a distribuição da espécie.

Adequabilidade da distribuição atual da Imburana (*Commiphora leptophloeos*) para a região da Caatinga



Fonte: Milena Cordeiro (2019).

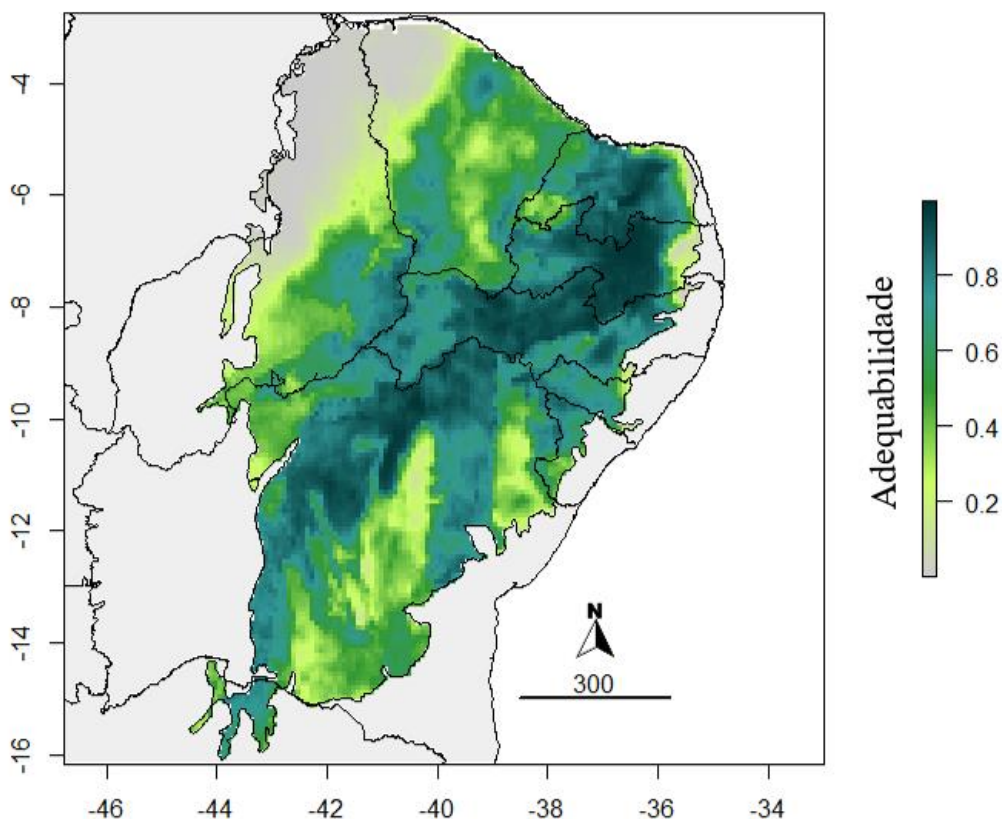
3.4 Modelagem da distribuição futura

O modelo de distribuição da Imburana para o futuro (Figura 5), levando em consideração as mudanças climáticas, mostrou uma distribuição bastante similar à distribuição no presente (Figura 4), com algumas perdas no estado do Maranhão, Piauí e Ceará. Algumas áreas ainda apresentaram ganho de adequabilidade, como a porção próxima a região da Chapada Diamantina e outras regiões de altas altitudes próximas aos

limites da Mata Atlântica. A adequabilidade média para a região foi de 0,56, com várias regiões superiores a 0, 80.

Figura 5 - Modelo de distribuição futura para o ano de 2050 da espécie imburana (*Commiphora leptophloeos*). A intensidade das cores representa os locais de alta adequabilidade para a distribuição da espécie (tons de verde mais escuro).

