

Universidade de Brasília
Centro de Desenvolvimento Sustentável
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável

A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Parque Nacional de Brasília, DF: implicações ambientais de uma espécie exótica invasora

Marília Teresinha de Sousa Machado

Tese de Doutorado

Brasília-DF, maio/2018

Marilia Teresinha de Sousa Machado

A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Parque Nacional de Brasília, DF: implicações ambientais de uma espécie exótica invasora

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Drummond
Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Dudeque Zenni

Brasília-DF, maio/ 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Centro de Desenvolvimento Sustentável
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável

TERMO DE APROVAÇÃO

A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Parque Nacional de Brasília, DF: implicações ambientais de uma espécie exótica invasora

Marilia Teresinha de Sousa Machado

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Sustentável.

Área de Concentração: Política e Gestão Ambiental.

Aprovada em 22 de maio de 2018.

Banca Examinadora:

Orientador:

Profº Dr. José Augusto Drummond
Centro de Desenvolvimento Sustentável, CDS/ UnB

Membro externo:

Profª Dra. Vívian da Silva Braz
Centro Universitário de Anápolis

Membro externo:

Profª Dra. Josiane do Socorro Aguiar de Souza
Faculdade do Gama, FGA/UnB

Membro interno:

Profª Dra. Cristiane Gomes Barreto
Centro de Desenvolvimento Sustentável, CDS/UnB

DEDICATÓRIA

À minha família, pelo incentivo.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo incentivo e apoio na realização de um ideal.

Ao meu filho Luiz Gustavo Machado de Carvalho um agradecimento especial pela ajuda incansável ao longo de todo trabalho escrito.

À colega Sandra Daniela Manzano Guzmán um agradecimento especial por sua ajuda no trabalho de campo e pelas jornadas diárias de coleta de material e levantamento de dados.

Aos funcionários do Parque Nacional de Brasília, em especial aos colegas Cristiane Horowitz, Juliana de Barros Alves, Antônio Oliveira dos Santos (Bigode) e Enrique Mieza Balbuena.

À Polícia Militar do Distrito Federal, Batalhão de Polícia Militar Ambiental e aos policiais militares que me acompanharam nas saídas de campo na área da Estrutural.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa auxílio trabalho de campo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília pelos conhecimentos recebidos.

Aos professores Rosana Tidon, John Du Val Hay e Isabel Belloni Schimdt do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília pelos conhecimentos recebidos nas disciplinas cursadas no Instituto.

Aos meus colegas de turma pelos momentos prazerosos.

À professora Dr^a. Cristiane Gomes Barreto pela amizade e conversas esclarecedoras.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Rafael Dudeque Zenni que me ajudou muito. Obrigada pela atenção e pelo interesse em me ajudar. Ele foi fundamental para o desenvolvimento desta tese.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jose Augusto Drummond, que me ajudou em todo o processo de elaboração da tese. Agradeço pelos quatro anos de convívio. Obrigada pelas sugestões, pelas correções e pelos incontáveis rabiscos. Um agradecimento especial pelo apoio e por ter acreditado na minha capacidade de trabalho e, principalmente, por ter aceitado me orientar.

RESUMO

O objetivo dessa tese é entender o processo de introdução da espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Parque Nacional de Brasília (PNB) para identificar as principais características ambientais que contribuíram para o sucesso do seu processo de invasão e as alterações ambientais causadas nas áreas de estudo de forma a preencher uma lacuna de pesquisa sobre espécies invasoras em Unidades de Conservação de Proteção Integral. Para atingir esse objetivo, definiu-se três caminhos: (i) no primeiro foi realizado um contexto histórico sobre os registros de ocorrência da espécie no passado e no presente tendo como ponto de partida a sua data de introdução intencional por instituição de pesquisa; também foi projetada a sua distribuição geográfica presente e futura no território brasileiro com o uso de modelos de distribuição geográfica; (ii) no segundo verificou-se a ocorrência da espécie *Leucaena leucocephala* na área de estudo no PNB, para avaliar se a espécie pode ser considerada invasora em ambientes preservado e alterado independente da distância do ponto de introdução. A população foi caracterizada quanto ao número de indivíduos e aos estágios de vida encontrados. Foi avaliado se o tipo de ambiente onde ela se encontra e se a luminosidade são fatores limitantes para o crescimento da população e para a produção de frutos. Os resultados mostraram que a distância percorrida pela espécie permite classificá-la como invasora e que existe semelhança entre parcelas em ambiente preservado e alterado quanto às variáveis selecionadas; (iii) no terceiro procurou-se comparar a taxa de crescimento populacional da espécie *Leucaena leucocephala* em áreas preservada e alterada no PNB para identificar os estágios de vida e as taxas vitais mais importantes para a dinâmica populacional e verificar a variação da estrutura de tamanho entre as populações. Os resultados indicaram que as altas taxas de crescimento populacional e as densidades alcançadas revelam uma tendência dessas populações em impactar a vegetação nativa das áreas estudadas no interior do PNB o que pode provocar uma competição por recursos dificultando o crescimento da vegetação nativa. A partir dos resultados alcançados espera-se contribuir para a gestão de espécies invasoras no interior do PNB.

Palavras-chave: *Leucaena leucocephala*, espécie exótica invasora, unidade de conservação, registros de ocorrência, distribuição geográfica, dinâmica populacional.

ABSTRACT

This dissertation seeks to understand the process of introduction of the exotic species *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. into the Brasília National Park (PNB - located in the Federal District of Brazil). It focuses on the main environmental characteristics that contributed to the successful invasion and on the related environmental changes in the study area. The dissertation has three chapters: (i) the first one presents a historical context of the past and present records of the invasive plant, considering the date of its intentional introduction by an agricultural research institution; it also presents a projection of the geographical distribution of the species in the Brazilian territory, based on geographical distribution models; (ii) the second chapter examines the occurrence of the species in the area of the Brasília National Park in order to evaluate if it can be interpreted in both preserved and altered environments, independently from the point of introduction; the plant's population is described in connection with the number of individuals and their life stages; it was evaluated if the type of environment in which the invading plants are found and if sunlight are factors that limit the growth of the population and the production of fruit; results showed that that the distance covered by the species allows it to be classified as an invader and that different groves found in both preserved and altered areas are similar in respect to the selected variables; (iii) the third chapter contains a comparison between the population growth rates of the species in preserved and altered areas, in order to identify the more important life stages and vital features that affect population dynamics and to examine the variation of the size structure between the populations; results indicated that the high population growth rates and the densities reached show a tendency of these populations to impact the native vegetation of the studied areas within the PNB, which can cause a competition for resources hindering the growth of the native vegetation. From the results achieved, it is hoped to contribute to the management of invasive species within PNB.

Key words: *Leucaena leucocephala*, invasive exotic species, protected areas, occurrence records, geographical distribution, population dynamics.

RESUMEN

El objetivo de esta tesis es entender el proceso de introducción de la especie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. en el Parque Nacional de Brasilia (PNB) identificando las principales características ambientales que contribuyeron para el éxito de su proceso de invasión y las alteraciones ambientales ocasionadas en el área de estudio. Para alcanzar este objetivo la tesis fue dividida en tres caminos: (i) En el primer se procuró realizar un contexto histórico sobre los registros de presencia de la especies en el pasado y en el presente teniendo como punto de partida la fecha de su introducción intencional por el instituto de investigación; también fue proyectada su distribución geográfica presente y futura en el territorio brasilero con el uso de modelos de distribución geográfica; (ii) en el segundo el objetivo fue verificar la presencia de la especie *Leucaena leucocephala* en el área de estudio del PNB para evaluar si la especie puede ser considerada invasoras en ambientes preservados y alterados independientemente de la distancia del punto de introducción. La población fue caracterizada por el número de individuos y las fases de vida encontradas. Fue evaluado si el tipo de ambiente y la luminosidad donde ella se encuentra son factores limitantes para el crecimiento de la población y para la producción de frutos. Los resultados mostraron que la distancia recorrida por la especie permite clasificarla como invasora y que existen semejanzas entre parcelas en ambientes preservados y alterados en las variables seleccionadas; (iii) en el tercer se intentó comparar la tasa de crecimiento poblacional de la especie *Leucaena leucocephala* en áreas preservadas y alteradas del PNB para identificar las fases de vida y las tasas vitales mas importantes para la dinámica de poblaciones y verificar la variación de estructura del tamaño entre las poblaciones. Los resultados indicaron que las altas tasas de crecimiento poblacional y las densidades alcanzadas revelan una tendencia de esas poblaciones a impactar la vegetación nativa de las áreas estudiadas en el interior del PNB, lo que puede provocar una competencia por recursos dificultando el crecimiento de la vegetación nativa. A partir de los resultados alcanzados se espera contribuir a la gestión de especies invasoras dentro del PNB.

Palabras claves: *Leucaena leucocephala*, especie exótica invasora, unidad de conservación, registros de presencia, distribución geográfica, dinámica poblacional.

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS DA INTRODUÇÃO

Figura 1 – Esquema das barreiras que limitam a propagação das plantas invasoras.	26
Figura 2 - Visão esquemática do processo de invasão biológica.	27
Figura 3 – Áreas de estudo localizadas no interior do Parque Nacional de Brasília e áreas limítrofes.	35
Figura 4 - Características morfológicas de <i>Leucaena leucocephala</i> Lam. De Wit.	39
Figura 5 - <i>Leucaena leucocephala</i> no Parque Nacional de Brasília: (a) visão da área de estudo; (b) folhas e inflorescência; (c) inflorescência; (d) frutos secos e fechados; (e) frutos verdes e seco fechados, fruto seco aberto e sementes; (f) sementes secas; (g) plântula.	40

FIGURAS DO CAPÍTULO 1 - A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit no Brasil: passado, presente e futuro de uma espécie com potencial invasor.

Figura 1 - Distribuição original dos tipos Comum ou Havaiano e Salvador ou Gigante do gênero <i>Leucaena</i>	54
Figura 2 - Localização dos registros de ocorrência selecionados para o modelo. ...	67
Figura 3 - Exsicata referente ao ano de 1831.	71
Figura 4 - Exsicata referente ao ano de 1831.	72
Figura 5 - Exsicata referente ao ano de 1842.	73
Figura 6 - Exsicata referente ao ano de 1844.	74
Figura 7 - Exsicata referente ao ano de 1865.	75
Figura 8 - Exsicata referente ao ano de 1865.	76
Figura 9 - Exsicata referente ao ano de 1872.	77
Figura 10 - Exsicata referente ao ano de 1873.	78
Figura 11 - Exsicata referente ao ano de 1878.	78
Figura 12 - Exsicata referente ao ano de 1894.	79
Figura 13 - Exsicata referente ao ano de 1907-1908.	80
Figura 14 - Exsicata referente ao ano de 1907-1908.	81
Figura 15 - Exsicata referente ao ano de 1917.	82
Figura 16 - Exsicata referente ao ano de 1927.	83
Figura 17 - Exsicata referente aos anos de 1932.	84

Figura 18 - Exsicata referente ao ano de 1934.	85
Figura 19 - Exsicata referente ao ano de 1936.	86
Figura 20 - Exsicata referente ao ano de 1937.	87
Figura 21 - Exsicata referente ao ano de 1938.	88
Figura 22 - Exsicata referente ao ano de 1939.....	89
Figura 23 - Número de ocorrências de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. no Brasil, por década de coleta, 1830-2010.....	90
Figura 24 - Número de ocorrências de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. no Brasil, por ano de coleta, 1831-2016.....	91
Figura 25 – Número de lacunas, em anos, entre as coletas de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. no Brasil, 1831-1934.....	92
Figura 26 - Registros de ocorrência da espécie <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. no mundo, 1831-2016.	93
Figura 27 - Pontos de ocorrência de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. no Brasil, 1831-2016.	94
Figura 28 – Brasil: número de registros de ocorrência de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit., por estado.....	95
Figura 29 – Brasil: número de registros e data do primeiro registro de ocorrência de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit., por estado.	95
Figura 30 – Resultado do teste AUC da Modelagem de Distribuição potencial da espécie <i>Leucaena leucocephala</i> com o algoritmo MaxEnt.....	96
Figura 31 – Modelagem da distribuição geográfica potencial presente e futura de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	99
Figura 32 – Recortes de adequabilidade ambiental para a ocorrência de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. no presente e no futuro.....	100

FIGURAS DO CAPÍTULO 2 - Disseminação da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit no Parque Nacional de Brasília: quando a distância a percorrer não é um problema.

Figura 1 – Área de estudo localizada no interior do Parque Nacional de Brasília e áreas limítrofes.....	115
Figura 2 – Área de estudo com a localização das parcelas demarcadas.....	117
Figura 3 – Disposição das parcelas da área de estudo.....	122

Figura 4 – Distribuição do número de classes de indivíduos por ambiente e por distância: 2015 e 2016.	124
Figura 5 – Imagem da área de estudo: ano 2003.....	125
Figura 6 – Imagem da área de estudo: ano 2004.....	126
Figura 7 - Representação gráfica das parcelas que apresentam classes de indivíduos e dos números de indivíduos por classe, 2015 e 2016.	127
Figura 8 - Produção de frutos por ambiente: anos 2015 e 2016.	128
Figura 9 - Produção de frutos por luminosidade, 2015 e 2016.....	129
Figura 10 – Dendrograma 10a e mapa 10b com a representação da similaridade entre as parcelas da área de estudo, 2015.....	131
Figura 11 – Dendrograma 11a e mapa 11b, com a representação da similaridade entre as parcelas da área de estudo, 2016.	133
Figura 12 – Variação no número de classes de indivíduos por parcela, 2015 e 2016.	135
Figura 13 – Agrupamento por semelhança das parcelas por ambiente a partir de uma PCA, 2015.....	136
Figura 14 - Agrupamento por semelhança das parcelas por ambiente a partir de uma PCA, 2016.....	136

FIGURAS DO CAPÍTULO 3 - Dinâmica populacional da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e alterada no Parque Nacional de Brasília.

Figura 1 – Localização das áreas de estudo B e C no interior do Parque Nacional de Brasília (área A) e regiões limítrofes.	150
Figura 2 - Diagrama do ciclo de vida de <i>Leucaena leucocephala</i> , com as taxas vitais que compõem a matriz populacional da espécie.....	156
Figura 3 - Estrutura populacional de <i>Leucaena leucocephala</i> na área do SAAN: 2015 e 2016.	159
Figura 4 - Estrutura populacional de <i>Leucaena leucocephala</i> na área da estrutural: 2015 e 2016.	160
Figura 5 - Estrutura populacional de <i>Leucaena leucocephala</i> das áreas do SAAN e da Estrutural em 2015.....	161
Figura 6 - Estrutura populacional de <i>Leucaena leucocephala</i> das áreas do SAAN e da Estrutural em 2016.....	162

Figura 7 - Número de indivíduos de <i>Leucaena leucocephala</i> mortos, por área e por estágio de vida, nas áreas do SAAN e da Estrutural em 2016.....	163
Figura 8 - Número de indivíduos de <i>Leucaena leucocephala</i> germinados por área: SAAN e Estrutural, em 2015 e 2016.	164
Figura 9 - Taxa de crescimento populacional (λ) e 95% intervalo de confiança (IC) das populações nas áreas do SAAN e Estrutural, 2015 - 2016.	165
Figura 10 - Ocorrência das taxas vitais de retrogressão, permanência e crescimento para cada estágio de vida em cada população, de 2015 para 2016.	168
Figura 11 - Elasticidade de λ às mudanças nas probabilidades de sobreviver e permanecer na mesma classe (Permanência), sobreviver e passar para a classe seguinte (Crescimento) e para a fecundidade (Fertilidade) nos estágios: SAAN....	170
Figura 12 - Elasticidade de λ às mudanças nas probabilidades de sobreviver e permanecer na mesma classe (Permanência), sobreviver e passar para a classe seguinte (Crescimento) e para a fecundidade (Fertilidade) nos estágios: Estrutural... ..	171
Figura 13 - Situação dos indivíduos que compunham a população da Estrutural em 2015 após a queima em agosto de 2016.	172
Figura 14 - Quantitativo de indivíduos que rebrotaram e os estágios em que se encontravam no segundo censo: 2016.	172
Figura 15 - Rebrotas de indivíduos classificados no estágio J1 após queima ocorrida em agosto de 2016.....	173

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELAS E QUADROS DA INTRODUÇÃO

Quadro 1 - 10 unidades de conservação federais com os maiores números registrados de espécies exóticas invasoras, 2013.30

TABELAS E QUADROS DO CAPÍTULO 1 - A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit no Brasil: passado, presente e futuro de uma espécie com potencial invasor.

Quadro 1 - Variáveis ambientais utilizadas no modelo.....68

Tabela 1 - Valores de AUC e os respectivos indicadores de qualidade em ordem crescente.....70

Tabela 2 - Valores de AUC para os modelos de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. nos cenários atual e futuro (2050).....97

Tabela 3 - Contribuição percentual de cada variável para a construção dos modelos de distribuição geográfica potencial presente e futura de *Leucaena leucocephala*, em ordem decrescente.....98

TABELAS E QUADROS DO CAPÍTULO 2 - Disseminação da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit no Parque Nacional de Brasília: quando a distância a percorrer não é um problema.

Quadro 1 - Características observadas para classificar o ambiente de cada parcela.118

Quadro 2 - Classificação da luminosidade para cada parcela da área de estudo....118

Tabela 1 - Classes de indivíduos e alturas correspondentes.119

Tabela 2 – Dados coletados por parcela: anos 2015 e 2016.123

TABELAS E QUADROS DO CAPÍTULO 3 - Dinâmica populacional da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e alterada no Parque Nacional de Brasília.

Quadro 1 – Valores de lambda (λ) e sua interpretação quanto ao crescimento da população.....148

Tabela 1 – Estágios de indivíduos e alturas correspondentes.153

Tabela 2 - Matriz populacional de <i>Leucaena leucocephala</i> e taxas vitais: área SAAN.	156
Quadro 2 - Descrição das taxas vitais que compõem a matriz de transição de <i>Leucaena leucocephala</i> : área SAAN.....	157
Tabela 3 - Matriz populacional de <i>Leucaena leucocephala</i> e taxas vitais: área Estrutural.....	157
Quadro 3 - Descrição das taxas vitais que compõem a matriz de transição de <i>Leucaena leucocephala</i> : área Estrutural.	158
Tabela 4 - Percentuais de indivíduos reprodutivos para cada população em 2015 e 2016.	163
Tabela 5 – Valor de Lambda (λ), matrizes construídas para as populações de <i>Leucaena leucocephala</i> em nove estágios de vida (S, P, J1, J2, A1, A2, A3, A4 e A5), estrutura populacional e valor reprodutivo.	166

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANCOVA	Análise de Covariância
AUC	Area Under Curve
CATIE	Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza
CESJ	Herbário Leopoldo Krieger
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CRIA	Centro de Referência em Informação Ambiental
DHP	Dihidroxipiridina
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EElS	Espécies exóticas invasoras
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAC	Estrada Parque Acampamento
FCA/UNESP	Faculdade de Ciências Agrárias/Universidade Estadual Paulista
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FUNATURA	Fundação Pró-Natureza
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GCM	Global Climate Model
GISP	Global Invasive Species Programme
GPS	Global Position System
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INCT	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JBB	Jardim Botânico de Brasília
JBRJ	Jardim Botânico do Rio de Janeiro
MaxEnt	Máxima Entropia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDE	Modelagem de Distribuição de Espécies
MMA	Ministério do Meio Ambiente

NAS	National Academy of Sciences
NOVACAP	Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil
NYBG	The New York Botanical Garden
PCA	Principal Component Analysis
PNB	Parque Nacional de Brasília
Probio	Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira
RCP	Representative Concentration Pathways
RNP	Rede Nacional de Ensino e Pesquisa
SAAN	Setor de Armazenagem e Abastecimento Norte
SDM	Species Distribution Modeling
SiBBr	Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira
SinBiota	Sistema de Informação Ambiental do Biota
SSD	Stable Stage Distribution
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
UCs	Unidades de Conservação
UNEP	United Nations Environment Programme
WorldClim	Global Climate Data

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	21
1.1 As invasões biológicas	21
1.2 Espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação	28
1.3 Objetivos	32
1.3.1 Objetivo geral	32
1.3.2 Objetivos específicos.....	32
1.4 Questões norteadoras	32
1.5 Hipóteses	33
1.6 Área de Estudo.....	34
1.7 A Espécie <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.....	37
1.8 Aspectos agrícolas do uso de leucena	42
1.9 Referências	44
Capítulo 1: <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit no Brasil: passado, presente e futuro de uma espécie com potencial invasor.	50
1 INTRODUÇÃO	50
1.1 Hipóteses	53
1.2 Objetivos	54
1.2.1 Objetivo Geral	54
1.2.2 Objetivos específicos.....	54
2 REFERENCIAL TEÓRICO	54
2.1 Origem e disseminação da espécie <i>Leucaena leucocephala</i>	54
2.2 O uso de coleções de herbários.....	60
2.3 A modelagem da distribuição geográfica de espécies	63
3 MÉTODOS	64
3.1 Fontes dos dados	64
3.1.1 Dados nacionais.....	64
3.1.2 Dados mundiais.....	66
3.2 Modelagem das distribuições potencial presente e futura da espécie	66
3.2.1 Dados de ocorrência e variáveis ambientais utilizadas	66
3.2.2 Programa usado na elaboração dos modelos de distribuição presente e potencial futuro da espécie – MaxEnt.....	69
4 RESULTADOS	71

4.1 Registros de ocorrência no Brasil anteriores a 1940.....	71
4.2 Registros por ano e por década de coleta.....	90
4.3 Registros de ocorrência no mundo.....	92
4.4 Registros de ocorrência da espécie no Brasil	93
4.5 Análise dos modelos de distribuição geográfica potencial presente e futura da espécie.....	96
4.5.1 Análise da contribuição das variáveis utilizadas.....	97
4.5.2 Resultados das modelagens de distribuição geográfica potencial presente e futura da espécie.....	98
5 DISCUSSÃO	100
6 CONCLUSÃO.....	103
7 REFERÊNCIAS.....	104

Capítulo 2: Disseminação da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit no Parque Nacional de Brasília: quando a distância a percorrer não é um problema. 111

1 INTRODUÇÃO	111
1.1 Hipóteses	113
1.2 Objetivos	113
1.2.1 Objetivo Geral	113
1.2.2 Objetivos específicos.....	113
2 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE.....	114
3 MÉTODOS	115
3.1 Área de estudo	115
3.2 Seleção das parcelas	116
3.3 Identificação da espécie	117
3.4 Coleta de dados	118
3.5 Análise dos dados	120
3.5.1 Primeira análise: análise de covariância (ANCOVA)	120
3.5.2 Segunda análise: utilização da análise de agrupamentos (cluster analysis) e análise dos componentes principais (PCA)	120
4 RESULTADOS	121
4.1 Avaliação do efeito da distância sobre o número de classes de indivíduos	121
4.2 Avaliação do potencial invasivo da espécie <i>Leucaena leucocephala</i>	125
4.3 Avaliação da semelhança entre parcelas independente do ambiente.....	130

5 DISCUSSÃO	137
6 CONCLUSÃO.....	138
7 REFERÊNCIAS.....	139
Capítulo 3: Dinâmica populacional da espécie <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. em áreas preservada e alterada no Parque Nacional de Brasília	143
1 INTRODUÇÃO	143
1.1 Hipóteses	145
1.2 Objetivos	146
1.2.1 Objetivo Geral	146
1.2.2 Objetivos específicos.....	146
2 O MODELO MATRICIAL.....	147
3 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE.....	149
4 MÉTODOS	150
4.1 Área de estudo	150
4.2 Delineamento amostral.....	152
4.3 Análise dos dados	153
5 RESULTADOS	155
5.1 Representação das populações de <i>Leucaena leucocephala</i> por área estudada	155
5.2 Comparação das populações de <i>Leucaena leucocephala</i> nas áreas estudadas	160
5.3 Avaliação da taxa de crescimento populacional.....	164
5.4 Análise do efeito do fogo sobre a população da área da Estrutural	171
6 DISCUSSÃO	173
7 CONCLUSÃO.....	177
8 REFERÊNCIAS.....	178
CONSIDERAÇÕES FINAIS	182
REFERÊNCIAS GERAIS	184
ANEXO 1.....	200

A ESPÉCIE *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. NO PARQUE NACIONAL DE BRASÍLIA, DF: IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS DE UMA ESPÉCIE EXÓTICA INVASORA

INTRODUÇÃO

As invasões biológicas são consideradas um dos piores problemas ecológicos atuais (Pivello, 2011) e uma das principais causas do atual processo de perda de biodiversidade, em escala global (Mack et al., 2000; GISP, 2001; UNEP, 2005; Vilà et al., 2011). Esse tema tem atraído a atenção de pesquisadores e do público em geral. Ocasionalmente episódios de invasão são reportados nos meios de comunicação e o assunto chama a atenção por várias razões, entre elas: (i) as espécies introduzidas causam extinção ou colocam em perigo de extinção mais espécies do que qualquer outro fator, perdendo apenas para a destruição de habitats (Simberloff, 2004); (ii) ameaçam a vegetação das formações nativas colocando em risco ecossistemas naturais (Pivello, 2011); (iii) os prejuízos de grande porte eventualmente causados às atividades produtivas e à saúde humana com a introdução de patógenos que colocam em perigo a saúde das pessoas e dos animais silvestres, provocando perdas na agricultura e na pecuária (Simberloff, 2004); (iv) a natureza aparentemente imprevisível de algumas invasões intriga cientistas e todos que se interessam pelo assunto (Simberloff, 2004).