Adequabilidade da distribuição futura (2050) da Imburana (*Commiphora leptophloeos*) para a região da Caatinga

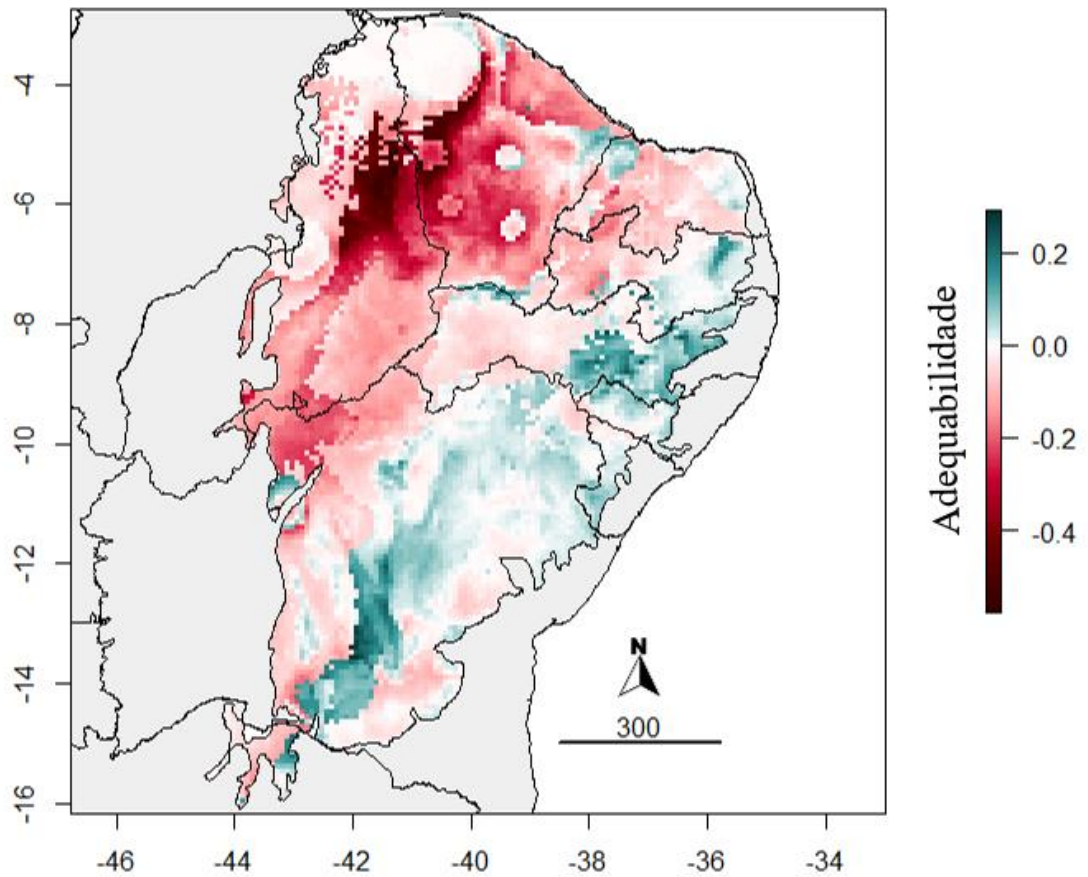


Fonte: Milena Cordeiro (2019).

A perda e ganho de adequabilidade com as mudanças climáticas é melhor visualizada quando projetamos a diferença entre o modelo de distribuição futura e o atual (Figura 6). Na Figura 6 representamos os ganhos de adequabilidade para a espécie em tons de verde, as perdas em tons de vermelho e as regiões que não perdem nem ganham em adequabilidade em tons próximos ao branco. Os ganhos em adequabilidade são menos expressivos em torno de 0,2, mas ainda sim indicam que esses locais se tornarão ainda melhores quanto às variáveis bioclimáticas no futuro. Já as perdas que ocorrem principalmente à noroeste chegam a valores um pouco mais expressivos, superiores a 0,4, indicando que essas áreas (em vermelho mais vivo) não serão mais tão propícias para o estabelecimento da espécie.

Figura 6 - Projeção de perdas e ganhos entre o modelo de distribuição futuro e o atual da espécie Imburana (*Commiphora leptophloeos*). Os tons de verde representa ganho em adequabilidade, os tons vermelhos representa perda em adequabilidade e os brancos nem perda e nem ganho.