As etapas trilhadas pelas espécies exóticas até se tornarem invasoras – estabelecimento, naturalização e expansão – culminam com as amplas mudanças provocadas por elas na composição das espécies, na estrutura das comunidades e nas principais funções dos ecossistemas (Richardson et al., 2000; Martins et al., 2004), excluindo espécies nativas e alterando os processos ecológicos (Mack et al., 2000; Lockwood et al., 2007; Pivello, 2011). As espécies exóticas invasoras (EEIs) são uma ameaça para todos os tipos de ecossistemas e espécies e não há sinais de que esteja ocorrendo uma redução significativa desse tipo de pressão exercida sobre a biodiversidade; pelo contrário, há indícios de que ela está aumentando (MMA, 2010).

Algumas espécies exóticas introduzidas podem provocar sérios danos. Um dos grandes impactos relacionados à introdução de espécies ocorre quando a espécie introduzida compete por recursos com as nativas. Um exemplo é o da introdução do

javali, *Sus scrofa*, em diversas regiões do mundo. Originários do norte da África e sudoeste da Ásia eles foram introduzidos como fonte de alimento. Com a superpopulação eles passaram a competir com espécies nativas e, o seu hábito de fuçar dificulta o processo de regeneração de matas e provoca alterações no ambiente. No Brasil, competem com os caititus e queixadas por espaço e alimento e são considerados uma espécie exótica invasora. (Delariva; Agostinho, 1999).

Outras espécies são deliberadamente introduzidas pelo seu valor estético. O esquilo-cinza, *Sciurus carolinensis*, naturalmente encontrado nas florestas decíduas dos Estados Unidos e Canadá, foi introduzido no Reino Unido, Irlanda, Itália e África do Sul. O esquilo-cinza se alimenta de brotos e plântulas de árvores nativas, castanhas, flores, sementes, frutas, fungos, alguns insetos e ovos. Na Europa provocou a extinção do esquilo-vermelho, *Sciurus vulgaris*, pela competição por alimento e disseminação de doenças (GISP, acesso em 23/06/2015).

Além disso, a introdução de espécies constitui um tipo de alteração ecológica que pode modificar a comunidade biótica na qual a espécie é inserida (Li; Moyle, 1981). Um exemplo dessa alteração ocorreu no Lago Vitória, um grande lago africano, localizado em um planalto elevado na África oriental entre os países Tanzânia, Uganda e Quênia. O Lago Vitória contém 500 ou mais espécies endêmicas de peixes ciclídeos (Poletto, 2009). Em 1954 a perca-do-Nilo foi introduzida nas águas do lago com o objetivo de fornecer alimento. Por ser um predador voraz, a espécie se tornou a responsável pela extinção de mais de cem espécies nativas de peixes (Simberloff, 2000).

Outros impactos provocados pelas invasões biológicas são as perdas econômicas e sociais (Simberloff, 2004) e por colocarem em risco ecossistemas naturais ou manejados pelos humanos (Pivello, 2011). O caramujo-africano, originalmente encontrado na costa leste africana, foi introduzido em uma grande quantidade de países, entre eles o Brasil, como fonte de proteína alimentar. É um predador de plantas e por ter uma função reprodutiva acelerada compete por espaço e por alimento com a fauna nativa. É considerada uma séria praga agrícola, pois destrói plantações, provocando sérios danos em plantas de subsistência como mandioca, feijão, batata-doce, cará, amendoim, abóbora, tomate e verduras diversas, além de ser o vetor de dois vermes que provocam graves doenças. Assim, a

introdução de espécies disseminadoras de patógenos coloca em perigo a saúde das pessoas e dos animais silvestres, provoca perdas na agricultura e na pecuária, e ameaça a vegetação nativa (Instituto Hórus de desenvolvimento e Conservação Ambiental, acesso em 23/06/2015).

As forças econômicas e socioculturais aliadas aos processos de interdependência da economia global, urbanização e avanço da agricultura têm contribuído para a aceleração do processo de introdução de espécies (Delariva; Agostinho, 1999). Um exemplo da importância econômica na introdução de espécies é o da acácia-negra (*Acacia mearnsii*). Espécie originária da Austrália é considerada uma árvore ornamental e de grande importância econômica. Foi introduzida nas Américas do Sul e do Norte, na Ásia, na Europa, na África e nas ilhas do Pacífico. Os objetivos econômicos da sua introdução estão relacionados à produção de casca para retirada do tanino e matéria-prima para a indústria de celulose e produção de madeira. A espécie também é considerada importante devido a sua capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico (Schumacher *et al*, 2003). Por outro lado, produz uma grande quantidade de sementes que permanecem viáveis no solo por períodos superiores a 50 anos. As numerosas plantas geradas dominam o ambiente invadido, provocando a expulsão das espécies nativas e convertem ecossistemas abertos em fechados ocasionando a perda de biodiversidade. As árvores fixam nitrogênio do ar alterando o balanço desse nutriente no solo, o que afeta a capacidade de sobrevivência de plantas nativas (Instituto Hórus de desenvolvimento e Conservação Ambiental, acesso em 23/06/2015).

Desta forma, a ameaça das EEs pode atingir tanto as áreas naturais desprotegidas em propriedades privadas (Giovanelli; Cantagallo, 2006; Sampaio; Schmidt, 2013) como as áreas protegidas públicas (MacDonald, 1988; Pyšek *et al.*, 2002; Allen *et al.*, 2009; Spear *et al.*, 2013). Áreas protegidas de todas as regiões do globo têm sofrido as consequências dessas invasões (GISP, 2007; Ziller; Dechoum, 2013).

Em 2007 foi produzido um relatório com o objetivo de retratar o panorama do conhecimento sobre o impacto da invasão biológica em áreas protegidas em todas as regiões do globo (GISP, 2007). Foi constatado que já existiam dados que permitiam delinear um quadro mínimo sobre a amplitude do impacto das invasões para a

América do Norte, Europa e Austrália. Foi possível também, nos casos de alguns organismos, traçar as rotas de introdução conhecidas, permitindo fazer um acompanhamento do processo de dispersão e invasão. Para as outras regiões do mundo, os dados eram dispersos e, muitas vezes, insuficientes para delimitar o impacto das EEIs. O relatório identificou 487 áreas protegidas, em 106 países, com a presença documentada de 326 espécies exóticas invasoras.

O mesmo estudo apontou que praticamente todos os ecossistemas do planeta apresentam EEIs. Ele reconhece que ainda há uma expressiva lacuna no conhecimento a ser preenchida para que ações estratégicas de erradicação e controle dessas espécies possam ser tomadas, pois quanto mais tempo se espera para agir, mais as espécies invasoras se dispersam e alteram os ecossistemas, muitas vezes, de forma irreversível. Dessa forma, as EEIs passaram a ser alvo de preocupação entre cientistas e gestores ambientais.

No caso brasileiro, a preocupação com as EEIs é bastante recente, apesar de o fenômeno ter-se iniciado com a colonização europeia, no século XVI, e do grande número de invasoras já estabelecidas (Sampaio; Schmidt, 2013). O projeto de listar as espécies invasoras no Brasil teve início com o Informe Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras, realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), por intermédio do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio), publicado em 2005. O objetivo do informe foi elaborar uma estratégia para o controle das EEIs, de forma a se obter informações sobre as espécies de maior impacto e as regiões geográficas mais ameaçadas. Objetivava-se também verificar se as instituições responsáveis pela prevenção e controle tinham a infraestrutura necessária. Como resultado, o informe gerou a primeira lista nacional de EEIs, composta por 109 espécies (MMA, 2005).

1.1 As invasões biológicas

O estudo sobre as invasões biológicas tem como marco a obra de Charles S. Elton (1958), *The ecology of invasions by animals and plants*, publicada em 1958. A partir dessa publicação, outros pesquisadores se empenharam nas pesquisas sobre essa temática. Mas o que é invasão biológica?

Simberloff (2013) define invasão biológica como um processo de chegada e espalhamento de uma espécie em uma determinada área, formando uma população. Para o autor, o processo de invasão biológica começa quando os indivíduos de uma espécie não nativa chegam a uma região fora da sua área de ocorrência e formam uma população. Esse transporte e a chegada ocorrem com a assistência humana. Se essa população se espalhar no novo ambiente, o fenômeno é chamado de invasão biológica e a espécie é chamada de invasora, pelo menos nessa região. O termo espécie invasora é diferente de espécie introduzida. Uma espécie introduzida é qualquer espécie que chega a uma nova área com a ajuda humana deliberada ou acidental. Nesse caso, podem ser incluídas espécies cujas populações não vão se estabelecer e espécies cujas populações vão se estabelecer, mas não vão se espalhar. O termo invasor é restrito para os casos em que a espécie se encontra disseminada em locais distantes do local de introdução (Richardson et al., 2000).

As invasões biológicas têm sido relatadas como as responsáveis por expressivas mudanças na estrutura e na composição da flora e fauna nativas de variados locais do mundo, além de modificar o funcionamento dos ecossistemas (D'Antonio; Meyerson, 2002). Uma espécie exótica passa a ser considerada invasora quando se dissemina pelo novo ambiente e se torna dominante (Colautti; Maclsaac, 2004). São espécies que têm vantagem competitiva sobre as espécies nativas, o que permite que elas apresentem essa rápida expansão (Lowe, 2000; Valéry et al., 2008).

As invasões biológicas são o ápice de um processo marcado por várias etapas (Richardson et al., 2000; Colautti; Maclsaac, 2004). É um processo que exige que uma espécie ultrapasse várias barreiras bióticas e abióticas para atingir o seu estabelecimento (Richardson et al., 2000; Colautti; Maclsaac, 2004; Pivello, 2011). Para Richardson et al. (2000) as fases do processo são definidas de acordo com as barreiras que serão ou não ultrapassadas.

A Figura 1 apresenta o esquema das barreiras que limitam a propagação das plantas invasoras. As barreiras que os indivíduos têm que superar são: as barreiras geográficas (A) referentes ao transporte das espécies fora da sua área de distribuição natural; a barreira ambiental local (B) relativa à superação das barreiras bióticas e abióticas do novo ambiente; a barreira reprodutiva (C) que é a capacidade de produzir uma descendência viável; a barreira de dispersão (D) que diz respeito ao

espalhamento local ou regional da espécie; a barreira ambiental em locais perturbados (E) indica a superação das barreiras anteriores em áreas perturbadas pelos humanos; a barreira ambiental em locais naturais (F) representa a superação das barreiras anteriores em locais não alterados. O modelo apresentado é flutuante e pode modificar a sua direção, caracterizando um processo reversível.

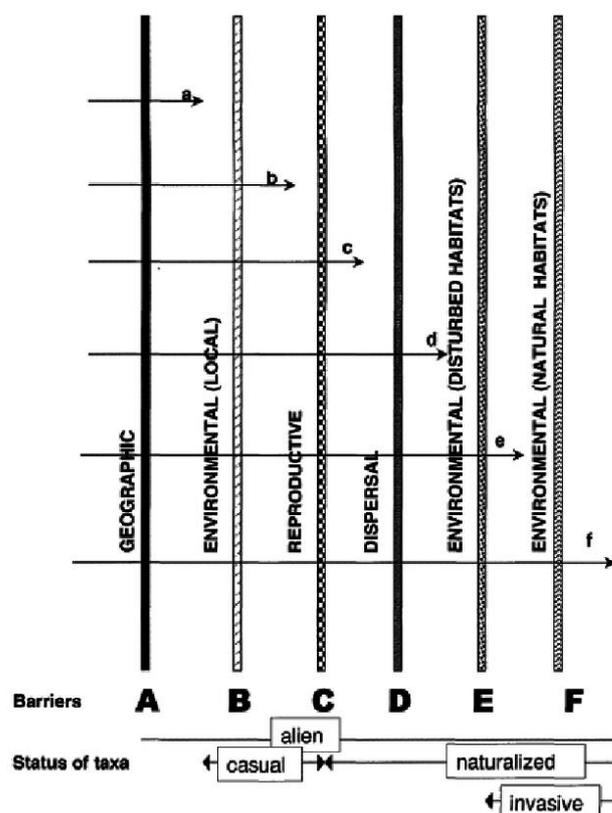


Figura 1 – Esquema das barreiras que limitam a propagação das plantas invasoras. Fonte: Richardson et al. (2000).

Com o intuito de sintetizar o panorama das invasões biológicas a partir dos modelos existentes Colautti e Maclsaac (2004) dividiram o processo de invasão em uma série de estágios obrigatórios e consecutivos. Dessa forma, os autores propõem uma terminologia neutra para a caracterização do quadro das invasões. Eles argumentam que a terminologia proposta pode ser usada para o esclarecimento de termos que apresentam ambiguidade e, desta forma, melhorar a compreensão de estudos futuros. A abordagem é baseada no conceito de pressão de propágulos, formulado a partir do número de introduções e do número de propágulos em cada introdução (Dehnen-Schmutz; Williamson, 2006). Essa abordagem tem como vantagem suplementar a identificação dos fatores que afetam o sucesso das espécies invasoras em cada fase do processo.

A terminologia proposta por Colautti e Maclsaac (2004) é aceita e utilizada em inúmeros trabalhos. O processo das invasões biológicas é caracterizado por fases que se iniciam com a introdução da espécie, seguido pelo seu estabelecimento, a sua dispersão, a sua colonização e a sua dominância no ambiente. A Figura 2 apresenta o esquema formulado por Colautti; Maclsaac (2004) representando o processo de invasão biológica.

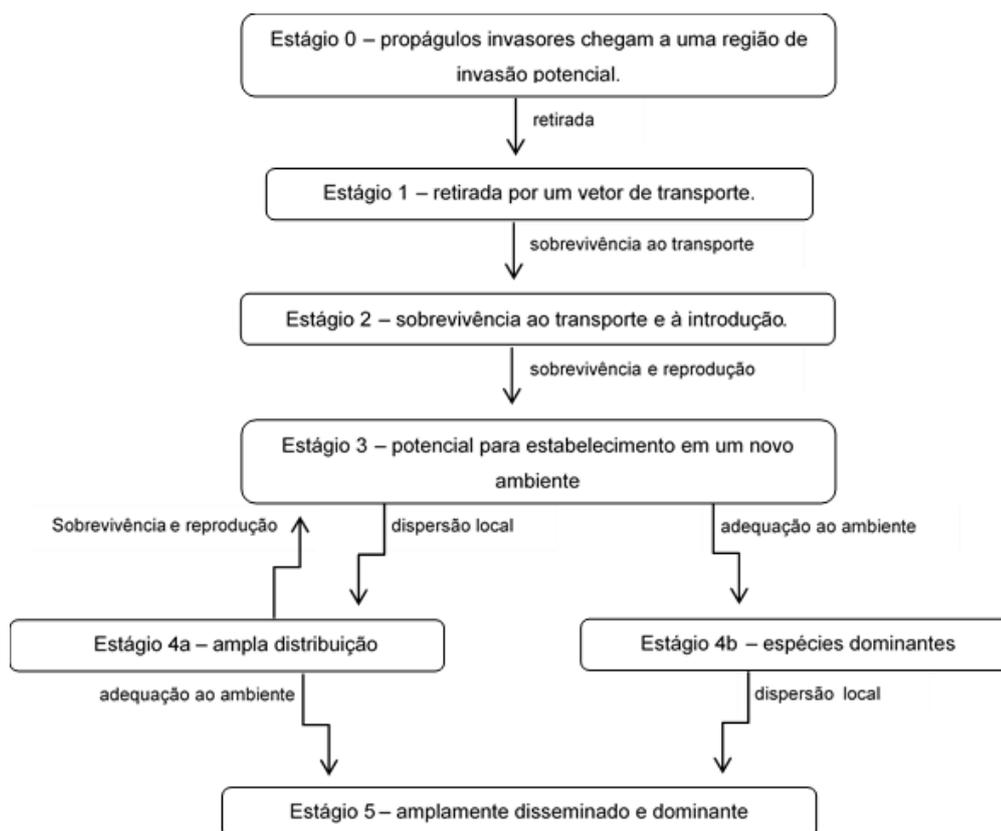


Figura 2 - Visão esquemática do processo de invasão biológica.
Fonte: Colautti; Maclsaac (2004).

A introdução se dá quando uma espécie é transportada para uma região diferente da sua região original. Quando isso ocorre, a espécie fica sujeita às condições bióticas e abióticas do novo ambiente (Richardson et al., 2000; Sampaio; Schmidt, 2013). Essas condições podem contribuir para que não ocorra o estabelecimento da espécie. As que conseguem ultrapassar essas barreiras naturais estão aptas a se estabelecer no ambiente.

O estabelecimento ocorre quando as espécies introduzidas conseguem se instalar no novo ambiente. Pode ocorrer tanto em ecossistemas naturais como nos

manejados pelos humanos (Pivello, 2011). Entretanto grande parte das espécies introduzidas não consegue transpor as fases de introdução e estabelecimento e, portanto, não se torna invasora (Horowitz et al., 2007).

As espécies estabilizadas podem se dispersar para além do seu local de introdução e podem encontrar condições favoráveis à sua reprodução. Dessa forma, elas se alastram e passam a dominar e a interferir no ambiente. Essa etapa é chamada dominância e é evidenciada pela presença expressiva da espécie no ambiente e pelos danos causados às espécies nativas e ao funcionamento do ecossistema (Pivello, 2011). Assim, essas espécies passam a ser chamadas de invasoras, pois além de sobreviverem e de se instalarem no ambiente, elas passam a se reproduzir e os seus descendentes proliferam. Esses descendentes se dispersam, colonizam e passam a dominar o ambiente (Horowitz et al., 2007).

As invasões biológicas têm sido associadas à perda de biodiversidade, mas vale salientar que a invasão pode estar relacionada à extinção de uma espécie nativa, mas nem sempre é a única causa. Um ambiente alterado por algum evento pode provocar a extinção de uma espécie e, ao mesmo tempo, facilitar a introdução, o estabelecimento e a disseminação de uma outra espécie, sem que ela seja a causa da extinção ou do deslocamento da primeira espécie (Chew, 2015).

1.2 Espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação

A presença de espécies exóticas em áreas protegidas é uma preocupação crescente. Pesquisas estão sendo feitas para descobrir quais são os fatores que influenciam a chegada e o estabelecimento dessas espécies em UCs. McKinney (2002) examinou um conjunto de 77 áreas protegidas nos Estados Unidos entre parques nacionais e estaduais com o objetivo de determinar quais fatores influenciavam mais fortemente a riqueza de espécies de plantas exóticas. Após as análises, o melhor preditor para a riqueza de espécies exóticas foi a riqueza de espécies nativas. Quanto menor a riqueza de espécies nativas, maior é a quantidade de habitats disponíveis com mais oportunidades para a entrada e o estabelecimento das espécies exóticas. Apoiando a ideia de outros estudos de que as áreas perturbadas são mais suscetíveis à entrada de espécies invasoras (Costa, J.; Durigan, 2010; Simberloff, 2013).

Outro preditor importante encontrado no estudo de McKinney (2002) foi o tamanho da população humana dos municípios adjacentes aos parques. Esse resultado foi corroborado pelo trabalho de Pauchard e Alaback (2004) que consideram que existe pouca informação sobre como fatores externos às UCs atuam nos processos de invasão, e concluem que os usos da terra da matriz circundante às UCs influenciam esses processos de invasão. Ao identificar quais variáveis são mais importantes na determinação da riqueza de espécies exóticas, o autor sugere maneiras de reduzir o estabelecimento dessas espécies.

O estudo recente realizado por Spear et al. (2013) também reforça os mesmos resultados. A densidade populacional humana aparece como um importante preditor de riqueza de espécies exóticas invasoras em áreas protegidas. Para os autores, esse resultado deve ser usado na elaboração de um modelo de gestão que imprima esforços em vigilância e erradicação.

A preocupação com as EEIs em UCs no Brasil é recente e pouco sistematizada. Existem dados pontuais e relacionados à espécies que causam impactos muito evidentes, como por exemplo, o capim-gordura (*Melinis minutiflora*) (Campos et al., 2005; Leão et al., 2011; Martins et al., 2011). Essa falta de sistematização de dados sobre EEIs em UCs, bem como de informações sobre as espécies e ações de manejo e controle já realizadas, dificulta o reconhecimento delas como espécies prejudiciais e como uma ameaça às espécies nativas (Ziller, 2005).

No caso brasileiro, Ziller e Dechoum (2013) publicaram uma sistematização de espécies de plantas e vertebrados exóticos invasores em UCs de todas as esferas administrativas no Brasil, usando a base de dados do Instituto Hórus de Conservação da Biodiversidade como fonte de informações. Ainda para o Brasil, Sampaio e Schmidt (2013) fizeram um levantamento sobre a presença de EEIs em UCs federais. Os autores citaram a lista compilada pelo Instituto Hórus com 348 EEIs registradas em todo o território nacional. Os autores constataram a presença de 144 dessas espécies em UCs federais. Dessas 144 espécies, 122 são cultivadas ou criadas pelos humanos. Para os autores, os resultados indicam que a maioria das EEIs que ocorrem no interior das UCs foi introduzida intencionalmente no território brasileiro com fins paisagísticos ou econômicos, resultado reforçado por Zenni (2014) e Correa (2012). Como as EEIs têm por definição alta capacidade de dispersão e colonização, McKinney (2002) e

Spear et al. (2013) argumentam que elas estão invadindo as UCs devido à proximidade das atividades humanas, urbanas e rurais no entorno delas. Apesar desses números, pouco ainda se sabe sobre a perda da biodiversidade relacionada à introdução de EEIs em UCs.

Foram registradas 125 UCs com a ocorrência de EEIs em território brasileiro, a maior parte delas no Bioma Mata Atlântica. Nas UCs desse bioma foram listados também os maiores números de espécies e de registros de ocorrência. Os biomas Cerrado e Costeiro/Marinho apresentaram números intermediários de UCs infestadas por EEIs. Amazônia e Caatinga tiveram um número ainda menor de UCs infestadas. Nos Pampas e no Pantanal houve poucas UCs e espécies listadas.

Os dados do Quadro 1 permitem verificar que, entre as 10 UCs que reúnem o maior número de EEIs listadas, a maior parcela de espécies é encontrada em UCs da Mata Atlântica. No bioma Cerrado, o Parque Nacional de Brasília é a UC com maior número de registros assinalados.

Quadro 1 - 10 unidades de conservação federais com os maiores números registrados de espécies exóticas invasoras, 2013.

Unidade de conservação	Bioma	Número EEIs
Parque Nacional de Brasília	Cerrado	36
Parque Nacional de Itatiaia	Mata Atlântica	34
Parque Nacional do Iguaçu	Mata Atlântica	29
Floresta Nacional de Irati	Mata Atlântica	24
Área de Proteção Ambiental de Fernando de Noronha	Marinho/costeiro	22
Parque Nacional Aparados da Serra e Serra Geral	Mata Atlântica	22
Parque Nacional de Serra da Bocaina	Mata Atlântica	22
Parque Nacional de Ilha Grande	Marinho/costeiro	21
Área de Proteção Ambiental de Cananeia/Iguapé/Peruíbe	Marinho/costeiro	19
Parque Nacional de Ubajara	Caatinga	16

Fonte: Sampaio; Schmidt (2013).

Aproximadamente 85% das EEIs registradas em UCs federais brasileiras são atualmente cultivadas ou criadas pelos humanos. Assim, ressalta-se o papel deles na introdução intencional de EEIs; poucas são as introduções acidentais (Sampaio; Schmidt, 2013). Entre as 144 espécies exóticas invasoras detectadas nas UCs federais no Brasil, 16 aparecem na lista das 100 piores espécies invasoras do mundo (Lowe et al., 2004), a saber: *Arundo donax* L. (cana-do-reino), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (leucena), *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton (ligustro), *Ulex europaeus* L.

(tojo), *Pheidole megacephala* (Fabricius, 1793) (formiga-cabeçuda-urbana), *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) (caramujo-gigante-africano), *Cyprinus carpio* (Linnaeus) (carpa), *Micropterus salmoides* (Lacepède) (largemouth-black ou achigã), *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) (truta), *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (rã-touro), *Capra hircus* Linnaeus (caprinos), *Felis catus* Linnaeus (gato-doméstico), *Mus musculus* Linnaeus (camundongo), *Oryctolagus cuniculus* Linnaeus (coelho-europeu), *Rattus rattus* Linnaeus (rato) e *Sus scrofa* Linnaeus (javali).

A problemática ocasionada pelas espécies exóticas invasoras é reconhecida por vários organismos internacionais. Em 2015 a Organização das Nações Unidas lançou o documento “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, documento das Nações Unidas que estabelece os 17 objetivos do Desenvolvimento Sustentável, e que fazem parte da Agenda que “é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade” e que “busca fortalecer a paz mundial com mais liberdade”. Esses objetivos são integrados e indivisíveis e procuram equilibrar as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a social, a econômica e a ambiental.

Diante do exposto, essa pesquisa tem sua justificativa apoiada pelo objetivo número 15 e pelo item número 15.8 do referido documento:

Objetivo 15 – Vida Terrestre. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

15.8 Até 2020, implementar medidas para evitar a introdução e reduzir significativamente o impacto de espécies exóticas invasoras em ecossistemas terrestres e aquáticos, e controlar ou erradicar as espécies prioritárias (Nações Unidas no Brasil, acesso em maio/2018).

Outro ponto que justifica esse assunto é a necessidade de estudos constantes sobre o processo de invasão biológica e de aprofundamento de pesquisas no âmbito das UCs em todos os biomas brasileiros, uma vez que existe uma grande lacuna de conhecimentos sobre invasões biológicas em UCs. Assim, essa pesquisa pretende colaborar com as recentes discussões acerca do tema EEIs em UCs e os resultados obtidos deverão contribuir para o entendimento do processo de invasão da espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit no Parque Nacional de Brasília (PNB).

Baseando-se nestes aspectos gerais da problemática das espécies exóticas invasoras, esta pesquisa tem como objetivo:

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Entender o processo de introdução da espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Parque Nacional de Brasília por meio da identificação das principais características ambientais que contribuiram para o sucesso do seu processo de invasão e as alterações ambientais causadas nas áreas de estudo.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Pesquisar registros históricos de presença da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em território brasileiro anteriores à data de sua introdução registrada por instituição de pesquisa em 1940.
2. Modelar a distribuição geográfica potencial presente e futura da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em território brasileiro a partir de registros de ocorrência e de variáveis bioclimáticas.
3. Identificar áreas com a presença da espécie no interior do Parque Nacional de Brasília.
4. Determinar se a espécie estudada apresenta comportamento invasor a partir da regra de invasão de plantas lenhosas com sementes.
5. Descrever a dinâmica populacional de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e perturbada no interior do Parque Nacional de Brasília.

1.4 Questões norteadoras

1.4.1 Existem registros da presença da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit em território brasileiro anteriores à 1940, data da sua introdução mais antiga feita por instituição de pesquisa e que possam contribuir para o entendimento do seu processo de invasão e da sua ampla distribuição?

1.4.2 Como a espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. está distribuída geograficamente no território brasileiro no presente e como poderá ser a sua

distribuição geográfica futura a partir de registros de ocorrência e com base em variáveis bioclimáticas?

1.4.3 Onde a espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. pode ser encontrada no Parque Nacional de Brasília e como as suas populações estão se comportando?

1.5 Hipóteses

1.5.1 A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. estava presente em território brasileiro antes da sua introdução intencional por instituição de pesquisa, conseguiu sobreviver e pode ser encontrada nas diferentes regiões brasileiras.

1.5.2 A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. sobreviveu à sua introdução e manejo nas imediações do Parque Nacional de Brasília e tem conseguido se desenvolver tanto em ambiente alterado quanto em ambiente preservado no interior do parque.

1.5.3 A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. apresenta potencial invasor e se ajusta à regra de invasão das plantas lenhosas com sementes.

1.5.4 A taxa de crescimento populacional é diferente entre as populações da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e perturbada no interior do Parque Nacional de Brasília.

Para atingir os objetivos, a pesquisa está dividida em: introdução, três capítulos estruturados em formato de artigos independentes, e conclusão.

Capítulo 1 - A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit no Brasil: passado, presente e futuro de uma espécie com potencial invasor.

Esse capítulo tem como objetivo verificar se existem registros que comprovem a presença da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em território brasileiro anteriores à sua data de introdução mais antiga por instituição de pesquisa que ocorreu em 1940. Para isso foram pesquisadas amostras botânicas em herbários

brasileiros e internacionais, identificando os pontos de ocorrência da espécie, e foi feito um levantamento sobre o momento histórico em que coleta ocorreu, caracterizando o passado da espécie no Brasil. Para visualizar a espacialização presente e futura da espécie em território brasileiro foi feita a distribuição geográfica potencial presente e futura com o uso de modelos de distribuição de espécies.

Capítulo 2 - Disseminação da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit no Parque Nacional de Brasília: quando a distância a percorrer não é um problema.

O objetivo desse capítulo é verificar a ocorrência da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. na área de estudo no Parque Nacional de Brasília de modo a estabelecer se ela apresenta caráter invasor. Para isso, foi feita a quantificação de classes de indivíduos em diferentes ambientes e em diversas distâncias em relação ao ponto de introdução da espécie. O intuito foi verificar se o efeito da distância sobre essas classes depende do tipo de ambiente e da luminosidade das áreas de coleta.

Capítulo 3 - Dinâmica populacional da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e alterada no Parque Nacional de Brasília.

Nesse capítulo o objetivo é comparar a taxa de crescimento populacional da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e perturbada no interior do Parque Nacional de Brasília. Além de comparar a taxa de crescimento também procurou-se verificar quais são os estágios de vida e as taxas vitais de maior importância para a dinâmica populacional da espécie nessas áreas.

1.6 Área de Estudo

O Parque Nacional de Brasília - PNB foi criado pelo Decreto nº 241, de 29 de novembro de 1961, com uma área de 30.566,59 ha (demarcada em 1996). A partir de 2006, com a publicação da Lei nº 11.285, de 8 de março de 2006, que redefiniu a sua poligonal, o PNB passou a ter uma área 42.389,01 ha (FUNATURA; IBAMA, 1998). Está situado na região noroeste do Distrito Federal.

O PNB apresenta fitofisionomias características do Bioma Cerrado: campo úmido, cerrado stricto sensu, campo rupestre, mata de galeria e campos de várzeas

(FUNATURA; IBAMA, 1998). A vegetação apresenta uma diversidade grande na tipologia das plantas, resultado de um longo processo evolutivo em que as plantas se adaptaram às condições de solo e de clima (ICMBio/MMA).

A fauna típica é muito rica e bem distribuída nas suas fitofisionomias (FUNATURA; IBAMA, 1998). Podem ser encontrados o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), o tatu canastra (*Priodontes maximus*), o veado campeiro (*Ozotocerus bezoarticus*), o tatu bola (*Tolypeutes tricinctus*) e a anta (*Tapirus terrestres*), entre outros animais. São encontradas também mais de 200 espécies de aves (ICMBio/MMA).

As áreas de estudo no interior do PNB foram determinadas após saídas de campo exploratórias que tinham a intenção de localizar os locais onde a espécie *Leucaena leucocephala* era encontrada. Essas áreas estão representadas na Figura 3.

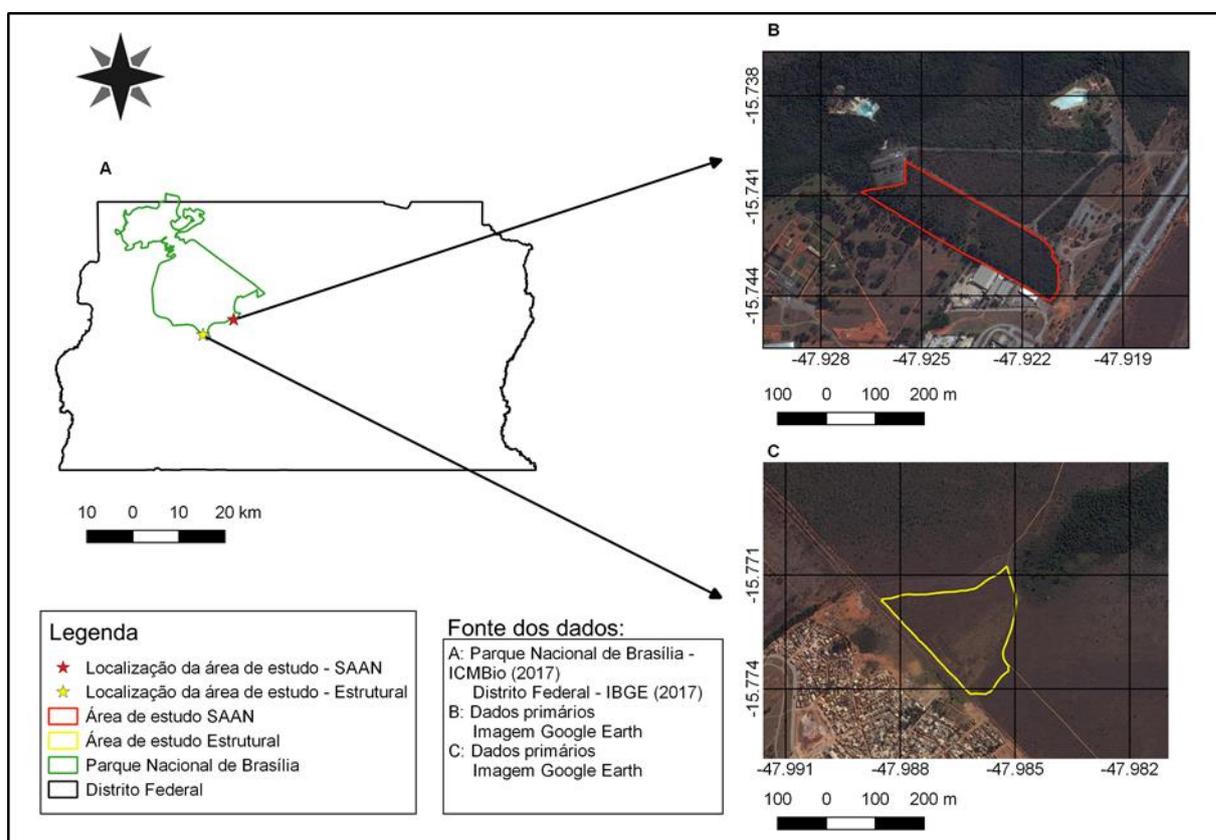


Figura 3 – Áreas de estudo localizadas no interior do Parque Nacional de Brasília e áreas limítrofes.

Fonte: elaborada pela autora.

A área A apresenta a localização do Parque Nacional de Brasília no Distrito Federal e entorno goiano, e das áreas B e C no interior do parque. A área B (Setor de Armazenagem e Abastecimento Norte - SAAN) faz parte da zona de uso intensivo do PNB. A topografia é plana e suavemente ondulada. Predominam latossolos e solos hidromórficos. A cobertura vegetal é formada por cerrado *stricto sensu* e mata de galeria (Horowitz et al., 2007). A área de estudo C (Estrutural) é limítrofe a uma área de grande impacto ambiental e tensão social. É uma região próxima ao lixão de Brasília e à Cidade Estrutural. A topografia é plana e predominam os latossolos.

A área de estudo B (referida como SAAN) é vizinha de um terreno de uma empresa particular concreteira e do Viveiro II do Departamento de Parques e Jardins (DPJ), vinculado à Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP), ambos localizados no Setor de Armazenagem e Abastecimento Norte (SAAN) do Distrito Federal, limítrofe ao parque. Essa área foi escolhida por apresentar uma população de *Leucaena leucocephala* que se alastra sobre o Cerrado, conforme o relato de Horowitz et al. (2007). O foco primário de dispersão da espécie localizava-se no terreno de empresa localizada no SAAN, que fez o plantio de uma cerca viva utilizando plantas de leucena. Foi indicado, como ação de manejo que a empresa substituísse e recompusesse a cerca com emprego de uma ou mais espécies nativas (Horowitz et al., 2013). Pesquisa de campo constatou que as árvores foram cortadas pela empresa, mas rebrotaram. As rebrotas já atingiram o tamanho adulto e fazem com que a área continue sendo um foco de dispersão. Esse corte das árvores ocorreu em 2010.

Na área de estudo C (referida como Estrutural) a cobertura vegetal original foi substituída por uma vegetação bastante alterada e com a presença de espécies exóticas invasoras e com potencial invasor, como: *Melinis minutiflora* (capim-gordura), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Tithonia diversifolia* (girassol-mexicano), *Pennisetum purpureum* (capim-elefante). A área foi queimada em agosto de 2016. Não há registro da origem do fogo, mas foi constatado que ele não foi feito intencionalmente como forma de manejo.

O lixão está localizado na margem direita da Via Estrutural, separado do PNB apenas pela DF097 (Estrada Parque Acampamento – EPAC), uma estrada vicinal. O local recebe resíduos sólidos domésticos e industriais e não tem qualquer medida de

proteção ambiental. A proximidade com o PNB causa vários problemas. O lixo decomposto serve de alimento a animais, principalmente aos carniceiros, gerando um desequilíbrio na cadeia alimentar e um crescimento excessivo das suas populações. Têm crescido também as populações de ratos, cães, garças, urubus e carcarás (FUNATURA; IBAMA, 1998).

A pesquisa de campo constatou que aparece uma população de leucena que acompanha o limite do lixão, composta visualmente por indivíduos adultos de grande porte. Não há registro sobre a introdução dos primeiros indivíduos, mas essa população pode ser o foco primário de dispersão da espécie no interior do PNB, devido à sua proximidade. Assim, foi considerado como ponto de introdução a cerca que faz a divisa do limite do lixão com o parque.

1.7 A Espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

O gênero *Leucaena* pertence à família Leguminosae, subfamília Mimosoidae e tribo Mimosae. Tem 22 espécies, quatro subespécies, duas variedades e dois taxa híbridos (Hughes, 1998a), que apresentam indivíduos com porte arbustivo e arbóreo, com alturas variando entre cinco e 18m. São espécies perenes de crescimento rápido e adaptadas às regiões secas tropicais (Brewbaker, 1978), que requerem temperaturas entre 25 e 30°C para um crescimento ótimo (Hughes, 1998).

Antes da sua disseminação para diferentes regiões do globo, o gênero passou por um processo de domesticação iniciado na sua área geográfica de origem (Evans, 1993). Original do México, o gênero *Leucaena* foi localizado em Chiapas e na península de Iucatã (Dijkman, 1950). Civilizações pré-colombianas foram as responsáveis pelo espalhamento do gênero da sua área original e pela sua disseminação ao redor do Golfo do México e pelo mar do Caribe (National Academy of Sciences (NAS), 1977). Brewbaker (1978) relata que o gênero ocorre também naturalmente no sul do estado do Texas (EUA) e na América Central.

A migração do gênero para a região do Pacífico ocorreu após a conquista do México e da América Central pelos espanhóis. Partindo da costa ocidental do México, os galeões espanhóis fizeram viagens regulares para o Oriente e chegaram a muitas ilhas do Pacífico (Lima, 2005). Entre 1565 e 1825, um ou dois galeões saíam a cada ano do porto de Acapulco, no México, e cruzavam o Pacífico. Em algum momento, ao

longo desses 260 anos, plantas do gênero *Leucaena* desembarcaram nas Filipinas (NAS, 1977) e na Indonésia (Dijkman, 1950), provavelmente transportadas como forragem para os animais transportados a bordo (NAS, 1977). A partir daí a espécie foi distribuída pelos espanhóis e se estabeleceu nas Filipinas, em Guam e em outras possessões espanholas no Pacífico.

A espécie mais conhecida do gênero *Leucaena* é a *Leucaena leucocephala*, por ser a mais difundida e por ter usos relevantes em muitas comunidades. As diferenças morfológicas entre as subespécies foram inicialmente percebidas em avaliações agrônômicas e podem ser notadas principalmente no porte e na produção de biomassa foliar. Por conta disso, a espécie foi classificada em três grandes tipos: “Havaiano”, “Salvador” e “Peru” (Drumond; Ribask, 2010).

O tipo Havaiano ou comum é composto por variedades arbustivas com até 5 m de altura, com florescimento precoce entre os 4 e 6 meses de idade. Apresenta baixa produção de madeira e folhas. Produz sementes em abundância o que pode tornar esta planta uma invasora. O tipo Salvador ou gigante é formado por variedades arbóreas altas, com até 20 m de altura, folhas grandes e troncos grossos. Normalmente, produz mais do dobro de biomassa que o tipo Havaiano. São plantas utilizadas, principalmente, para a produção de madeira, carvão vegetal e sombreamento de cultivos. O tipo Peru apresenta plantas com até 15 m de altura, bastante ramificadas e grande quantidade de folhagem. Essa variedade, em função dessas características e da qualidade da forragem, além alto teor de proteínas, palatabilidade e digestibilidade tem sido bastante usada para pastejo em banco de proteína (Drumond; Ribask, 2010; Hughes, 1998a, 1998b).

O gênero *Leucaena* é encontrado e cultivado na maioria dos países tropicais e subtropicais. Desempenha um importante conjunto de papéis socioeconômicos, principalmente nos países em desenvolvimento (Catie, 1991; Walton, 2003; Schifino-Wittmann, 2008). É uma leguminosa com múltiplos usos nos sistemas agroflorestais, devido à alta qualidade da sua forragem, ao crescimento rápido e a rebrota constante (Brewbaker; Sorensson, 1994).

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. é uma leguminosa que apresenta floração durante o ano todo; a floração maior ocorre nos meses com índice

pluviométrico mais elevado (Costa; Durigan, 2010). As características morfológicas da espécie são descritas a seguir e podem ser visualizadas, de forma simplificada, na Figura 4.