Perdas e ganhos em adequabilidade da Imburana (*Commiphora leptophloeos*) entre o ano de 2050 e o tempo atual para a região da Caatinga



Fonte: Milena Cordeiro (2019).

4 DISCUSSÃO

A Imburana, *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett., no nosso estudo, demonstrou ser uma espécie importante para programas de restauração da Caatinga, uma vez que apresentou uma alta porcentagem de sobrevivência, cerca de 86,6% das mudas plantadas sobreviveram no espaço de um ano; apresentou um crescimento médio em altura e em biomassa de (18,10 cm, 11.2 g ao ano) respectivamente; a herbivoria por insetos influenciou fracamente a sobrevivência e o crescimento em biomassa; além da espécie apresentar altos índices quando levamos em consideração a média de adequabilidade para a região da Caatinga, mesmo com as mudanças climáticas previstas que indicam aumento na aridez para a região, podendo a espécie ser indicada para projetos de restauração tanto no presente quanto no futuro.

A Imburana apresentou uma sobrevivência cerca de 2,5 vezes maior no nosso estudo (mais que o dobro) do que a encontrada em outros trabalhos, como o de BARROS, *et al* (2010), que observou uma média de sobrevivência de 35,2%. Barros justifica que a baixa sobrevivência foi devido a colonização da área do plantio por uma espécie de estágio sucessional mais tardio, pelo plantio ter sido feito de uma única vez e pela incidência solar direta sobre os transplantes no estágio inicial do estabelecimento. Já o sucesso da espécie em nosso experimento, muito provavelmente, está relacionado com a nova técnica de produção de mudas desenvolvida pelo Laboratório de Ecologia da Restauração da UFRN, onde as mudas já são transplantadas com cerca de 1 m de raiz e com bastante reserva de água e carboidratos e também devido aos replantes anuais das plantas que não sobreviviam o que garantia uma certa estabilidade do experimento.

Quanto ao crescimento em altura a espécie Imburana apresentou um crescimento de 2 a 3 vezes menor do que, por exemplo, o feijão-bravo (*Cynophalla hastata*), também uma espécie pioneira, como mostrado no trabalho de LOPES (2002) feito no Cariri Paraibano/PB, onde verificou um crescimento anual de árvores já estabelecidas de 0,45, 1,03 e 0,44 m, em plantas intactas, podadas e induzidas (por meio de corte dos botões florais nos galhos). Entretanto, de acordo com CARVALHO (2008) esse crescimento lento da Imburana pode ser característica dos primeiros anos de desenvolvimento da planta, tendo maiores expectativas de crescimento nos anos seguintes. NASCIMENTO *et al.*, (2006) também descreveram o crescimento dos vegetais como uma curva sigmóide, com uma fase

inicial de crescimento lento, seguida por uma de rápido crescimento, e uma fase final de crescimento lento ou ausente, coincidindo com a senescência das plantas, podendo a nossa espécie está ainda nessa fase inicial, pelas plantas ainda serem muito jovens, diferentemente das do experimento em comparação, onde as plantas já seriam mais velhas. Já com relação ao crescimento em biomassa a Imburana apresentou um crescimento cerca de 2,0 vezes menor do que o observado por (VIRGENS *et al.*, 2017) estudando espécies florestais já estabelecidas dentre elas a imburana, em uma (FLONA) no município de Contendas do Sincorá (BA), onde obteve um crescimento em biomassa por meio do método destrutivo (abatimento da árvore) de cerca de 20 g por árvore já estabelecidas. Esse menor crescimento em biomassa no nosso experimento pode ser decorrente do fato das plantas ainda serem muito jovens e ainda estarem se aclimatando ao ambiente em que foram plantadas, pode ser decorrente ainda do período de coleta das folhas e do método utilizado. Outro fator é que as plantas podem estar investindo mais em crescimento de raiz do que em crescimento aéreo, garantindo o acesso às zonas mais profundas do solo onde há maior disponibilidade de água. Isso é decorrente da forte sazonalidade climática e baixa disponibilidade hídrica da região e do período do plantio (TREJO e DIRZO, 2000).