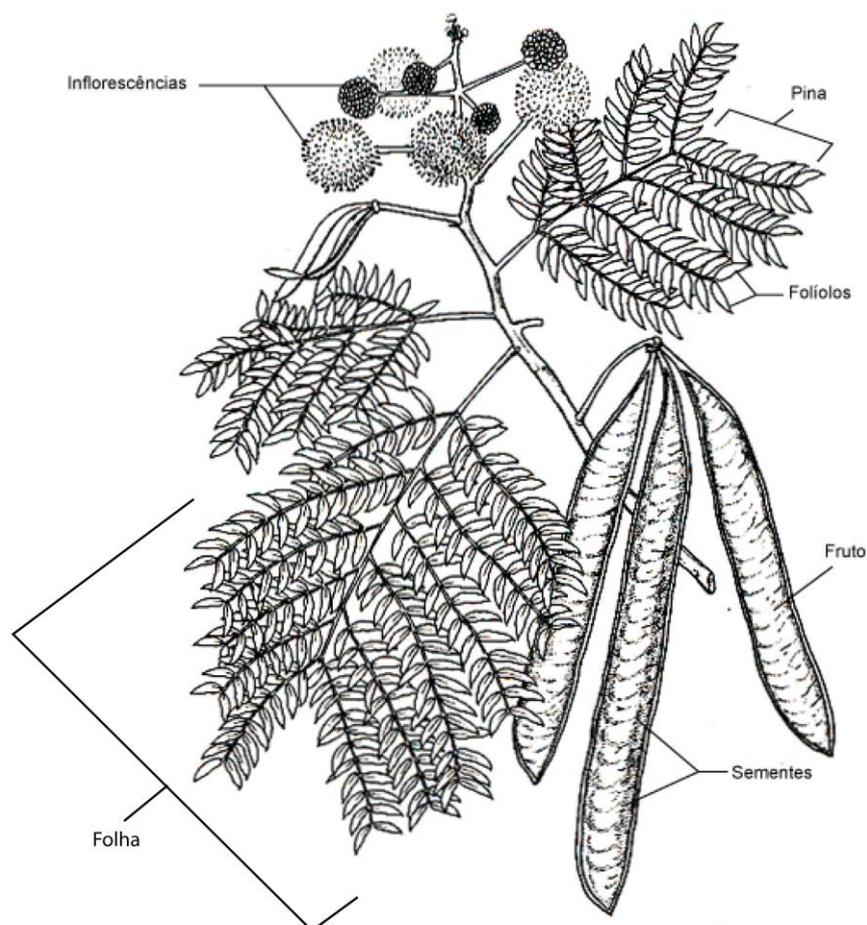


Figura 4 - Características morfológicas de *Leucaena leucocephala* Lam. De Wit.
Fonte: Tropical Grassland Society of Australia INC., (2015)

A suas folhas são bipinadas, com o comprimento variando entre 15 a 20 cm, ráquis pubescente. Apresentam entre 4 e 10 pares de pinas com 5 a 20 pares de folíolos oblongo-lineares (Gonçalves; Lorenzi, 2007), com 7 a 15 mm de comprimento e 3 a 4 mm de largura.

As inflorescências são constituídas de capítulos globosos de 1,5 a 3 cm de diâmetro. Cada capítulo é composto de 100 a 180 flores brancas e minúsculas (Lima, 2005; Gonçalves; Lorenzi, 2007), com aroma suave e não muito doce, evocando o cheiro de melão (Zárate, 1994).

Os frutos do tipo vagem são compridos, finos, achatados e acuminados, com 12 a 18 cm de comprimento e 1,5 a 2 cm de largura. Apresentam de 15 a 30 sementes elípticas e achatadas, de 6 a 8 mm de comprimento e 3 a 4 mm de largura (Lima, 2005), de cor marrom brilhante, secas e duras; elas são dispersas por gravidade (Costa; Durigan, 2010). De maneira geral, 1 quilograma de sementes tem cerca de 15 a 20 mil unidades. A dispersão positiva da espécie é atribuída à ação humana que, por meio do cultivo, tem disseminado a planta de forma bastante eficaz (Costa; Durigan, 2010).

A Figura 5 apresenta algumas características botânicas da espécie *Leucaena leucocephala*.

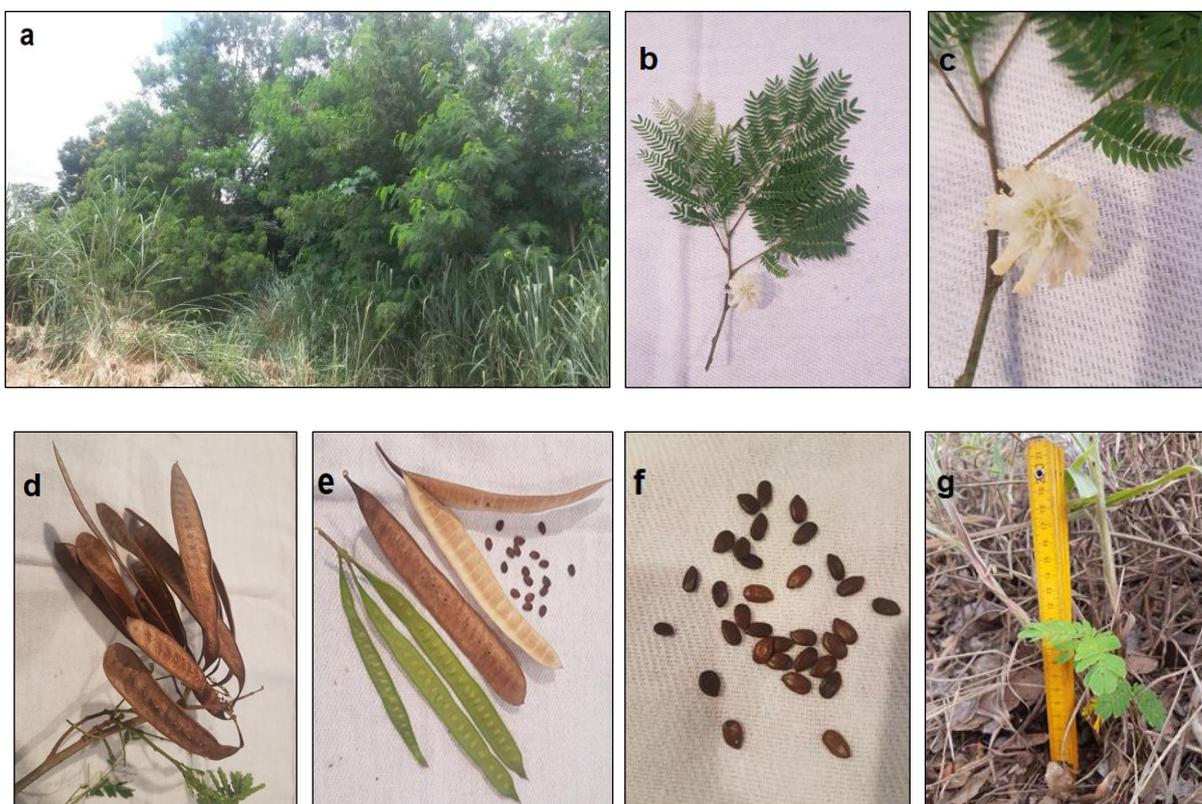


Figura 5 - *Leucaena leucocephala*: (a) visão de indivíduos adultos; (b) folhas e inflorescência; (c) inflorescência; (d) frutos secos e fechados; (e) frutos verdes e seco fechados, fruto seco aberto e sementes; (f) sementes secas; (g) plântula. (Fotos: Marília Machado, 2015 e 2016).

Os aspectos ecológicos da espécie estão estreitamente relacionados às suas características botânicas, descritas no item anterior. A leucena é essencialmente uma espécie tropical. Requer temperaturas entre 25 e 30°C para um crescimento ótimo. Em regiões mais frias não tolera temperaturas baixas, que causam redução no seu crescimento (Hughes, 1998) e queima dos brotos. As plântulas não sobrevivem em

temperaturas próximas de zero (Walton, 2003). No Brasil, a espécie apresenta bom desenvolvimento em todas as regiões, desde o semiárido nordestino até as zonas mais frias do sul do país (Lima, 2005).

A espécie apresenta crescimento ideal em altitudes inferiores a 500 m. O seu crescimento é rápido, podendo atingir até três metros de altura no primeiro ano (Lorenzi et al., 2003; Costa; Durigan, 2010). Pode crescer bem em regiões com altitudes entre 500 e mil m e com temperaturas abaixo de 22°C, mas nesse caso o crescimento é mais lento e a produção de sementes é menor (Walton, 2003).

Seu sistema radicular é profundo e faz simbiose eficiente com bactérias do gênero *Rhizobium*. Essas bactérias formam nódulos nas raízes e chegam a fixar até 400 kg/ha/ano de nitrogênio, dispensando a adubação nitrogenada (Franco; Souto, 1986; Kluthcouski, 1992).

A espécie tem bom desenvolvimento em regiões que apresentam precipitação pluviométrica entre 600 e 1.700 mm por ano, mas tem sido encontrada em regiões com menor pluviosidade, em torno de 250 mm por ano (Franco; Souto, 1986; Drumond; Ribask, 2010). A sua resistência a períodos de estiagem prolongados supera os oito meses.

A leucena cresce em solos profundos, férteis e bem drenados, com pH entre 5,5 e 8,5, incluindo solos calcários e outros solos alcalinos, bem como solos vulcânicos. Não coloniza solos muito arenosos, como as dunas, nem tem bom desenvolvimento em solos com alto teor de alumínio (Drumond; Ribask, 2010). Desenvolve-se muito bem em locais perturbados (Walton, 2003, Costa; Durigan, 2010).

O gênero *Leucaena* tem uma fase juvenil curta para uma espécie arbórea. A floração pode começar 3 ou 4 meses após o plantio. Plantas adultas de *Leucaena leucocephala* seguem esse padrão, florescendo muito cedo (Walton, 2003). As suas sementes são dispersas basicamente por gravidade (barocoria), mas existem relatos de dispersão zoocórica (Instituto Hórus, 2015). As suas sementes podem ser dispersas por formigas (mimercoria) e aves (ornotocoria) para além do limite das suas copas (Hodkinson; Thompson, 2007).

A espécie pode formar maciços densos, competindo com e excluindo outras plantas. Se não for controlada, consegue avançar para áreas adjacentes (Instituto Hórus, 2015), mas ainda não existem estudos que esclareçam o seu processo de invasão e não há comprovação científica de que a espécie se dissemina em ambientes naturais (Walton, 2003; Costa; Durigan, 2010).

Analisada sob o ponto de vista das invasões biológicas, é importante notar que a maioria dos registros feitos de leucena aponta que ela é conhecida como erva daninha em mais de 25 países em todos os continentes, exceto na Antártida. Ela só não apresenta caráter invasor na América Central e no Oriente Médio. Em todas as regiões ela foi introduzida intencionalmente pelos humanos, até mesmo em países da América Central próximos à sua região geográfica de origem (Walton, 2003).

1.8 Aspectos agrícolas do uso de leucena

A história da humanidade é uma importante fonte de explicação das introduções de espécies em lugares distintos de sua origem natural. As forças econômicas e socioculturais, combinadas com os processos de urbanização e com os avanços da agricultura, aceleram os processos de movimentação de espécies, pois cada vez mais a humanidade procura cultivar espécies úteis para as mais diferentes atividades humanas.

No seu ambiente de ocorrência natural, leucena é uma planta usada principalmente como alimento humano. Botões de folhas e flores, bem como sementes e vagens jovens são as principais peças comestíveis. O tamanho, o sabor e a digestibilidade de sementes e vagens são importantes na seleção de árvores para a coleta. A seleção artificial ocorre não apenas no cultivo, mas também em populações selvagens onde as pessoas eliminam alguns indivíduos enquanto promovem o crescimento de outros com fenótipos mais favoráveis. As espécies de *Leucaena* são manejadas na forma de sistemas de produção mas também as populações silvestres são exploradas (Casas; Caballero, 1996). Todas as espécies apresentam folhas palatáveis e sementes ricas em proteínas, com alta concentração de tiamina (Zárate, 1994). As suas sementes são comercializadas em feiras e mercados no norte da Guatemala e no sul do México (Hughes, 1998) e podem ser consumidas frescas ou

preparadas de diferentes formas (assadas, cozidas, secas ao sol e como ingredientes de pastas e molhos).

A madeira de algumas espécies, *L. collinsii*, *L. salvadorensis* e *L. shannonii*, é utilizada para construção, como lenha e para produção de carvão vegetal na América Central e em partes do México (Hughes, 1993). Destaca-se o plantio com o uso da madeira para a produção de celulose, sendo o tipo Salvador o mais apropriado, pois apresenta um alto rendimento de polpa, variando entre 50 % e 52% (NAS, 1977).

É reconhecida como uma árvore com alto valor para o sombreamento e como adubo verde em culturas de café, de chá e em seringais na região sudoeste da Ásia. Foi amplamente utilizada no reflorestamento e no controle de erosão, por apresentar alta adaptabilidade em ambientes perturbados. Essa propriedade faz dela uma ótima opção para a restauração de áreas íngremes, solos marginais e regiões com extensos períodos de seca (Lima, 2005).

Entretanto, a sua principal utilização está relacionada aos sistemas agroflorestais como uma alternativa para a pequena e a média agricultura (Kluthcouski, 1992). A forma de plantio depende do tipo de exploração desejado. Para a produção de forragem o plantio deve ser simples, com pequena distância entre as fileiras para proporcionar o máximo de rendimento por área. Para formação de pastagens, o plantio deve ser consorciado com gramíneas. Para a formação de adubo verde, o plantio de leucena deve ser feito associado com cultivos comerciais de milho, feijão, sorgo e algodão, o que facilita a poda, a distribuição e a incorporação do adubo verde ao solo (Kluthcouski, 1992).

Apesar da sua fácil aceitação pelos animais, do seu alto conteúdo de proteína e de macronutrientes, e da sua palatibilidade, o seu uso como forrageira requer alguns cuidados, principalmente pela presença do aminoácido mimosina que atua como fator limitante do seu uso como forrageira. A mimosina é um aminoácido que, durante a mastigação, é transformado em um composto tóxico, a dihidroxipiridina (DHP). Quando a leucena compõe mais de 30% da alimentação animal, pode modificar várias funções no metabolismo dos animais e provocar hipertireoidismo e alopecia (Schifino-Wittmann, 2008). Dessa forma, a leucena não deve ser oferecida como alimentação exclusiva, pois pode provocar salivação excessiva, queda de pelos e

redução no crescimento de caprinos e ovinos. A toxicidade pode ser prevenida com o uso controlado do pastejo de leucena por cerca de duas horas por dia ou limitando o seu fornecimento em 30% da dieta diária (Sandoval Jr., 2011).

1.9 Referências

ALLEN, J.A.; BROWN, C.S. & STOHLGREN, T.J. Non-native plant invasions of United States National Parks. *Biological Invasions*. v. 11, p. 2195–2207, 2009.

BREWBAKER, J. L. *Guide to the systematics of genus Leucaena (Mimosaceae)*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1978. 16p.

BREWBAKER, J. L.; SORENSSON, C. Domestication of lesser-known species of *Leucaena*. In: LEAKEY, R.; NEWTON, A. (Ed.) *Tropical trees: the potential for domestication*. Edinburgh: Institute of Terrestrial Ecology, 1994. p.195-204.

CAMPOS, J. B.; TOSSULINO, M. G. P.; MÜLLER, C. R. C. *Unidades de Conservação: Ações para valorização da biodiversidade*. Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba, Paraná, 2005.

CASAS, A.; CABALLERO, J. Traditional management and morphological variation in *Leucaena esculenta* (Fabaceae: Mimosoideae) in the Mixtec region of Guerrero, Mexico. *Economic Botany*, New York, v. 50, p. 167-181, 1996.

CATIE – Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza. *Leucaena, Leucaena leucocephala* (Lam. de Wit.): espécie de árbol de use múltiple em América Central. *Informe Técnico*, n. 166, 1991. 60 p.

CHEW, M. Ecologists, Environmentalists, Experts, and the Invasion of the ‘Second Greatest Threat’. *International Review of Environmental History*. v. 1, p. 7-40, 2015.

COLAUTTI, R. I.; MacISAAC, H. J. A neutral terminology to define ‘invasive’ species. *Diversity and Distributions*. v. 10, p. 135-141, 2004.

CORREA, S. M. S. Africanizando a paisagem sulina: a invasão de uma gramínea exótica. In: CORREA, S. M. S. (org.) *Bioses Africanas no Brasil: Notas de História Ambiental*. Itajaí – SC: Casa Aberta Editora. 2012. 213 p.

COSTA, J. N. M. N.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): INVASORA OU RUDERAL? *Revista Árvore*. v. 34, n. 5, p. 825-833, 2010.

D’ANTONIO, C.M.; MEYERSON, L. A. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration. *Restoration Ecology*. V.10, p. 703-713, 2002.

DEHNEN-SCHMUTZ, K.; WILLIAMSON, M. *Rhododendron ponticum* in Britain and Ireland: Social, Economic and Ecological Factors in its Successful Invasion. *Environment and History*. v. 12, p. 325-350, 2006.

DELARIVA, R. L.; AGOSTINHO, A. Introdução de espécies: uma síntese comentada. *Acta Scientiarum*. v. 21, n. 2, p. 255-262. 1999.

DIJKMAN, M. J. *Leucaena* - a promising soil erosion control plant. *Economic Botany*, v. 4, pág. 337-349, 1950.

DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. Leucena (*Leucaena leucocephala*): leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. *Comunicado Técnico*, 262: Embrapa Florestas, Colombo, PR; 142: Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, 2010. 8p.

ELTON, C. S. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 196, 1958.

EVANS, L. T. The domestication of crop plants. In: EVANS, L. T. *Crop evolution, adaptation and yield*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p. 62-112.

FUNATURA/IBAMA (Fundação Pró-Natureza/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). *Plano de Manejo do Parque Nacional de Brasília*. IBAMA. v. 1, s/n p.

GIOVANELLI, J.; CANTAGALLO, C. Conservação Ambiental através das Reservas particulares do Patrimônio Natural (RPPN). *Revista Logos*. n. 13, p. 25-31, 2006.

GLOBAL INVASIVE SPECIES PROGRAMME-GISP. *Global strategy on invasive alien species*. IUCN, 50p, 2001.

GLOBAL INVASIVE SPECIES PROGRAMME-GISP. *Invasive alien species and protected áreas. A scoping report, part I*. 93p. 2007. <http://www.issg.org/pdf/publications/gisp/resources/ias_protectedareas_scoping_i.pdf> (Acesso em 01/07/2014).

GONÇALVES, E.G.; LORENZI, H. *Morfologia Vegetal – Organografia e Dicionário Ilustrado de Morfologia das Plantas Vasculares*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007. 416 p.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. *Leucaena leucocephala* – uma leguminosa com múltiplas utilidades para os trópicos. *Comunicado Técnico*. EMBRAPA, 1986. p. 1-7.

HODKINSON, D.J.; THOMPSON, K. Plant dispersal: the role of man. *Journal of Applied Ecology*, n. 34, p. 1484-1496, 1997.

HOROWITZ, C.; MARTINS, C. R.; MACHADO, T. *Espécies exóticas arbóreas, arbustivas e herbáceas que ocorrem nas zonas de uso especial e de uso intensivo do Parque Nacional de Brasília – Diagnósticos e Manejo*. IBAMA, MMA, 58 p, 2007.

HOROWITZ, C.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, V.; PACHECO, G.; SOBRINHO, R. I. Manejo da Flora Exótica Invasora no Parque Nacional de Brasília: Contexto Histórico e Atual. *Biodiversidade Brasileira*. v. 3, n. 2, p. 2017-236, 2013.

TROPICAL GRASSLAND SOCIETY OF AUSTRALIA INC. Better Pastures for the Tropics and Subtropics. Leucaena. Disponível em: <<https://www.tropicalgrasslands.asn.au/pastures/leucaena.htm>>. Acesso em 19/09/2015.

HUGHES, C. E. *Leucaena genetic resources: the OFI seed collections and a synopsis of species characteristics*. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1993. 117 p.

HUGHES, C. E. *Leucaena: manual de recursos genéticos*. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1998. 280 p. (Tropical Papers, 37).

HUGHES, C. E.; HARRIS, S. A. A second spontaneous hybrid in the genus *Leucaena* (Leguminosae, Mimosoideae). *Plant Systematics and Evolution*. v. 212, p. 53-77, 1998.

ICMBio/MMA. *Parque Nacional de Brasília*. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente. 1 folder.

INSTITUTO HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. *Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras, I3N Brasil*. Disponível em: <<http://i3n.institutohorus.org.br>> (Acesso em 27/03/2015).

KLUTHCOUSKI, J. Leucena: Alternativa para a pequena e média agricultura. *Circular Técnica*, 6. Brasília: EMBRAPA-CNPAP, 1992. 12 p.

LEÃO, T. C. C.; ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M. S.; ZILLER, S. R. *Espécies exóticas invasoras no nordeste do Brasil: contextualização, manejo e políticas públicas*. CEPAN, Instituto Hórus. 99p, 2011.

LI, H.W.; MOYLE, P.B. Ecological analysis of species introductions into aquatic systems. *Trans. Amer. Fish. Soc.* v. 110, p. 772-782. 1981.

LIMA, P. C. F. Leucena. In: KIILL, L. H. P; MENEZES, E. A. (Orgs.). *Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 157-205, 2005.

LOCKWOOD, J. Impact Synthesis. In: LOCKWOOD, J. (Org.). *Invasion Ecology*. Australia: Blackwell Publishing, 2007. p. 206-222.

LORENZI, H; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. 2003. *Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; de POORTER, M. *100 of the World's Worst Invasive Alien Species selection from the Global Invasive Species Database*. The 63 Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 2000.

LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S; De POORTER, M. *100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database*. Invasive

Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN). 12p, 2004.

MacDONALD, I.A.W. The invasion of introduced species into nature reserves in tropical savannas and dry woodlands. *Biological Conservation*. v. 44, p. 67-93, 1988.

MACK R.N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W.M.; EVANS, H.; CLOUT, M. & BAZZAZ, F.A. Biological Invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications*. v. 10, p. 689-710, 2000.

McKINNEY, M. L. Influence of settlement time, human population, park shape and age, visitation and roads on the number of alien plant species in protected areas in the USA. *Diversity and Distributions*, v. 8, p. 311-318, 2002.

MARTINS, C. R.; HAY, J. D. V.; CARMONA, R.; LEITE, R. R.; SCALÉA, M.; VIVALDI, L. J.; PROENÇA, C. E. B. Monitoramento e controle da gramínea invasora *Melinis minutiflora* (capim-gordura) no Parque Nacional de Brasília, Distrito Federal. *IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação*. Seminário 2. Curitiba. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza: Rede Nacional Pró Unidade de Conservação. p. 5-96, 2004.

MARTINS, C. R.; HAY, J. D. ; WALTER, B. M. T.; PROENÇA, C. E. B.; VIVALDI, L. J. Impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do Cerrado sentido restrito. *Revista Brasil*. v. 34, n. 1, p. 73-90, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Informe Nacional sobre Espécies Invasoras*. MMA, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Panorama da Biodiversidade Global*, 3. 94p. 2010. <<http://www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-pt.pdf>> (Acesso em 02/07/2014).

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. (Acesso em 31/05/2018).

NAS - National Academy of Science. *Leucaena: promising forage and tree crop for the tropics*. Washington, 1977.

PAUCHARD, A.; ALABACK, P. B. Influence of Elevation, Land Use, and Landscape Context on Patterns of Alien Plant Invasions along roadsides in Protected Areas of South-Central Chile. *Conservation Biology*. v. 18, n. 1, p. 238-248, 2004.

PIVELLO, V. R. Invasões biológicas nos cerrados brasileiros: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. *Ecologia, INFO*. v. 33, 2011. <<http://www.ecologia.info/cerrado.htm>>. (Acesso em 27/03/2015).

POLETTI, A. B. *Citogenética comparativa de peixes da família Cichlidae*. 2009. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Genética) - Universidade Estadual Paulista – Botucatu, São Paulo.

PYŠEK, P.; JAROSIK, V. & KUCERA, T. Patterns of invasion in temperate nature reserves. *Biological Conservation*. v. 104, p. 13-24, 2002.

RICHARDSON, D. M.; PYŠEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M. G.; PANETTA, F. D.; WEST, C. J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*. v. 6, p. 93–107, 2000.

SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades De Conservação Federais no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*. v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.

SANDOVAL JR., P. (Coord.). *Manual de Criação de Caprinos e Ovinos*. Brasília: Codevasf, 2011. 142 p.

SCHIFINO-WITTMANN, M. T. Leucena - Do México para o mundo, a globalização das árvores de mil e uma utilidades. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. Ed(s). *Origem e Evolução de Plantas Cultivadas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 437-463.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. M. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Árvore*. v. 27, n. 6, p. 791-798. 2003.

SIMBERLOFF, D. Introduced Species: the threat to biodiversity & what can be done. 2000. *Actionbioscience*. <<http://www.actionbioscience.org/biodiversity/simberloff.html>> Acesso em 23/06/2015.

SIMBERLOFF, D. A rising tide of species and literature: a review of some recente books on Biological Invasions. *BioScience*. v. 54, n. 3, p. 247-254, 2004.

SIMBERLOFF, D. *Invasive species – what everyone needs to know*. Oxford University Press, New York, pp. 329, 2013.

SIMBERLOFF, D. Introduced Species: the threat to biodiversity & what can be done. *Actionbioscience*. <<http://www.actionbioscience.org/biodiversity/simberloff.html>> Acesso em 23/06/2015.

SPEAR, D.; FOXCROFT, L.C.; BEZUIDENHOUT, H. & MCGEOCH, M.A. Human population density explains alien species richness in protected areas. *Biological Conservation*. v. 159, p. 137-147, 2013.

UNEP. *Implications of the findings of the Millennium Ecosystem Assessment for the future work of the Convention – Addendum – Summary for decision makers of the biodiversity synthesis report*. UNEP, 2005.

VALÉRY, L.; FRITZ, H.; LEFEUVRE, J-C.; SIMBERLOFF, D. In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. *Biological Invasions*. v. 10, p. 1345-1351, 2008.

VILÀ, M.; ESPINAR J.L.; HEJDA, M.; HULME P.E.; JAROSIK, V.; MARON, J.L.; PERGL, J.; SCHAFFNER U.; SUN, Y. & PYSEK, P. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters*. v.14, p. 702-708, 2011.

WALTON, C. S. *Leucaena (Leucaena leucocephala) in Queensland – Pest Status Review*. Series – Land Protection. Brisbane: Department of Natural Resources and Minas, 2003.

ZILLER, S.R. Espécies exóticas da flora invasoras em Unidades de Conservação. In: CAMPOS, J. B.; TOSSULINO, M. G. P.; MÜLLER, C. R. C.(eds.). Unidades de Conservação: Ações para valorização da biodiversidade. Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba, Paraná, p. 34-52, 2005.

ZILLER, S. R.; DECHOUM, M. S. Plantas e Vertebrados Exóticos Invasores em UCs no Brasil. v. 3, n. 2, p. 4-31, 2013.

ZÁRATE, S. Revisión del genero *Leucaena* in Mexico. *Anales del Instituto de Biología*, serie Botanica, Mexico City, v. 65, p. 83-162, 1994.

ZENNI, R. D. Analysis of introduction history of invasive plants in Brazil reveals patterns of association between biogeographical origin and reason for introduction. *Austral Ecology*. v. 39, p. 401-407, 2014.

Capítulo 1: *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit no Brasil: passado, presente e futuro de uma espécie com potencial invasor.

RESUMO

Os objetivos deste capítulo são reunir os registros de ocorrência da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em território brasileiro para (i) determinar se a sua introdução ocorreu em data anterior à da sua introdução mais antiga registrada, (ii) identificar os pontos de ocorrência no Brasil e no mundo e (iii) projetar a sua distribuição geográfica potencial presente e futura. Para atingir esses objetivos foram consultadas três bases com dados de herbários para obter os pontos de registros da espécie. A partir dos registros foi possível estabelecer datas de ocorrência da espécie anteriores ao registro da sua introdução mais antiga e identificar outros pontos de registro, o que possibilitou o mapeamento da sua presença no território brasileiro, visualizando sua distribuição potencial presente e futura com base em modelos de distribuição geográfica.

Palavras-chave: registros de ocorrência, modelos de distribuição geográfica.

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. é nativa do território do México. A data de sua chegada ao Brasil é desconhecida. A introdução mais antiga é relatada por Vilela e Pedreira (1976): ocorreu no estado de São Paulo em novembro de 1940, por iniciativa do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, sob o número I - 4.218, a partir de sementes disponibilizadas pelo Serviço Florestal do Rio de Janeiro, órgão criado em 1938 a partir da extinção do Instituto de Biologia Vegetal do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio (Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ), 2007).

Diante dessa informação, surge um questionamento: existem registros anteriores a 1940 da presença da espécie em território brasileiro e que possam contribuir para o entendimento do seu processo de invasão e da sua ampla distribuição? Para responder a essa questão, foram pesquisados registros de ocorrência da espécie em três bases de dados que comportam coleções de 183 herbários localizados em variadas instituições de pesquisa no Brasil e em vários outros países. Os herbários e museus de história natural são considerados ótimas fontes para a consulta de registros de presença de espécies (Albernaz; Pires, 2009; Phillips et al., 2004) e os seus dados constam em bases disponibilizadas na Internet.

Foram pesquisados os dados de três bases: **speciesLink**¹, **Flora do Brasil 2020**² e **Global Biodiversity Information Facility (GBIF)**³.

A base **speciesLink** surgiu com o projeto “Sistema de Informação Distribuído para Coleções Biológicas: a Integração do Species Analyst e do SinBiota (FAPESP)”. O seu objetivo geral é

integrar a informação primária sobre biodiversidade que está disponível em museus, herbários e coleções microbiológicas, tornando-a disponível, de forma livre e aberta na Internet (<http://splink.cria.org.br/project?criaLANG=pt>, 2016).

O projeto procurou descobrir os atuais avanços em bancos de dados, protocolos de distribuição e a conectividade para acesso aos dados, além da inteligência artificial, de modo a atingir seus objetivos específicos relacionados ao desenvolvimento e implantação de sistemas de informação para consultas e modelagem matemática de dados. O projeto desenvolveu também aplicativos que ajudam na resolução de problemas relacionados à biodiversidade e ao meio ambiente. O sistema foi desenvolvido com o apoio das instituições: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA), Financiadora de Estudos e Projetos ((FINEP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) e Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR).

A base **Flora do Brasil 2020** faz parte do Programa Reflora, vinculado ao Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Esse programa, por sua vez, é apoiado pelo Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR). Tem como objetivo “disponibilizar dados de descrições, chaves de identificação e ilustrações para todas

¹ Sistema de Informação Distribuído para Coleções Biológicas: a Integração do Species Analyst e do SinBiota. FAPESP. Disponível em: <<http://splink.cria.org.br/>>. Acesso de novembro/2016 a fevereiro/2017.

² Flora do Brasil 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/PrincipalUC/>>. Acesso de novembro/2016 a fevereiro/2017.

³ Global Biodiversity Information Facility. Disponível em: < <http://www.gbif.org/>>. Acesso de novembro/2016 a fevereiro/2017.

as espécies de plantas, algas e fungos conhecidos para o país” (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/PrincipalUC/>, 2016)

O programa pode ser acessado via Internet e conta com quase 700 pesquisadores que trabalham em rede, fazendo a elaboração de monografias. Eles são os responsáveis por informações relativas à nomenclatura e à distribuição geográfica das espécies monografadas no Brasil. Os usuários também têm acesso a imagens de exsicatas provenientes do Herbário Virtual Reflora e do INCT Herbário Virtual da Flora e dos Fungos. Todas as imagens foram incluídas por especialistas de cada grupo.

A base **GBIF** é uma base internacional aberta e com livre acesso via Internet. Tem como objetivo disponibilizar dados sobre todas as formas de vida na Terra. Incentiva também instituições a publicarem resultados de pesquisas e a contribuírem na tomada de decisões sobre a conservação e o uso sustentável da biodiversidade. É uma iniciativa intergovernamental e seus membros são países e organizações internacionais que colaboram na promoção de acesso livre e aberto aos dados sobre a biodiversidade.

Partindo dos registros encontrados nessas bases, novos panoramas surgiram sobre a origem e a distribuição presente da espécie *Leucaena leucocephala* e sobre como ela vai se comportar no futuro em um cenário de mudanças climáticas. Para visualizar esses panoramas aliado aos dados de ocorrência foi usado o RStudio⁴, um *software* livre e integrado à linguagem R de programação. A linguagem R (R Core Team) é um projeto colaborativo entre instituições, cientistas e usuários de todo o mundo que podem modificar procedimentos a qualquer momento. Apresenta inúmeros pacotes que possibilitam variadas análises estatísticas, produção de gráficos e análise espacial de dados. Alguns desses pacotes foram utilizados na elaboração dos mapas e dos gráficos.

⁴ R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: URL <<https://www.R-project.org/>>. Acesso agosto/ 2015.

O pacote “dismo” permitiu a modelagem de distribuição geográfica de espécies. Esse pacote funciona com a inclusão do programa MaxEnt à linguagem R. O programa MaxEnt (Phillips et al., 2004, 2006) é baseado no princípio da máxima entropia. Considera os dados de presença da espécie e as variáveis ambientais da região geográfica de interesse (Phillips et al., 2004; Hijmans; Elith, 2017). O modelo procura estabelecer a probabilidade de ocorrência da espécie em estudo em áreas de maior adequabilidade ambiental, revelando o seu padrão potencial de distribuição.

Os modelos de distribuição de espécies (*Species Distribution Models* - SDMs) com base em nichos climáticos são ferramentas de grande utilidade para a complementação de dados sobre a distribuição geográfica das espécies. Eles têm sido utilizados em estudos com diversas finalidades, inclusive para analisar a dinâmica de distribuição das espécies em diferentes cenários temporais (Peterson, 2011, p. 60). Além disso, apresentam usos variados como, por exemplo, colaborar com a conservação da biodiversidade, estimar áreas de risco de invasão de espécies, propor áreas para reintrodução de espécies e auxiliar o planejamento da proteção de espécies ameaçadas (Corrêa et al., 2011; Peterson, 2011, pp. 202-206).

Foram formulados as hipóteses e os objetivos a seguir para dar conta das exigências desse capítulo:

1.1 Hipóteses

1.1.1 Hipótese 1: A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. estava presente em território brasileiro antes da sua introdução mais antiga registrada por instituição de pesquisa em 1940.

1.1.2 Hipótese 2: A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. conseguiu sobreviver, se estabelecer e está em processo de expansão no território brasileiro .

1.1.3 Hipótese 3: A presença da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. nas cinco regiões brasileiras corresponde à sua distribuição presente esperada.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Investigar se a espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. foi coletada em território brasileiro anteriormente à sua data de introdução mais antiga feita por instituição de pesquisa, e identificar os seus pontos de ocorrência e visualizando a sua distribuição geográfica potencial presente e futura.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Levantar registros de ocorrência da espécie no Brasil e no mundo.
2. Quantificar os registros encontrados no Brasil e classificá-los por ano, por década de coleta e por estado brasileiro.
3. Assinalar em mapas os pontos onde a espécie pode ser encontrada no Brasil e no mundo.
4. Modelar a distribuição geográfica potencial presente da espécie no Brasil a partir de registros de ocorrência e de variáveis bioclimáticas.
5. Modelar a distribuição geográfica potencial futura da espécie no Brasil a partir dos registros de ocorrência, da sua potencialidade de propagação e de dados de mudanças climáticas relativos às variáveis bioclimáticas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem e disseminação da espécie *Leucaena leucocephala*

O gênero *Leucaena* pertence à família Leguminosae, subfamília Mimosoidae e tribo Mimosae. Tem 22 espécies, quatro subespécies, duas variedades e dois taxa híbridos (Hughes, 1998a), que apresentam indivíduos com porte arbustivo e arbóreo, com alturas variando entre cinco e 18 m. São espécies perenes de crescimento rápido e adaptadas às regiões secas tropicais (Brewbaker, 1978), que requerem temperaturas médias entre 25° e 30° C para um crescimento ótimo (Hughes, 1998).

Antes da sua disseminação para diferentes regiões do globo, o gênero passou por um processo de domesticação iniciado na sua área geográfica de origem (Evans, 1993). Original do México, o gênero *Leucaena* foi localizado em Chiapas e na

península de Iucatã (Dijkman, 1950). Civilizações pré-colombianas foram as responsáveis pelo espalhamento do gênero da sua área original e pela sua disseminação ao redor do Golfo do México e pelo mar do Caribe (National Academy of Sciences (NAS), 1977). Brewbaker (1978) relata que o gênero ocorre também naturalmente no sul do estado do Texas (EUA) e na América Central.

A migração do gênero para a região do Pacífico ocorreu após a conquista do México e da América Central pelos espanhóis. Partindo da costa ocidental do México, os galeões espanhóis fizeram viagens regulares para o Oriente e chegaram a muitas ilhas do Pacífico (Lima, 2005). Entre 1565 e 1825, galeões saíam a cada ano do porto de Acapulco, no México, e cruzavam o Pacífico. Em algum momento, ao longo desses 260 anos, plantas do gênero *Leucaena* desembarcaram nas Filipinas (NAS, 1977) e na Indonésia (Dijkman, 1950), provavelmente transportadas como forragem para os animais transportados a bordo (NAS, 1977). A partir daí a espécie foi distribuída pelos espanhóis e se estabeleceu nas Filipinas, em Guam e em outras possessões espanholas no Pacífico.

Dentro do gênero *Leucaena*, *Leucaena leucocephala* é a espécie mais conhecida por ser a mais difundida e por ter usos relevantes em muitas comunidades. As diferenças morfológicas entre as subespécies foram inicialmente percebidas em avaliações agrônômicas. A espécie foi classificada em três grandes tipos.

O tipo Comum, inicialmente classificado como tipo Havaiano, tem porte arbustivo, é muito ramificado, apresenta crescimento lento, alta produção de sementes e tem potencial invasor. Esse foi o tipo espalhado pelos conquistadores espanhóis e que hoje está disseminado pantropicalmente. Esse tipo Comum refere-se à subespécie *leucocephala*. As suas características, bem como a sua capacidade de estabelecimento, têm contribuído para o seu caráter invasor (Hughes, 1998a). O tipo Salvador ou Gigante tem porte arbóreo, podendo atingir até 20 m de altura. Apresenta crescimento vigoroso e boa produção de madeira e de forragem. O tipo Peru tem porte ereto e muitas ramificações, com altura de até 15 m. É reconhecido pela alta produção de forragem, alto teor de proteínas, palatabilidade e digestibilidade. Os dois últimos tipos referem-se à subespécie *glabrata* (Hughes, 1998a, 1998b).

A Figura 1 apresenta a distribuição original de dois tipos de *Leucaena leucocephala*: o tipo Havaiano ou Comum e o tipo Salvador ou Gigante.

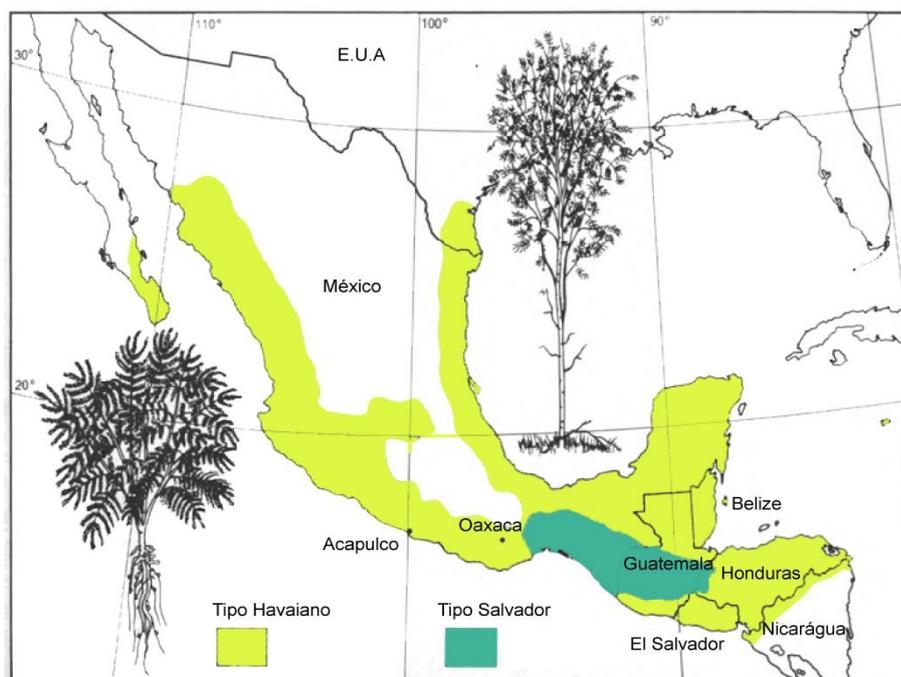


Figura 1 - Distribuição original dos tipos Comum ou Havaiano e Salvador ou Gigante do gênero *Leucaena*.
Fonte: NAS, 1977.

Até 1961, a espécie era conhecida como *Leucaena glauca* (L.) Benth. Nesse mesmo ano, Hendrik Cornelis Dirk de Wit publicou um estudo baseado na revisão do material botânico do Rijksherbarium, em Leyden, na Holanda, e da Coleção de Linnaeus, em Londres, na Inglaterra. De Wit constatou que o nome científico *Mimosa glauca*, dado por Linnaeus, se baseava na descrição feita por Adriaan van Royen, em 1740, e que a planta apresentava diferenças em relação à *Leucaena leucocephala* quanto às características das vagens e ao número de estames. De Wit concluiu que a descrição feita em 1783 por Lamarck, que nomeou a espécie como *Mimosa leucocephala*, era a primeira descrição botânica válida (Hill, 1971⁵ *apud* Vilela e Pedreira, 1976).

O gênero *Leucaena* foi proposto em 1842 por George Bentham, que o diferenciou do gênero *Mimosa*. Nesse mesmo ano, Bentham publicou a primeira descrição do gênero e o definiu dentro da ordem Mimosae, tribo Eumimosae (Zárte,

⁵ HILL, G. D. *Leucaena leucocephala* for pastures in the tropics: a review article. *Herb. Abstr.* v. 41, n. 2, p. 111-119, 1971.

1994). O nome botânico dessa espécie que passou a ser aceito é *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Hill, 1971 *apud* Vilela e Pedreira, 1976).

O gênero *Leucaena* é encontrado e cultivado na maioria dos países tropicais e subtropicais. Desempenha um importante conjunto de papéis socioeconômicos, principalmente nos países em desenvolvimento (Catie, 1991; Walton, 2003; Schifino-Wittmann, 2008). É uma leguminosa com múltiplos usos nos sistemas agroflorestais, devido à alta qualidade da sua forragem, ao crescimento rápido e a rebrota constante (Brewbaker; Sorensson, 1994).

No Brasil, a espécie foi introduzida com fins econômicos e tem sido especialmente cultivada como planta forrageira (Costa, N. et al., 2004). A sua folhagem é apreciada pelo gado e por animais silvestres como, por exemplo, a paca (Mattos, 2015). Pode ser oferecida jovem ou madura, verde, seca ou ensilada (NAS, 1977). Nos dias atuais existem registros da espécie nas cinco regiões brasileiras e em quase todos os estados do Brasil, pois ela apresenta bom desenvolvimento desde o semiárido nordestino até as zonas mais frias do sul do país (Lima, 2005).

Na região Nordeste, a espécie foi amplamente difundida pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) no início da década de 1970. O órgão distribuiu sementes para a instalação de cultivos experimentais da espécie, em parceria com o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). Em diversas áreas do Nordeste, percorridas por técnicos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Semi-Árido, *Leucaena leucocephala* foi registrada como *Leucaena glauca*; as sementes distribuídas pela SUDENE não tiveram registro de procedência (Lima, 2005).

Novas plantas foram produzidas e cultivadas na Embrapa Semi-Árido em Petrolina, PE, a partir de sementes provenientes da Fazenda Pendência na Paraíba. Essas sementes foram doadas pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Com a criação do Programa Nacional de Pesquisas Florestais da Embrapa em 1978, novas variedades procedentes de Linhares, ES, e de Sete Lagoas, MG, foram introduzidas (Lima, 2005).

Nos dias atuais existem registros da espécie nas diferentes regiões e estados brasileiros. Leão et al. (2011) registraram a espécie nos estados de Alagoas, Ceará,

Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, contabilizando um total de 124 registros.

Em uma análise mais ampla, focada no mapeamento do conjunto de espécies invasoras no território brasileiro, o Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental registra a ocorrência da espécie em 21 estados brasileiros: Alagoas, Amazonas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe (Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental⁶).

Outros trabalhos também relatam a presença e a introdução da espécie em estados e municípios brasileiros. Costa, N. et al. (2004) avaliaram o uso de leguminosas forrageiras em pastagens em Ariquemes, Rondônia, por exemplo. Nesse estudo *Leucaena leucocephala* foi considerada uma forrageira promissora. No estado do Acre, Costa, A. et al. (1979) fizeram referência a experimentos feitos com a introdução e avaliação de diversas leguminosas forrageiras, incluindo *Leucaena leucocephala*, como suplemento na alimentação animal.

Em um estudo sobre a biologia reprodutiva de *Leucaena leucocephala* na cidade de Trindade, Goiás, Melo-Silva et al. (2014) selecionaram quatro áreas de estudo contendo populações da espécie para identificar os agentes polinizadores e avaliar a influência de cada um deles na produção de frutos.

Koster et al. (1977) referem-se à presença de *Leucaena leucocephala* em um estudo que avaliou as pastagens em Paragominas, no Pará, e no nordeste do Mato Grosso. Teixeira Neto et al. (1978) relatam a introdução de *Leucaena leucocephala* no Pará, considerando que ela é uma forrageira com boa potencialidade e possuidora de alto teor de proteína, além de ter alta produção de matéria seca, vigor, e resistência ao período de seca e às doenças.

A presença de *Leucaena leucocephala* foi relatada Distrito Federal, no Parque Nacional de Brasília, por Horowitz et al. (2013). Os autores consideraram preocupante

⁶ Acesso em maio/2017.

a expansão de *Leucaena leucocephala* e *Tithonia diversifolia* (girassol-mexicano) nas imediações e no interior do parque.