A herbivoria por insetos não limitou o crescimento em altura da Imburana e teve pouca influencia na sobrevivência e no crescimento em biomassa. Isso pode ser decorrente do caráter decíduo dessa espécie, onde as plantas perdem as folhas para garantir uma diminuição principalmente da perda de água, aumentando a sobrevivência dos indivíduos em condições desfavoráveis (REICH & BORCHERT, 1984; MOHR & SCHOPFER, 1995). Esse mecanismo de perda das folhas já foi descrito como uma importante estratégia de defesa contra a herbivoria (KARBAN, 2007). Além disso, por ser uma espécie pioneira, a perda de folhas ou de partes de folhas parece não comprometer o desenvolvimento do indivíduo, tendo em vista que há uma realocação de recursos (BEGON, 1993), o que garante que a planta consiga investir em outras partes, como no caso o crescimento em altura e também em raiz. Trabalhos como o de PRATTE-SANTOS (2010), feito na Reserva Biológicas de Duas Bocas (ES), descreve que espécie pioneiras têm como principal estratégia contra a herbivoria o crescimento rápido e alta troca de folhas.

O modelo de distribuição atual da Imburana revela altos índices de adequabilidade para a região da Caatinga, com condições climáticas e de solo favoráveis para sua ocorrência em quase todo o bioma. Esse padrão se repete sob as mudanças climáticas globais, com pequenas mudanças na adequabilidade, indicando que essa espécie pode ser

utilizada hoje e que seu uso continuará adequado no futuro. Esse cenário de adequabilidade foi visto também por OLIVEIRA, *et al* (2012) em estudo feito com remanescente de vegetação natural da Caatinga sobre as mudanças climáticas, onde indicou um ganho em adequação climática, sendo considerado como um local de refugio climático para espécies endêmicas. A adequabilidade é menor, tanto no presente quanto no futuro, à noroeste da Caatinga próximo ao Cerrado. Essa menor adequabilidade pode ser decorrente da influência da sazonalidade climáticas e da elevada dinâmica dessa região ecotonal (NOBLE, 1993). Algumas regiões, no futuro, ainda aumentarão em adequabilidade. Essas regiões estão, na maioria dos casos, relacionadas à altas altitudes.

5 CONCLUSÃO

A Imburana apresenta uma ampla adequabilidade para a região da Caatinga, tanto no presente quanto no futuro, podendo ser indicada para projetos de restauração florestal em praticamente todo o bioma. A espécie ainda apresentou outras características favoráveis ao seu estabelecimento na Caatinga, como alta porcentagem de sobrevivência e baixa influência da herbivoria por insetos na mortalidade e crescimento. Deste modo, desde que sejam empregadas técnicas adequadas de produção de mudas, levando em consideração as características da região, a Imburana pode ser indicada como uma espécie de ótimo estabelecimento e sobrevivência no semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