Outro trabalho cita a presença de *Leucaena leucocephala* em habitats naturais. Zenni; Ziller (2011) fazem uma avaliação geral das plantas invasoras no Brasil, compilando dados de campo, entrevistas e revisão de literatura em um período de seis anos. As espécies invasoras foram organizadas por fitofisionomia e eco regiões. Os autores relatam a presença de *Leucaena leucocephala* na Mata Atlântica no Paraná, na Caatinga, em florestas no interior da Bahia e de Pernambuco, no Cerrado, em áreas de mangues, nas florestas de araucárias, no Pantanal e em babaçuais no Maranhão.

Relatada como forrageira em inúmeros trabalhos, *Leucaena leucocephala* apresenta outros usos. Tem sido utilizada como planta ornamental, para a recuperação ambiental de áreas degradadas, e para o controle de erosão do solo (Schifino-Wittmann, 2008; Costa, J.; Durigan, 2010). Nos sistemas agroflorestais ela tem sido usada como cultivo agrícola, consorciada com o milho, o feijão, o sorgo e o algodão (Kluthcouski, 1992).

Entretanto, o seu reconhecimento como árvore importante para esses fins foi sendo crescentemente acompanhado de uma preocupação. Vários autores têm destacado sete atributos da espécie que são típicos de espécies com potencial como invasoras. *Leucaena leucocephala* (i) é uma árvore de crescimento rápido (Blossey; Nötzold, 1995; Costa, J.; Durigan, 2010), (ii) é uma pioneira heliófita (Rejmánek, 1996), (iii) produz sementes em grande quantidade (Noble, 1989), (iv) tem capacidade de se reproduzir sexuada e assexuadamente com rebrota presente sucessivas vezes após o corte, (v) tem período pré-reprodutivo curto, (vi) apresenta alta plasticidade e (vii) exhibe tolerância a ambientes diversos (Costa, J.; Durigan, 2010). Da mesma forma, foram identificadas algumas fases do seu potencial processo de invasão, como a sua introdução e o seu possível estabelecimento acompanhado pela sua forte capacidade de dispersão (Colautti; MacIsaac, 2004).

Tanto na sua região geográfica nativa quanto em todo o globo, *Leucaena leucocephala* pode ser encontrada fora das suas áreas de cultivo. Está presente em ambientes abertos, muitas vezes costeiros e fluviais, e em ambientes seminaturais e perturbados ou ruderais (margens de estradas, campos abandonados e terrenos

baldios) (Costa, J.; Durigan, 2010). Mesmo tendo o seu centro de origem no México e na América Central, as espécies do gênero *Leucaena* apresentam, na atualidade, uma ampla disseminação pelo globo. Analisada sob a sua potencialidade como invasora é importante notar que a maioria dos registros feitos de *Leucaena leucocephala* em outros países aponta que ela é conhecida como erva daninha ou ruderal em todos os continentes, exceto na Antártida (Walton, 2003).

2.2 O uso de coleções de herbários

No que concerne à disponibilidade de informação, as coleções de história natural de herbários, museus e jardins botânicos são valiosas fontes para a pesquisa de registros de presença de espécies (Phillips et al., 2004; Albernaz; Pires, 2009). Como fonte de informações, auxiliam na definição de prioridades de conservação e na tomada de decisões quanto à conservação de espécies raras (MacDougall et al., 1998; Krupnik et al., 2009). Os dados constantes em herbários também são usados em estudos que têm como objetivo fazer levantamentos numéricos de registros de espécies. Esses registros podem demonstrar a raridade (MacDougall et al., 1998) ou o declínio (Burgman et al., 1995) de espécies vegetais.

Os dados disponibilizados por herbários proporcionam dois tipos de informações significativas para os planejadores de conservação: os locais de ocorrência (apontando onde as espécies foram localizadas e podem permanecer) e descrições das compatibilidades entre as espécies e o habitat onde foram encontradas, o que permite aprimorar as prioridades da conservação (MacDougall et al., 1998). Os mesmos autores argumentam que os dados de herbários apresentam algumas limitações no seu uso, mas ponderam que na maioria dos casos fornecem informações confiáveis para a avaliação de espécies vegetais raras, endêmicas e exóticas.

A partir de uma pesquisa em herbários digitais, aliada a uma técnica de definição de prioridades, Kricsfalusy e Trevisan (2014) analisaram uma lista de 418 espécies de plantas vasculares raras na província de Saskatchewan, no Canadá. Os dados foram mensurados para gerar *rankings* de prioridades para a conservação de cada espécie usando três critérios: (1) a responsabilidade da província na sobrevivência das espécies; (2) as características da população em cada local de coleta e (3) as ameaças humanas que provocam a raridade das espécies. Em relação

às plantas invasoras, esses dados apresentam potencial para ajudar a reconstruir as histórias das invasões (Cousens et al., 2013) e para determinar o fluxo de circulação de espécies (Fuentes et al., 2008). É possível ainda traçar os limites da área invadida ao longo do tempo e calcular as taxas de propagação no espaço (Pyšek; Hulme, 2005). Outra aplicação é a modelagem da área geográfica ocupada no presente e a área potencial que pode ser invadida futuramente. Essa modelagem é feita a partir do uso de modelos de distribuição de espécies com base em variáveis ambientais (Corrêa et al., 2011).

Outra utilidade dos dados de herbários é a estimativa da duração das lacunas entre os registros de coleta (Hyndman et al., 2015). Dados de herbários também podem ser usados na inferência de mudanças evolutivas em espécies introduzidas que se tornaram mais adaptadas aos novos ambientes (Buswell et al., 2011). Os autores consideram que a rápida resposta evolutiva dessas espécies pode torná-las fortes concorrentes e invasoras bem sucedidas.

Em um recente estudo, Zenni (2015) usa a base de dados do The Brazil Flora Group (BFG (2015)) e de outros autores para avaliar os dados sobre as espécies de plantas vasculares naturalizadas no Brasil. O objetivo do estudo é comprovar que as regiões mais populosas e os biomas com menor cobertura natural remanescente têm um número maior de espécies naturalizadas.

Entretanto, existem problemas com o uso das bases de dados dos herbários, particularmente na medição e na determinação da dispersão de populações de espécies potencialmente invasoras (Hyndman et al., 2015). Primeiro, os herbários raramente apresentam amostras sistemáticas ou aleatórias de distribuição de espécies, tanto espacial quanto temporalmente. Normalmente, os dados são coletados a partir dos critérios determinados pelos botânicos. Esses critérios dependem de fatores numerosos, como as motivações da coleta, o tempo disponível e a frequência das idas ao campo. Às vezes as coletas fazem parte de um levantamento geral feito em uma determinada área ou de um esforço intensivo focalizado em uma determinada espécie. Dessa forma, as coletas sempre estarão sujeitas às prioridades da campanha (Aikio et al., 2010)

O número de espécimes coletados durante um esforço específico pode refletir, em parte, a abundância e distribuição de uma espécie. Assim, a probabilidade de

localização e coleta muda ao longo do tempo. Ela depende também do número de coletores em cada lida. Dessa forma, pode-se considerar que cada esforço de coleta apresenta um potencial viés (Aikio et al., 2010). Nervo et al. (2010) citam outros desses vícios que podem ocorrer em qualquer campanha de coleta e registro: o interesse por localidades consideradas clássicas para coletas, a preferência pelas regiões costeiras e outras próximas aos centros urbanos e dos sítios localizados ao longo de hidrovias e de rodovias. Áreas de difícil acesso são as que apresentam o menor índice de registros de ocorrência de espécies.

Segundo, os dados de coletas são inexistentes ou muito escassos nos estágios iniciais da maior parte dos processos de invasão. As pesquisas sobre invasores comumente são realizadas após o início do processo de invasão, quando a espécie já está se espalhando ativamente. Esse fato é uma consequência do baixo número de observações e coletas durante os períodos em que os atuais invasores ainda estavam na etapa de estabelecimento (Hyndman et al., 2015), expressando como é difícil distinguir entre um período de lacuna de coleta e as primeiras fases do espalhamento rápido e contínuo dos indivíduos (Cousens; Mortimer, 1995).

Terceiro, os dados estão mascarados. O registro no herbário apenas informa a data em que a espécie já estava presente em um local, sem estabelecer a sua data real de chegada, que pode ter ocorrido muito tempo antes. Isso não será um problema se existir documentação que comprove a data da introdução deliberada, pois a espécie pode ter aparecido antes, mas não poderia ter surgido depois. Entretanto, continua sendo um obstáculo nos casos de introduções acidentais e para as observações e coletas adicionais que ocorrem durante o processo de disseminação da espécie (Hyndman et al., 2015).

O reduzido esforço de coleta e a baixa abundância da espécie podem acarretar erros quanto ao primeiro registro em uma região. Desta forma, sempre haverá um atraso parcial entre a data de introdução e a coleta da primeira amostra. Esse erro é mais comum em tempos passados, quando áreas muito grandes eram cobertas por poucos coletores (Hyndman et al., 2015).

A despeito das limitações e da heterogeneidade dos dados, os registros de herbários fornecem datas de coleta e de localização geográfica que têm sido usadas em variadas ocasiões. São informações valiosas sobre a chegada e o

estabelecimento de espécies exóticas e sobre o processo de invasão. Eles podem também ajudar na identificação de pontos e momentos em que esse processo de invasão mude abruptamente (Fuentes et al., 2008; Hyndman et al., 2015).

2.3 A modelagem da distribuição geográfica de espécies

A modelagem de distribuição de espécies (MDE) constitui uma ferramenta amplamente usada na área da conservação da biodiversidade, pois permite a preparação de modelos (Kamino, 2009) que ajudam na identificação de áreas de distribuição potencial da espécie e na previsão de alterações nos padrões de disposição observados (Furini, 2014). A MDE oferece ricas perspectivas para a criação de cenários futuros sobre a distribuição geográfica de certas espécies, a partir da estimativa de como as mudanças climáticas afetam a distribuição de espécies ameaçadas, de espécies exóticas e de patógenos (Franklin, 2010, p. 17-20).

Esses métodos fazem associações entre os registros de ocorrência das espécies e as variáveis ambientais selecionadas para explicar os padrões de ocorrência (Elith; Graham, 2009) e para estimar as áreas mais propensas à presença da espécie (Anderson et al., 2003; Pearson et al., 2007). Os registros de ocorrência são constituídos pelas coordenadas geográficas dos pontos onde cada espécime foi registrado ou coletado. Para as plantas, os dados de ocorrência podem ser retirados de bases de herbários, de museus e de levantamentos florísticos. O uso desses modelos permite a extrapolação da presença para uma área geográfica amplificada, tendo como resultado um mapa que define as regiões com potencial para abrigar as espécies objetos de estudo (Anderson et al., 2003; Pearson et al., 2007).

Existe uma grande variedade de métodos para modelar a distribuição geográfica de espécies. Sendo assim, é necessário conhecer o funcionamento desses métodos para escolher o mais apropriado para atingir o objetivo formulado. A variedade gira em torno de modelos que utilizam: (1) dados de presença e ausência, (2) dados de presença e pseudoausências em áreas ambientalmente diferentes da área de ocorrência, (3) dados de presença e dados ambientais referentes à amplitude da área de estudo e (4) dados de presença aliados à semelhança ambiental entre os locais onde a espécie foi registrada. Todos os métodos exigem um número mínimo de registros para que um modelo robusto seja gerado (Pearson et al., 2007).

O algoritmo MaxEnt se enquadra no modelo descrito no número 4. Ele utiliza apenas dados georreferenciados de presença, requer um baixo número de amostras ($n < 30$) (Pearson et al., 2007) e pode ser rodado com uma configuração a partir de dez pontos. Afora os dados de presença, o método usa variáveis bioclimáticas que caracterizam os locais com registros de ocorrência das espécies.

O modelo é constituído por uma área A, que representa a região geográfica onde estão definidas as variáveis ambientais e os pontos de registro da espécie. Essa área é representada por uma grade com um número finito de compartimentos. Os registros de ocorrência representam os locais onde a espécie foi observada e georreferenciada e ocupam esses compartimentos. Assim, o programa estima a probabilidade de distribuição da espécie entre as variáveis ambientais, em uma sobreposição de camadas, etapa caracterizada como “*background*”. Cada compartimento tem um valor numérico variando de 0 a 1, para os quais se atribuem as variáveis ambientais nas áreas mais adequadas à presença da espécie (Pearson et al., 2007).

O resultado é uma distribuição geográfica provável para as condições de sobrevivência da espécie ou, ainda, uma probabilidade de presença (Hijmans; Elith, 2017) em um plano com valores, onde 0 representa as ausências e 1 as presenças. Os valores maiores representam maior probabilidade de ocorrência da espécie (Phillips et al., 2006).

3 MÉTODOS

3.1 Fontes dos dados

3.1.1 Dados nacionais

Os registros de ocorrência de *Leucaena leucocephala* em território brasileiro foram extraídos de três bases: **speciesLink**, **Flora do Brasil 2020** e **GBIF**. Em um primeiro momento, foram procurados registros que apresentavam datas de coleta anteriores a 1940, data da introdução mais antiga registrada da espécie. Após a identificação desses registros, foi feita uma comparação dos mesmos, em cada base de dados, para excluir registros duplicados (mesma localização, mesmo coletor e mesmo ano). Feito isso, procurou-se identificar quais registros tinham imagens das exsicatas e dos *vouchers* comprovantes das datas de coleta. Nessa etapa foi

consultado também o herbário virtual do *The New York Botanical Garden* (NYBG), que tem amostras digitalizadas do *The William and Lynda Steere Herbarium*, vinculado ao *The International Plant Science Center*.⁷ As imagens encontradas foram organizadas e recortadas, realçando os dados de interesse. Os dados biográficos dos coletores das amostras foram pesquisados para contextualizar o momento histórico de cada coleta.

A segunda etapa foi a de classificar o conjunto de dados referente a todos os pontos de coleta registrados no Brasil. Eles foram divididos em dois grupos: o primeiro com todos os pontos georreferenciados e o segundo com os pontos sem as coordenadas geográficas (eles entraram apenas para a contabilização do número de registros no território brasileiro). A classe dos pontos georreferenciados foi usada na elaboração dos mapas e a segunda classe de dados foi usada na geração de gráficos que permitem visualizar os registros por ano e por década de coleta.

Na terceira etapa, os registros de coleta foram separados de acordo com a localização em cada estado brasileiro; o somatório desses pontos foi utilizado na elaboração de um mapa.

O próximo passo foi a seleção dos pontos usados na modelagem de distribuição geográfica da espécie. Os pontos foram selecionados a partir da plotagem de cada um no mapa e pontos muito próximos foram excluídos. Essa seleção procurou minimizar os efeitos da autocorrelação espacial.

Para elaborar os mapas foram usados os pacotes “Draw Geographical Maps: maps R package”⁸ (Minka; Deckmyn, 2016) e o “Combining Spatial Data: maptools R package”⁹ (Bivand; Lewin-Koh, 2016) da linguagem R.

⁷ New York Botanical Garden, The William and Lynda Steere Herbarium, The International Plant Science Center. Disponível em: <http://sciweb.nybg.org/science2/VirtualHerbarium2.asp.html>. Acesso de novembro/2016 a fevereiro/2017.

⁸ Original S code by Richard A. Becker, Allan R. Wilks. R version by Ray Brownrigg. Enhancements by Thomas P Minka and Alex Deckmyn. (2016). Maps: Draw Geographical Maps. R package version 3.1.1. Disponível em: < <https://CRAN.R-project.org/package=maps> >. Acesso em agosto/2016.

⁹ Roger Bivand and Nicholas Lewin-Koh (2016). maptools: Tools for Reading and Handling Spatial Objects. R package version 0.8-40. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=maptools>. Acesso em agosto/2016.

3.1.2 Dados mundiais

Para a identificação dos registros de ocorrência da espécie *Leucaena leucocephala* nos diferentes países, esse estudo realizou buscas na base de dados do GBIF. Ela engloba dados de herbários de vários países e de outras bases. Com o uso do pacote “Rgbif: Interface to the Global ‘Biodiversity’ Information Facility ‘API’ R package”¹⁰ da linguagem R foi gerado um mapa com os registros de ocorrência, baseado apenas nos pontos georreferenciados.

3.2 Modelagem das distribuições potencial presente e futura da espécie

3.2.1 Dados de ocorrência e variáveis ambientais utilizadas

Os dados de registros de ocorrência utilizados foram obtidos no Herbário Virtual Re flora e em consultas às coleções científicas na rede speciesLink e na base de dados do GBIF. Foram selecionados apenas os registros que têm as coordenadas geográficas, que totalizaram 372 pontos. Desses registros foram selecionados 63 pontos para minimizar os efeitos da autocorrelação espacial. A Figura 2 apresenta a localização dos registros de ocorrência selecionados para o modelo.

¹⁰ Scott Chamberlain (2016). rgbif: Interface to the Global 'Biodiversity' Information Facility 'API'. R package version 0.9.6. Disponível em < <https://CRAN.R-project.org/package=rgbif>>. Acesso em agosto /2016.

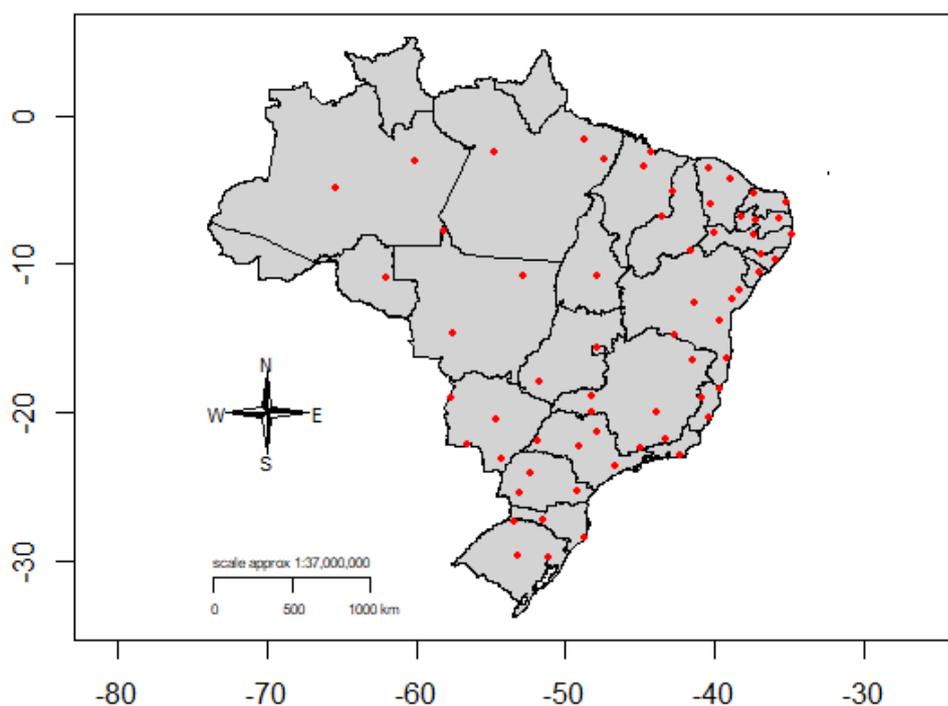


Figura 2 - Localização dos registros de ocorrência selecionados para o modelo.
Fonte: Elaborada pela autora.

Os pontos estão bem distribuídos e representam a distribuição geográfica da espécie no território brasileiro. Essa ampla distribuição colabora para a geração de um modelo confiável.

As variáveis bioclimáticas totalizam 19 variáveis. São formadas por dados climáticos obtidos a partir do *WorldClim*¹¹ – *Global Climate Data*. O *WorldClim* é uma base de dados climáticos que fornece *layers* em diferentes resoluções referentes ao clima atual, e também para cenários climáticos passados e futuros. O Quadro 1 apresenta as variáveis utilizadas nesse estudo. Nesse estudo foi feita uma Análise de Componentes Principais (PCA) para escolher as variáveis que mais contribuem para a distribuição da espécie e que são mais independentes, com um nível máximo de correlação de até 70% (Dalapicolla, 2016).

¹¹ Disponível em <http://www.worldclim.org>.

Quadro 1 - Variáveis ambientais utilizadas no modelo.

Variável	Definição	Unidade
Bio 2	Amplitude diária média (média mensal da Temp. max – Temp. min)	°C
Bio 6	Temperatura mínima do mês mais frio	°C
Bio 12	Precipitação anual	mm
Bio 14	Precipitação do mês mais seco	mm
Bio 15	Sazonalidade de precipitação (coeficiente de variação)	mm
Bio 17	Precipitação do trimestre mais seco	mm
Bio 18	Precipitação do trimestre mais quente	mm
Bio 19	Precipitação do trimestre mais frio	mm

Fonte: WorldClim.

Para a modelagem nos cenários atual (1960-1990) e futuro (2050) foram selecionadas oito variáveis bioclimáticas que se mostraram mais importantes para o conjunto de dados. Essa seleção procurou reduzir a autocorrelação ambiental entre as variáveis bioclimáticas e escolher quais camadas deveriam ser usadas. Foi utilizada a resolução espacial de 25 Km².

A área de predição selecionada é a mesma da distribuição presente. Os dados bioclimáticos sobre as condições futuras são oriundos do *Global Climate Model* (GCM) a partir do 5º Relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change*¹² (IPCC). Para a projeção no cenário futuro foi escolhido o *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dentre os quatro possíveis cenários disponibilizados. Esse é um cenário otimista em que as emissões de gases de efeito estufa atingirão o pico em 2040 e depois entrarão em declínio. Para avaliar os modelos produzidos foi aplicado um corte denominado “*threshold*”, que apresenta a fração das localidades do teste que não são previstas como adequadas para a espécie e a proporção calculada como adequada para a espécie.

¹² Disponível em < http://worldclim.org/cmip5_2.5m#2050>.

3.2.2 Programa usado na elaboração dos modelos de distribuição presente e potencial futuro da espécie – MaxEnt

Dentre os vários programas disponíveis para a modelagem de distribuição geográfica de espécies foi escolhido o MaxEnt para a elaboração dos modelos de distribuição potencial presente e potencial futura da espécie *Leucaena leucocephala*. Para tanto, foi usado o pacote “Species Distribution Modeling: dismo R package”¹³ (Hijmans et al., 2016) que permite a modelagem de distribuição de espécies com a inclusão do programa MaxEnt à linguagem R.

Essa modelagem tem uma aplicação satisfatória na avaliação da distribuição geográfica de uma espécie invasora ou com potencial invasor com o intuito de considerar o risco invasivo em uma área geográfica distinta da sua área de introdução.

O programa está baseado no princípio da máxima entropia. Foi escolhido por ser apropriado para abordagens que utilizam apenas os pontos de presença da espécie (Phillips et al., 2006; Elith et al., 2011). Ao estabelecer a distribuição geográfica de uma espécie, ele parte do princípio de que a distribuição projetada está de acordo com os dados disponibilizados, no caso, os locais de ocorrência e as variáveis ambientais utilizadas (Phillips et al., 2006; Phillips, 2017). Outro motivo para a escolha do programa é que o MaxEnt está disponível no pacote “dismo” do programa R. Sendo assim, diferentes bases de dados podem ser utilizadas para a obtenção de registros georreferenciados de presença de espécies.

Com relação às variáveis ambientais, MaxEnt pode usar variáveis bioclimáticas no carregamento do modelo. Essas variáveis caracterizam os locais onde as espécies ocorrem. A distribuição resultante é baseada na média dos valores desse agrupamento e o resultado retrata a similitude de outras áreas em relação aos dados conhecidos (Phillips et al., 2004).

¹³ Robert J. Hijmans, Steven Phillips, John Leathwick and Jane Elith (2016). dismo: Species Distribution Modeling. R package version 1.1-1. Disponível em: < <https://CRAN.R-project.org/package=dismo> > . Acesso em agosto/2016.

O limite de corte denominado “*threshold*” é usado na validação e na interpretação do modelo. O método de limite de corte incorporado ao MaxEnt é o “Limite da Menor Presença” – (Lowest Presence Threshold – LPT), que identifica uma área de presença mínima prevista de acordo com a adequabilidade ambiental derivada das variáveis ambientais mais adequadas à presença da espécie (Phillips et al., 2006). O limite de corte é o valor da probabilidade adotada para transformar o modelo em um mapa binário. Valores abaixo do limite de corte significam que a espécie tem poucas ou nenhuma chance de ocorrência. Valores acima do valor de corte implicam em uma maior certeza de ocorrência da espécie.

Para fazer a modelagem da distribuição potencial presente da espécie, foram usadas as coordenadas geográficas dos registros de ocorrência nas três bases de dados consultadas, sendo que foram selecionados um total de 63 pontos. Para a projeção futura foram usados os mesmos 63 registros de ocorrência e uma previsão de mudança nas variáveis bioclimáticas previstas para o ano 2050. Os modelos foram montados utilizando os parâmetros de regularização por “*default*”.

O método Maxent permite a estimativa das áreas adequadas para a presença da espécie e a análise da qualidade do modelo estatístico gerado. O modelo estatístico é analisado pelo teste AUC (Area Under Curve) que mensura a capacidade do modelo de discriminar as duas variáveis: o registro verdadeiro da espécie (omissão de áreas) e as áreas preditas de ocorrências (previsão de áreas não ocupadas). Os valores do teste AUC indicam o desempenho do modelo (Phillips et al., 2006).

De uma maneira prática, o teste de validação pode adotar os valores de AUC como indicadores da qualidade do modelo (Metz, 1986). A Tabela 1 apresenta os valores de AUC e os respectivos indicadores de qualidade.

Tabela 1 - Valores de AUC e os respectivos indicadores de qualidade em ordem crescente.

Valor de AUC	Indicadores de qualidade
0,5 – 0,6	Muito ruim
0,6 – 0,7	Ruim
0,7 – 0,8	Médio
0,8 – 0,9	Bom
0,9 – 10	Excelente

Fonte: Metz, 1986.

Para comparar os modelos de forma consistente, os dados foram divididos em um conjunto de treinamento/calibração (*training*) e avaliados usando cinco conjuntos de teste/avaliação (*tests*). O MaxEnt faz essa divisão automaticamente. Antes de criar o modelo o programa divide os registros de ocorrência em duas partes: uma fica para o treino e a outra fica reservada para o teste. Dessa forma, o programa realiza uma validação cruzada, com a finalidade de testar a capacidade preditiva do modelo de distribuição, testando cada conjunto para a obtenção do valor da AUC. Os pontos utilizados em uma etapa nunca são usados na outra (Dalapiccola, 2016).

4 RESULTADOS

4.1 Registros de ocorrência no Brasil anteriores a 1940, data da introdução mais antiga registrada por instituição de pesquisa

Nas bases pesquisadas foram encontrados 30 registros anteriores a 1940 referentes aos anos de 1831 (dois registros), 1842, 1844, 1851, 1865 (dois registros), 1872, 1873, 1878, 1894, 1898, 1907 (2 registros), 1917, 1918, 1923 (dois registros), 1927, 1932, 1934, 1935, 1936 (dois registros), 1937, 1938 (dois registros) e 1939 (três registros). Desses registros, vinte apresentavam imagens das exsicatas. As Figuras de 3 a 22 mostram as imagens das exsicatas encontradas.

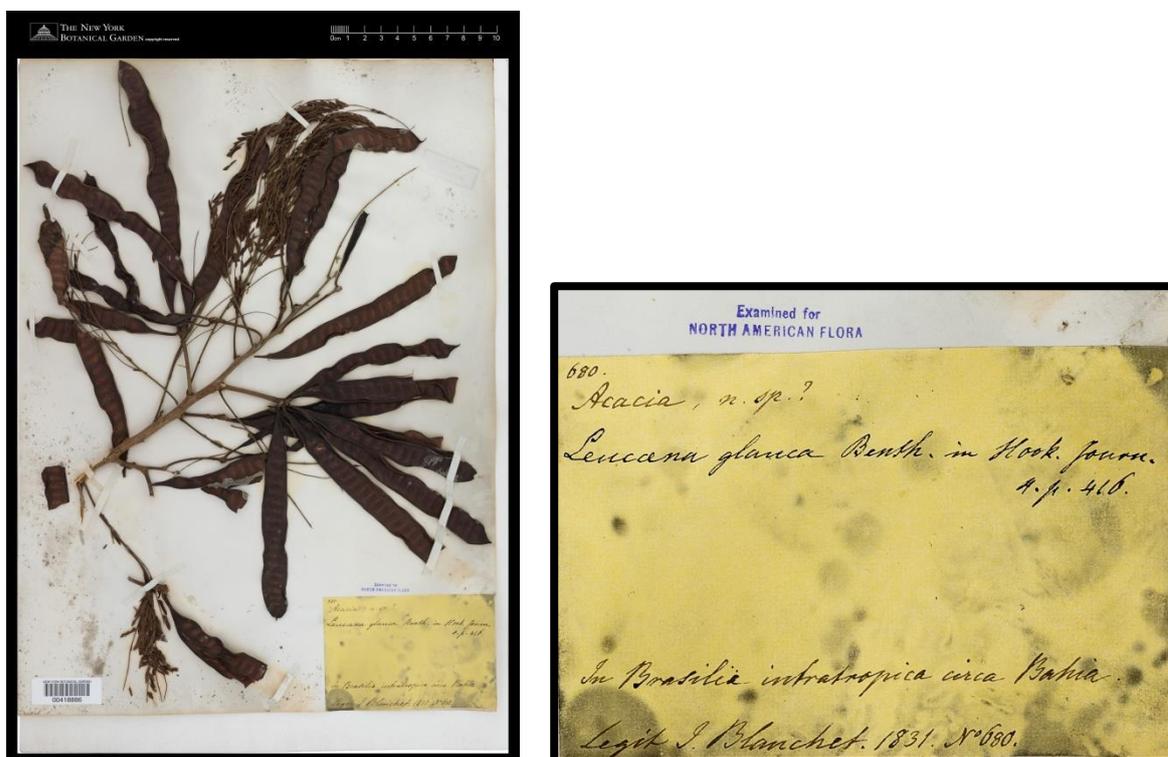


Figura 3 - Exsicata referente ao ano de 1831.

Fonte: The C. V. Starr Virtual Herbarium - The New York Botanical Garden, 2016.

A Figura 3 refere-se ao espécime coletado na Bahia por Jacques Samuel Blanchet em 1831, classificado como *Leucaena glauca* Benth. J. S. Blanchet (1807-1875) nasceu na Suíça, viveu e trabalhou na Bahia de 1826 a 1856, onde ocupou o cargo de cônsul suíço. Era um naturalista interessado em botânica e ictiologia. Foi um profícuo coletor entre os anos de 1828 e 1856, até a sua saúde impor o seu retorno à Suíça. Durante esse período, Blanchet contratou alguns assistentes que fizeram coletas na Serra Jacobina, na Serra Assuruá e ao longo do rio São Francisco (JSTOR Global Plants, 2017; Harvard University Herbaria & Libraries, 2017).

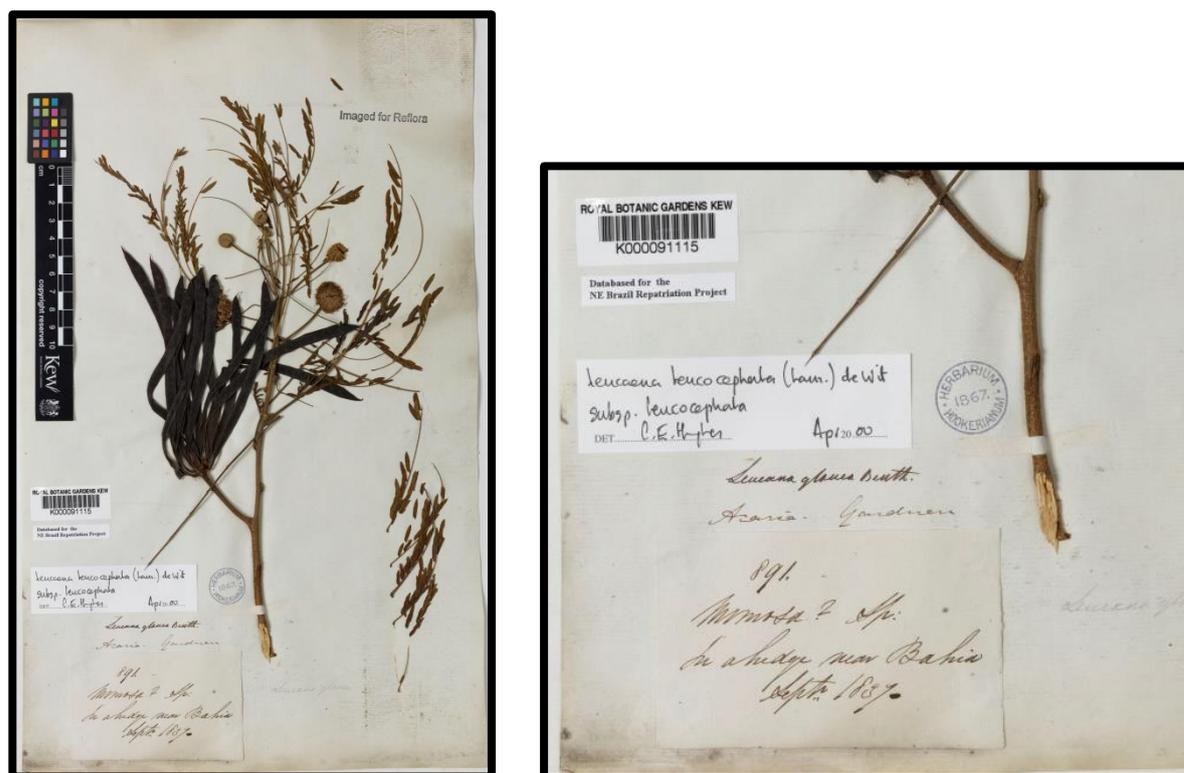


Figura 4 - Exsicata referente ao ano de 1831.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Re flora, *Royal Botanic Gardens, Kew*, 2016.

A Figura 4 mostra a imagem de outro espécime coletado na Bahia no ano de 1831. Essa amostra foi coletada por George Gardner (1812-1849), médico e botânico britânico, classificada como *Leucaena glauca* Benth. A amostra foi reclassificada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em abril de 2000. Gardner fez coletas no Brasil (1836-1841) e no Sri-Lanka (1843-1849). No Brasil ele coletou cerca de 60.000 plantas para museus na Inglaterra. Era um especialista em fanerógamas e líquens. Permaneceu dois anos no Rio de Janeiro e cercanias. Depois viajou para a Bahia, local da coleta dessa amostra e para Pernambuco. Partindo de Pernambuco, iniciou uma excursão pelos sertões do Ceará, Piauí, Goiás e Minas Gerais, áreas até então

pouco conhecidas pelos viajantes e estudiosos europeus (Harvard University Herbaria & Libraries, 2017). Vale ressaltar que a data da coleta (1831) não condiz com o período de permanência de Gardner no Brasil. Isso permite questionamentos sobre a autoria e a data da coleta.

A Figura 5 apresenta um espécime coletado por Constantino Ernest Friedrich von Glocker em 1842. A amostra foi coletada na Bahia e classificada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. von Glocker (1793-1858) nasceu na Suíça e trabalhou na Bahia como coletor de fanerógamas (Harvard University Herbaria & Libraries, 2017). A coleta do espécime coincidiu com o ano da proposição do gênero *Leucaena* por George Bentham.

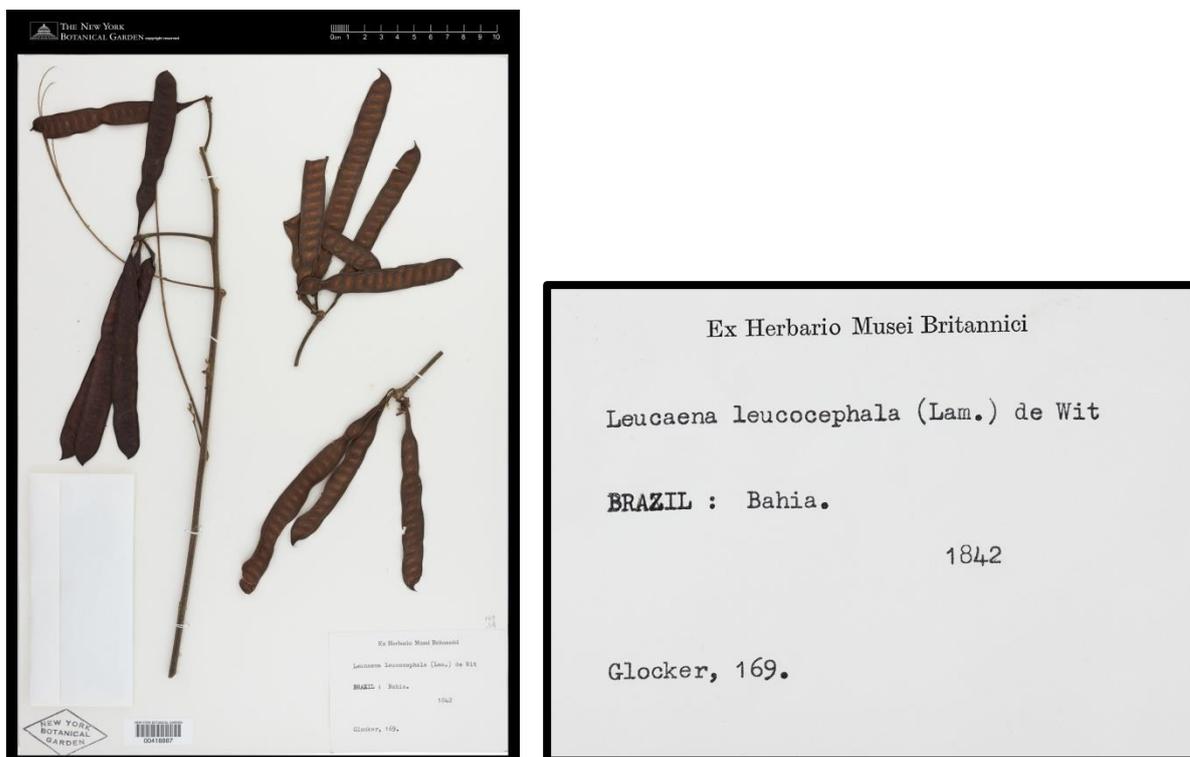


Figura 5 - Exsicata referente ao ano de 1842.

Fonte: The C. V. Starr Virtual Herbarium - The New York Botanical Garden, 2016.

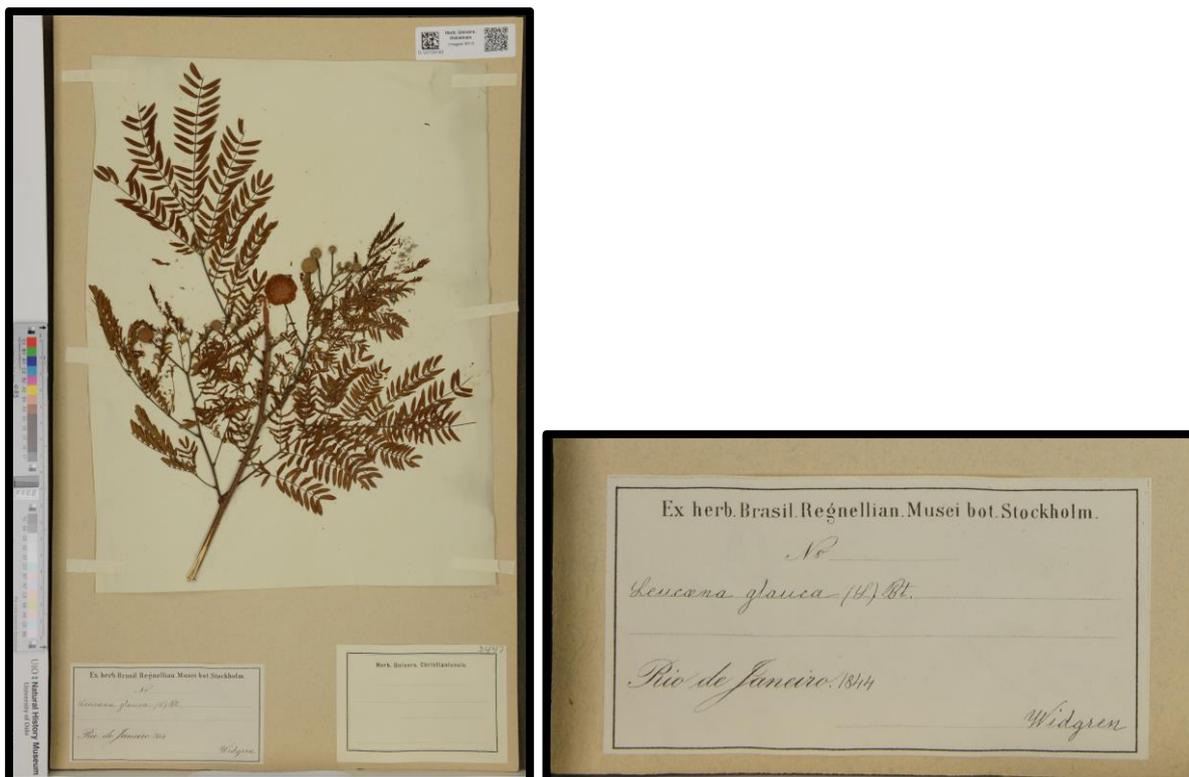


Figura 6 - Exsicata referente ao ano de 1844.

Fonte: Vascular Plant Herbarium – Natural History Museum, University of Oslo, 2016.

A Figura 6 apresenta um espécime coletado por Johan Fredrik Widgren em 1844. A amostra foi coletada no Rio de Janeiro e classificada como *Leucaena glauca* Bt. Widgren (1810-1883) nasceu na Suécia e veio para o Brasil trabalhar com o médico e botânico sueco Anders Fredrik Regnell (1807-1884). Regnell era rico e a sua fortuna patrocinou a vinda e a pesquisa de vários botânicos que trabalhavam no Brasil. Durante o período entre 1841 e 1847 os dois trabalharam juntos e atingiram a impressionante marca de 50.000 exemplares coletados (Santos, 2016).

O registro encontrado para o ano de 1851 representa uma amostra coletada por N. J. Anderson no Rio de Janeiro. A espécie foi determinada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. A amostra pertence ao *Smithsonian Department of Botany – Brazilian Records*. Não foram encontradas informações biográficas sobre N. J. Anderson, mas existem anotações do seu trabalho como coletor de plantas nos herbários consultados (JSTOR Global Plants, 2017).

As Figuras 7 e 8 apresentam duas amostras coletadas por William John Burchell (1781-1863), botânico e desenhista britânico. A espécie foi determinada como *Leucaena glauca* Benth e foi coletada próxima ao Rio de Janeiro. Foi

reclassificada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no ano 2000. Burchell fez coletas no Brasil e na África do Sul, especializando-se na coleta de fanerógamas (Harvard University Herbaria & Libraries, 2017). As amostras fazem parte do *Catalogus Geographicus Plantarum Brasiliae Tropicae*. Como membro da *Linnean Society* planejou uma longa viagem ao Brasil com o objetivo de coletar amostras de plantas para um herbário. Chegou ao Brasil em 1825 e viajou do Rio de Janeiro até o Pará. Coletou um grande número de amostras, inclusive mais de 16.000 insetos, 817 de aves de 362 espécies e muitas plantas. Retornou à Inglaterra em 1830 (Oxford University Museum of Natural History, 2017). A data da coleta não está determinada. O ano de 1865 refere-se a data de doação dos espécimes botânicos e dos seus manuscritos para o *Royal Botanic Garden Kew*, dois anos após a sua morte. A doação foi feita por Miss Anna Burchell (Oxford University Museum of Natural History, 2017).



Figura 7 - Exsicata referente ao ano de 1865.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Reflora, *Royal Botanic Gardens, Kew*, 2016.

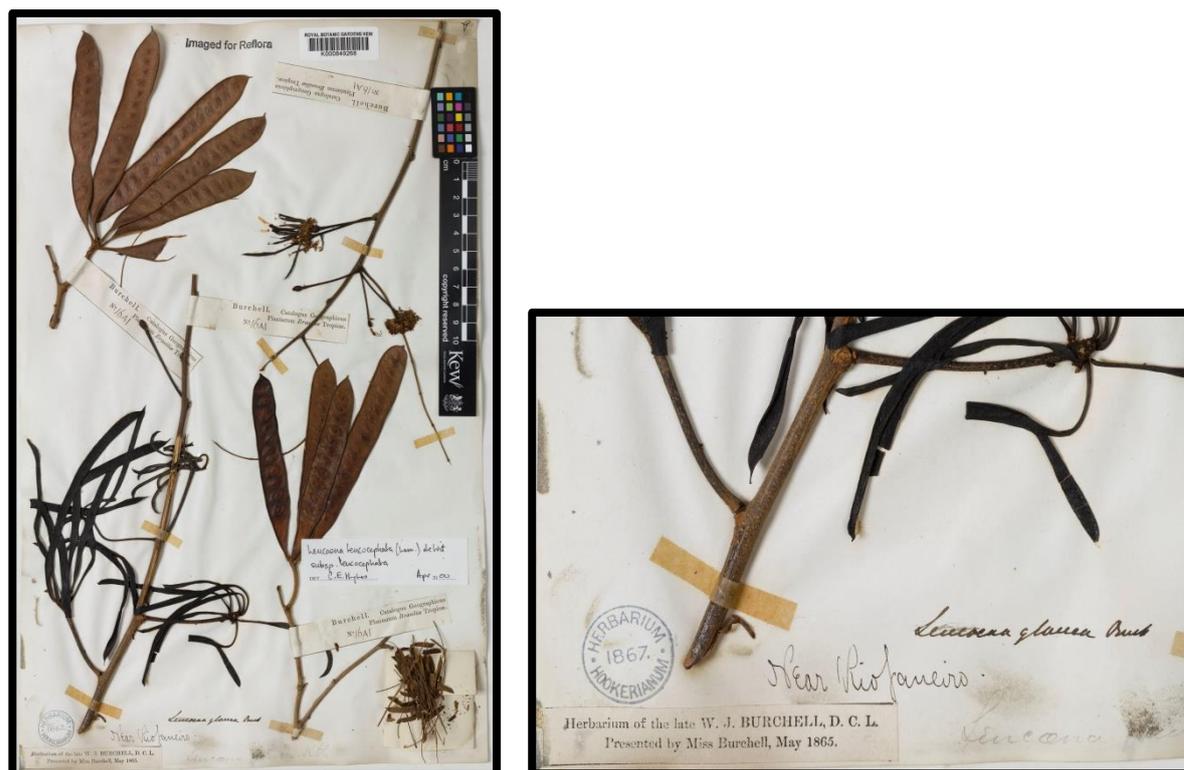


Figura 8 - Exsicata referente ao ano de 1865.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Re flora, *Royal Botanic Gardens, Kew*, 2016.