- AGRA, M. F.; BARACHO, G. S.; NUTRI, K.; BASÍLIO, I. J.; COELHO, V. P. Medicinal and poisonous diversity of the flora of “Cariri Paraibano”, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, Irlanda, v. 111, n. 2, p. 383-395, 2007.
- ALBUQUERQUE, U. P.; SILVA, V. A. da. CABRAL, M. C.; ALENCAR, N. L.; ANDRADE, L. H. C.. Comparisons between the use of medicinal plants in indigenous and rural Caatinga (dryland) communities in NE Brazil. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas medicinales y Aromáticas**, Santiago, v. 7, n. 3, p. 156-170, 2008
- ANDRADE, L. A.; PEREIRA, I. M.; LEITE, U. T.; BARBOSA, M. R. V. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de Caatinga com diferentes históricos de uso no município de São João do Cariri/ PB. **Cerne**, 11(3), 253-262, 2005.
- ARAÚJO, E.L. & TABARELLI, M. Estudos de ecologia de populações de plantas do nordeste do Brasil. In: **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. (E. L. ARAÚJO, A. N; MOURA, E. V. S. B; SAMPAIO, L. M. S; GESTINARI, & J. M. T. CARNEIRO, eds.). Imprensa Universitária, Recife. p.135-142, 2002.
- ARY, J. C. A. FNE e o Semiárido: Da Obrigação à Otimização. **Revista Economia**, v. 44, p. 199–212, 2007.
- BARROS, B. C; SILVA, J. A. A; FERREIRA, R. L. C; REBOUÇAS, A. C. M. N. Volumetria e sobrevivência de espécies nativas e exóticas no Polo Gesseiro do Araripe, PE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 641-647, out.-dez., 2010.
- BEGON, M.; MORTIMER, M.; THOMPSON, D. J. **Population Ecology**: a unified study of animals and plants. 3 ed. Oxford: Blackwell, 1996
- CARVALHO, P. E. R. Imburana-de-Espinho - *Commiphora leptophloeos*. In: **Comunicado técnico**, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas, 2009.
- COLAÇO, M. A. S. **Etnobotânica dos índios Pankararé, no Raso da Catarina – Bahia**: uso e importância cultural de plantas da caatinga. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia.
- COSTA, T. L. N.; SILVA, B. R. F.; UCELLA FILHO, J. G. M.; AZEVÊDO, T. K. B. **Desenvolvimento inicial de seis espécies da caatinga produzidas em recipientes biodegradáveis**. II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 2019.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Açu, estado do Rio Grande do Norte /** Organizado [por] MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C.;

PIRES, S. T. M.; ROCHA, D. E. G. A.; CARVALHO, V. G. D. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

DAMASCENO, M. M.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Etnoconhecimento de espécies forrageiras no semi-árido da Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 219 -228, 2010.

FERNANDES, M. F.; BARBOSA, M. P.; MORAIS NETO, J. M. Análise de classes de uso de terras no município de Araripina/PE: um estudo comparativo. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Foz do Iguaçu/PR, Brasil, 2013.

FERRAZ, J. S. F. et al. Usos de especies leñosas de la caatinga del municipio de Floresta en Pernambuco, Brasil: conocimiento de los indios de la aldea Travessão do Ouro. **Bosque**, Valdivia, v. 33, n. 2, p. 183-190, 2012.

FONTANELLA, A. *et al.* Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio da Ilha, Taquara, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 1, p. 23–41, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Google Drive/Biblioteca_Fabi/Separatas/Fontanella et al._2009_Revista Brasileira de Biociências_Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio da Ilha, Taquara, Rio Grande do Sul, Brasil.pdf>.

FRANCA-ROCHA, W.; SILVA, A. B.; NOLASCO, M. C. *et al.*; **Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma**. n. December 2014, p. 1–84, 2007.

FÜRSTENBERG-HÄGG, J., ZAGROBELNY, M. & BAK, S. 2013. Plant Defense against Insect Herbivores. **International Journal of Molecular Sciences**, 14: 10242-10297.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; BARBOSA, M. R. V.; BOCAGE NETA, A. L.; FIGUEIREDO, M. A. Plantas endêmicas da Caatinga. In: **Vegetação e flora das Caatingas**. Recife: APNE/ CNIP, Recife, PE, 2002. p. 103-115

GOMES, J. M. **Restauração ecológica de área ciliar degradada da caatinga do rio são Francisco**. Pernambuco, 2017.

HIJMANS, R. J. *et al.* **Package “dismo” Type Package Title Species Distribution Modeling**, 2017.

IPCC. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes. A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 190 pp. **Climate Change** 2014.

KARBAN, R. Deciduous leaf drop reduces insect herbivory. **Oecologia**, v. 153, n. 1, p. 81–88, 2007.

LEAL, I. R.; VICENTE, A.; TABARELLI, M. Herbivoria por caprinos na caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M.

C. (Ed.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. cap. 17, p. 695-715

LOIOLA, M. I. B.; ROQUE, A. A.; ROCHA, R. M. Uso e diversidade de plantas medicinais da Caatinga na comunidade rural de Laginhas, município de Caicó, Rio Grande do Norte (nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 31-42, 2010.

LOPES, W. B. **Estudo do feijão-bravo (*Capparis flexuosa* L.), como forrageira nativa no cariri paraibano**. 2002, 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia.

LUCAS, P. W. et al. *Mechanical Defences to Herbivory*. *Annals of Botany*, v. 86, p. 913-920, 2000.

MAIA, G. N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades**. 2. ed. Fortaleza: Printicolor Gráfica e Editores, 2012. 413 p.

MARINHO, F. P.; MAZZOECHINI, G.G.; MANHÃES, A. P.; WEISSER, W. W.; GANADE, G. Effects of past and presente land use on vegetation cover and regeneration in a tropical dryland forest. **Journal of Arid Environments**, 132, 26-33, 2016.

MARTINS, S. V. et al. **Manual de procedimentos gerais para a restauração florestal no estado do Espírito Santo**. p. 23, 2014.

MATEUS, F. A. P. S.; FANTINI, A. C.; MELLO, A. A. Arbóreas forrageiras: pastagem o ano inteiro na caatinga sergipana. **Revista Cadernos de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 8, n. 1, p. 74-83, 2013.

MOHR, H. & SCHOPFER, P. 1995. **Plant Physiology**. Berlin: Springer Verlag. 629 p.

MUSCARELLA, R.; GALANTE, P. J.; SOLEY-GUARDIA, M.; BORJA, R.A.; KASS, J. M.; URIARTE, M.; ANDERSON, R.P. 2014. **ENMeval**: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for MAXENT ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution*, 5:1198-1205.

NASCIMENTO, M. P. S. C. B., et al. Análise do crescimento e do valor forrageiro de mata-pasto para a produção de feno. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 03, p. 215-220, 2006

NOBLE, I.R. 1993. A model of the responses of ecotones to climate change. **Ecological Applications** 3(3):396-403.

OLIVEIRA, G., ARAÚJO, M. B.; RANGEL, T. F. et al. **Biodivers Conserv** (2012) 21: 2913. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0346-7>

PATERNIO, G. B. C. **O Papel de interações positivas entre plantas na regeneração de áreas degradadas na Caatinga**. p. 95, 2013.

PHILLIPS, S. B. et al. Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. **International Journal of Global Environmental Issues**, v. 6, n. 2-3, p. 231-252, 2006.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. **Ecologia e Conservação da Caatinga**, n. May, p. 3–73, 2003.

PRATTE-SANTOS, R. Herbivoria comparada em *Polygala spectabilis* e *Piper lhotzkyanum*, na floresta atlântica na Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, Espírito Santo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 8, p. 60–62, 2010.

REICH, P.B. & BORCHERT, R. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, 72: 61-74.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza e Conservação**, v. 1, n. 1, p. 28–36, 2003.

SALIN, T. C.; FERREIRA, R. L. C.; FORMIGA, S. A.; ALEIXO, J. A. S.; ALVES JR, F. T. Caracterização de sistemas agrícolas produtivos no semiárido brasileiro como bases para um planejamento agroflorestal. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 109-118, 2012.

SAMPAIO, E. V.S.B.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Propensão á desertificação no Semi-Árido Brasileiro. **Revista de Geografia** (Recife), v. 22, n. 2, p. 59–76, 2008.

SCHOONHOVEN, L.M., VAN LOON, J.J.A. & DICKE, M. 2005. **Insect Plant Biology**. Oxford: Oxford University Press. 440 p.

SENA, L. M. M. **Conheça e Conserve a Caatinga - O Bioma Caatinga**. . [S.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/images/abook/pdf/2sem2015/novembro/No.15.33.pdf>>. , 2011.

SOARES, S. M. P. Banco de sementes, chuva de sementes e o uso de técnicas de nucleação na restauração ecológica de uma clareira dominada por *Melinis minutiflora* P. Beauv. **Ecologia**, p. 111, 2009. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ecologia/files/2009/11/dissertacao_silvia_soares.pdf#page=75>.

TREJO, I; DIRZO, R. Deforestation of seasonally dry tropical forest: A national and local analysis in Mexico. **Biological Conservation**, v. 94, n. 2, p. 133–142, 2000.

VIRGENS, A. P. *et al.* Biomassa de espécies florestais em área de caatinga arbórea. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 555–561, 2017.