A Figura 9 refere-se ao espécime coletado por Auguste François Marie Glaziou (1828-1906), engenheiro civil francês. Estudou botânica no Museu de História Natural de Paris, onde ampliou seus conhecimentos sobre agricultura e horticultura (Casa de Rui Barbosa, 2017). A espécie foi determinada como *Leucaena glauca* Benth e foi coletada em 1872 na província do Rio de Janeiro. Foi reclassificada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no ano 2000. Glaziou fez coletas no Brasil e na França, especializando-se na coleta de fanerógamas (Harvard University Herbaria & Libraries, 2017). Glaziou veio para o Brasil em 1858 e se instalou no Rio de Janeiro. Por um longo período exerceu os cargos de Diretor dos Parques e Jardins da Casa Imperial e Inspetor dos Jardins Municipais. Participava também da Associação Brasileira de Aclimação. Participou de boa parte dos projetos paisagísticos realizados na Corte durante o Segundo Império e criou obras particulares. É tido como o responsável pela transformação da paisagem urbana brasileira na segunda metade do século XIX. Permaneceu no Brasil até o ano de 1897. Voltou para a França onde permaneceu até a sua morte em 1906 (Casa de Rui Barbosa, 2017).



Figura 9 - Exsicata referente ao ano de 1872.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Re flora, *Royal Botanic Gardens, Kew*, 2016.

A Figura 10 apresenta a amostra coletada por Carl August Wilhelm Schwacke (1848-1904), botânico alemão. A espécie foi determinada como *Leucaena glauca* Benth e foi coletada no Rio de Janeiro em 1873, sendo reclassificada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em 1981. Schwacke chegou ao Brasil em 1873 e no ano seguinte foi contratado pelo Museu Nacional do Rio de Janeiro como naturalista viajante. A partir de 1877 realizou excursões por várias regiões brasileiras e reuniu um vasto acervo de plantas. Em 1891 tornou-se professor de botânica na Escola de Farmácia de Ouro Preto. Ao assumir o cargo de diretor da escola, instituiu a realização periódica de excursões estudantis de coleta pelo interior do estado. A partir do material coletado foi criado um herbário que contava com muitas plantas até então desconhecidas pela ciência. Em 1986, a sua coleção pessoal foi integrada ao Herbário Professor José Badini, da Universidade Federal de Ouro Preto (Biblioteca Virtual em Saúde Adolpho Lutz, 2017).

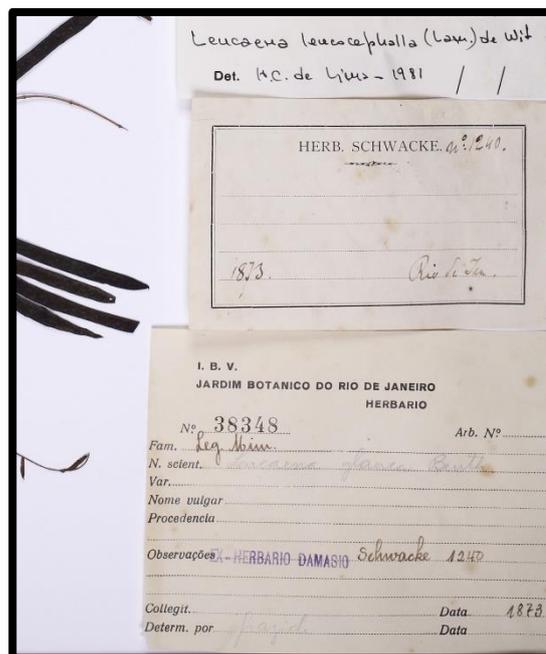


Figura 10 - Exsicata referente ao ano de 1873.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Reflora, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2016.

A Figura 11 retrata outra amostra coletada por Auguste François Marie Glaziou. A espécie foi determinada como *Leucaena glauca* Benth e foi coletada próxima ao Rio de Janeiro, em 1878. A amostra foi reclassificada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em 2000.

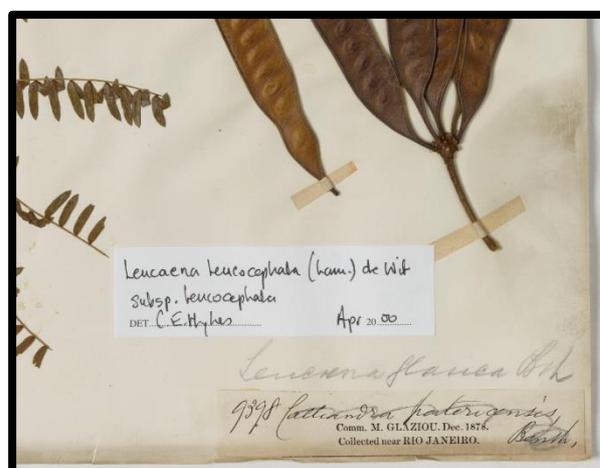


Figura 11 - Exsicata referente ao ano de 1878.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Reflora, Royal Botanic Gardens, Kew, 2016.

A Figura 12 representa uma amostra coletada por Joaquim Campos Porto (1839-1899). A espécie foi determinada como *Leucaena glauca* Benth e foi coletada no Rio de Janeiro, na estrada da Tijuca, em 1894. Em 1981 foi reclassificada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Não foram encontradas muitas informações sobre Joaquim Campos Porto. Ele foi diretor do Jardim Botânico do Rio de Janeiro em 1890 (Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2017).

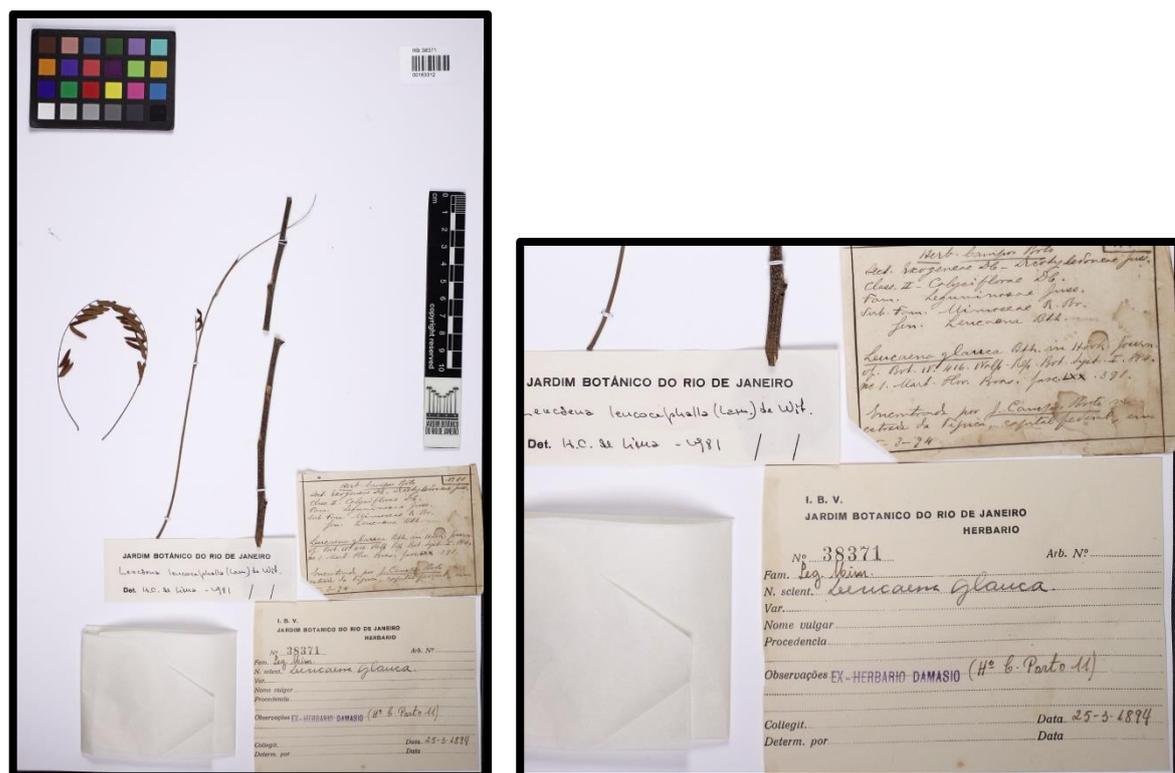


Figura 12 - Exsicata referente ao ano de 1894.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Re flora, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2016.

O registro encontrado para o ano de 1898 refere-se a uma amostra coletada por G. G. Huber Neto em Belém, no Pará. A espécie foi determinada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. A amostra pertence ao herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi. Não foram encontradas informações biográficas sobre N. J. Anderson, mas existem nos herbários consultados outras amostras coletadas por ele.

As amostras constantes nas Figuras 13 e 14 foram coletadas pelo explorador alemão Hermann Schmidt (-) e seu colaborador Louis Weiss. A espécie foi determinada como *Leucaena glauca* Benth. Foi coletada no alto rio Negro, em 1907/1908. As amostras foram reavaliadas em 1981 e reclassificadas como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Schmidt fez coletas no Brasil e na Venezuela. Em 1907 fez uma viagem de oito meses pelo Amazonas e como resultado, doou um vasto

material etnológico dos índios Tukano ao *American Museum of Natural History*. Nessa viagem Schimdt explorou regiões remotas às margens do rio Caiari-Uaupés, o segundo maior afluente do rio Negro, na companhia de Louis Weiss. Em 1908 eles fizeram coletas em regiões próximas ao rio Içana, na Colômbia. As coletas feitas em 1907 e 1908 foram enviadas ao *The New York Botanical Garden*. Apesar de ser um colaborador nas coletas, o nome de Weiss aparece primeiro nos rótulos (JSTOR Global Plants, 2017).

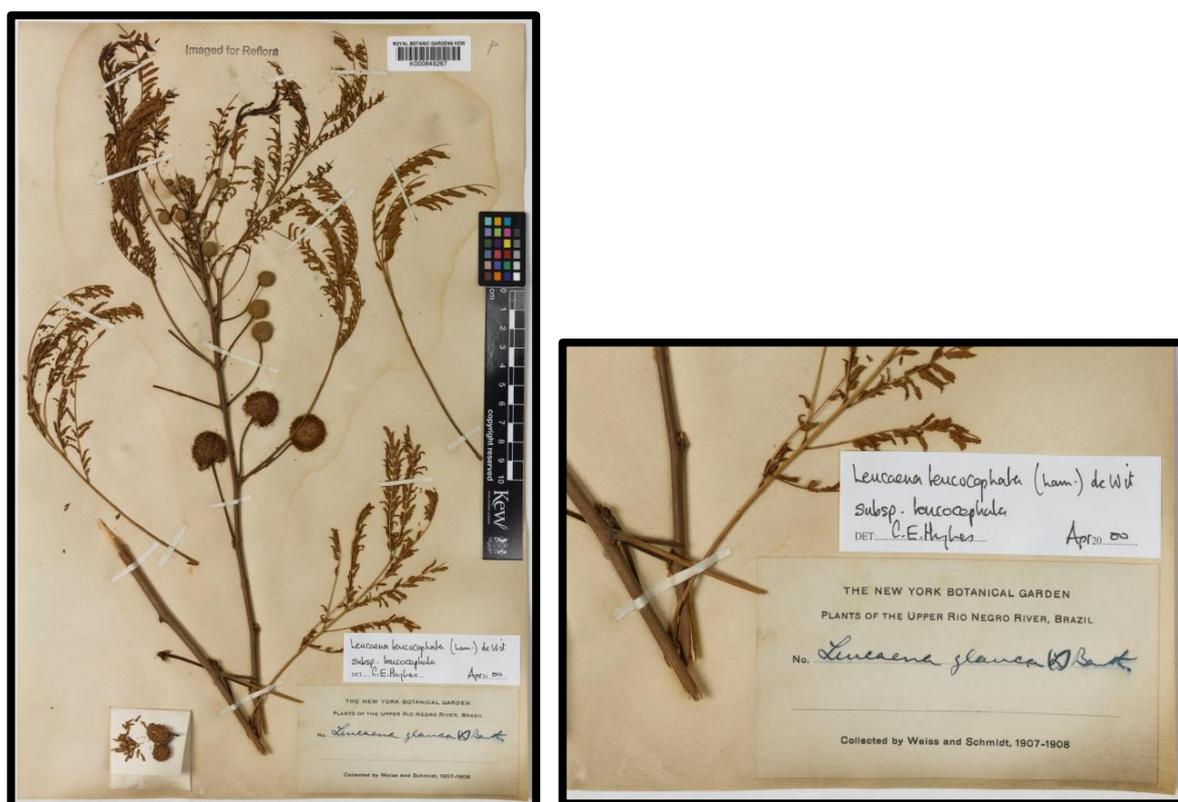


Figura 13 - Exsicata referente aos anos de 1907-1908.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Re flora, Royal Botanic Garden, Kew, 2016.

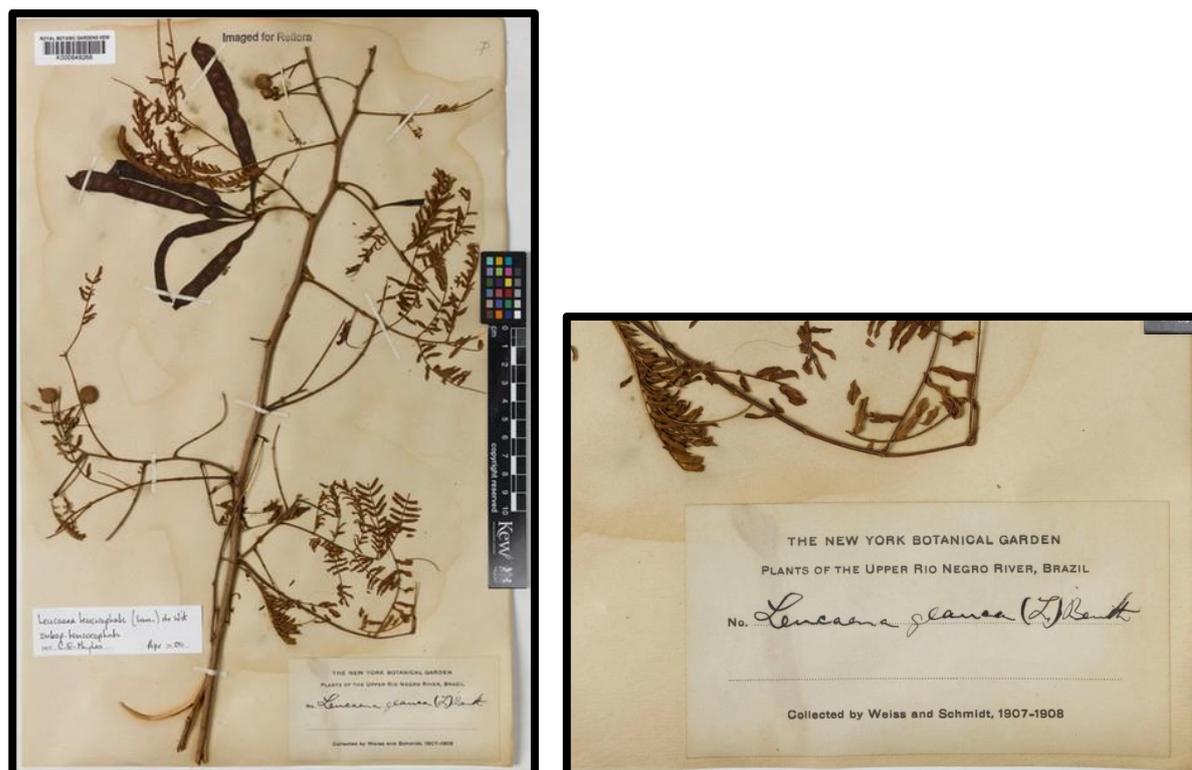


Figura 14 - Exsicata referente aos anos de 1907-1908.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Re flora, Royal Botanic Garden, Kew, 2016.

A Figura 15 apresenta o espécime coletado no Rio de Janeiro pelo brasileiro Frederico Carlos Hoehne em 1917 e classificado como *Leucaena glauca* Benth. Hoehne (1882-1959) nasceu em Juiz de Fora (MG). As suas atividades profissionais estão relacionadas à criação do Instituto de Botânica do Estado de São Paulo. Estabeleceu-se como cientista de campo ao participar de 15 expedições científicas pelo Brasil e por países fronteiriços, entre 1908 e 1948. Durante as expedições, coletava exemplares de plantas com o intuito de aumentar as coleções sob a sua responsabilidade. Ele e seus colaboradores coletaram aproximadamente dez mil espécies vegetais. Destas, pelo menos quatro mil correspondiam a espécies distintas e cerca de duzentas eram novas para a ciência. Hoehne publicou mais de seiscentos artigos científicos e divulgação sobre os espécimes coletados nas expedições. Escreveu também sobre outros temas, como arborização, desmatamento, reflorestamento, uso e cultivo de plantas medicinais, recuperação ambiental e introdução de plantas exóticas (Franco; Drummond, 2009).



Figura 15 - Exsicata referente ao ano de 1917.

Fonte: Acervo do Herbário SP, Instituto de Botânica, São Paulo, 2016.

O registro encontrado para o ano de 1918 representa uma amostra coletada por H. M. Curran na Bahia. A espécie foi determinada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. A amostra pertence ao *Smithsonian Department of Botany – Brazilian Records*. Não foram encontradas informações biográficas sobre H. M. Curran, mas existem anotações do seu trabalho como coletor de plantas na América do Sul (Smithsonian Libraries – Smithsonian Research Online, 2017).

Os dois registros encontrados para o ano de 1923 representam amostras coletadas por Bento José Pickel (Dom Bento Pickel, 1906-1963). A espécie das duas amostras foi determinada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. A primeira amostra foi coletada em São Lourenço da Mata, Pernambuco. A segunda amostra foi coletada em São Paulo sem a especificação da localidade. Pickel fez coletas no Brasil e se tornou especialista em algas, fanerógamas e pteridófitas (Harvard University Herbaria & Libraries, 2017). Pickel nasceu na Alemanha e chegou ao Brasil como noviço da ordem de São Bento; a sua profissão religiosa foi feita no Mosteiro de Olinda. Participou da fundação das “Escolas Superiores de Agricultura e Veterinária São Bento”, que deram origem à Universidade Federal Rural de Pernambuco. Lecionou botânica, anatomia e fisiologia de plantas, entomologia e fitopatologia. Em

1941 naturalizou-se brasileiro. Ao longo de sua carreira publicou inúmeros trabalhos científicos e de divulgação (Casa de Oswaldo Cruz, Fiocruz, 2017).

A amostra representada na Figura 16 foi coletada em 1927 no Horto Florestal do Rio de Janeiro pelo botânico brasileiro João Geraldo Kuhlmann (1882-1958). A espécie foi determinada como *Leucaena glauca* Benth. Kuhlmann fez coletas no Brasil, na Argentina, na Bolívia, no Peru e no Uruguai. Era um especialista na taxonomia de angiospermas (Harvard University Herbaria & Libraries, 2017). Coletou uma grande quantidade de material botânico ao longo da carreira e o seu acervo foi reunido no Museu Botânico Kuhlmann, fundado em 1960. O seu trabalho ampliou o conhecimento da flora brasileira. Publicou em torno de 80 trabalhos nos quais descreveu novas espécies, gêneros e famílias. Foi diretor do Jardim Botânico do Rio de Janeiro entre 1944 e 1951 (Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2017).



Figura 16 - Exsicata referente ao ano de 1927.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Re flora, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2016.

A amostra retratada na Figura 17 foi coletada por J. Dutra em 1932 em Osório, antiga Conceição do Arroio, no Rio Grande do Sul. A espécie foi determinada como *Leucaena glauca* Benth. Não foram encontradas informações biográficas sobre J. Dutra, mas alguns autores fazem referência a ele como coletor da flora na região sul do Brasil (Schmidt; Longhi-Wagner, 2009; Colla; Waechter, 2013).



Figura 17 - Exsicata referente ao ano de 1932.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Re flora, Instituto de Ciências Naturais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

A Figura 18 está relacionada ao espécime coletado por Boris Alexander Krukoff (1898-1983) no estado do Amazonas em 1934, ano de realização da 5ª expedição à Amazônia Brasileira, na bacia do rio Madeira. A amostra foi classificada com o nome comum de faveira. Nascido na Rússia, ele era botânico e gerente de plantações. Organizou oito expedições para a América do Sul e a África entre os anos de 1928 e 1955 com o intuito de desenvolver drogas novas com a empresa Merck & CO. Foi o responsável pela descoberta de mais de 200 espécies novas. Na década de 1940 ele foi nomeado Gerente Geral de Plantações Experimentais, uma subsidiária da Merck & CO onde gerenciou o funcionamento de plantações de cinchona (*Cinchona officinalis*) na América Central (Guatemala e Costa Rica) e mais tarde, plantações de café. Após a sua chegada aos Estados Unidos da América em 1925, graduou-se em 1928 pela escola de silvicultura da Syracuse University. Logo após, conseguiu um emprego na Intercontinental Rubber Company por quem foi enviado duas vezes a trabalho ao Brasil para pesquisar nozes produtoras de óleos comestíveis. Nesse período não trabalhou como coletor. O restante de seu tempo foi gasto trabalhando com o cultivo de *Parthenium argentatum* (nome comum guaiúle), uma fonte de látex.

Ele fez duas pausas de trabalho para se aventurar em suas primeiras expedições para coleta de plantas. A sua primeira expedição percorreu a África e Sumatra (1930-1931). Logo em seguida, participou da terceira expedição à Amazônia (1931-1932), realizada em nome do *The New York Botanical Garden* e da empresa farmacêutica G.W. Cole. Ao mesmo tempo, atuou como espião industrial para a US Rubber Company coletando sementes de seringueira (*Hevea brasiliensis*). Escreveu um relatório detalhado sobre as plantações de seringueira da Ford Motor Company perto de Boa Vista (JSTOR Global Plants, 2017).

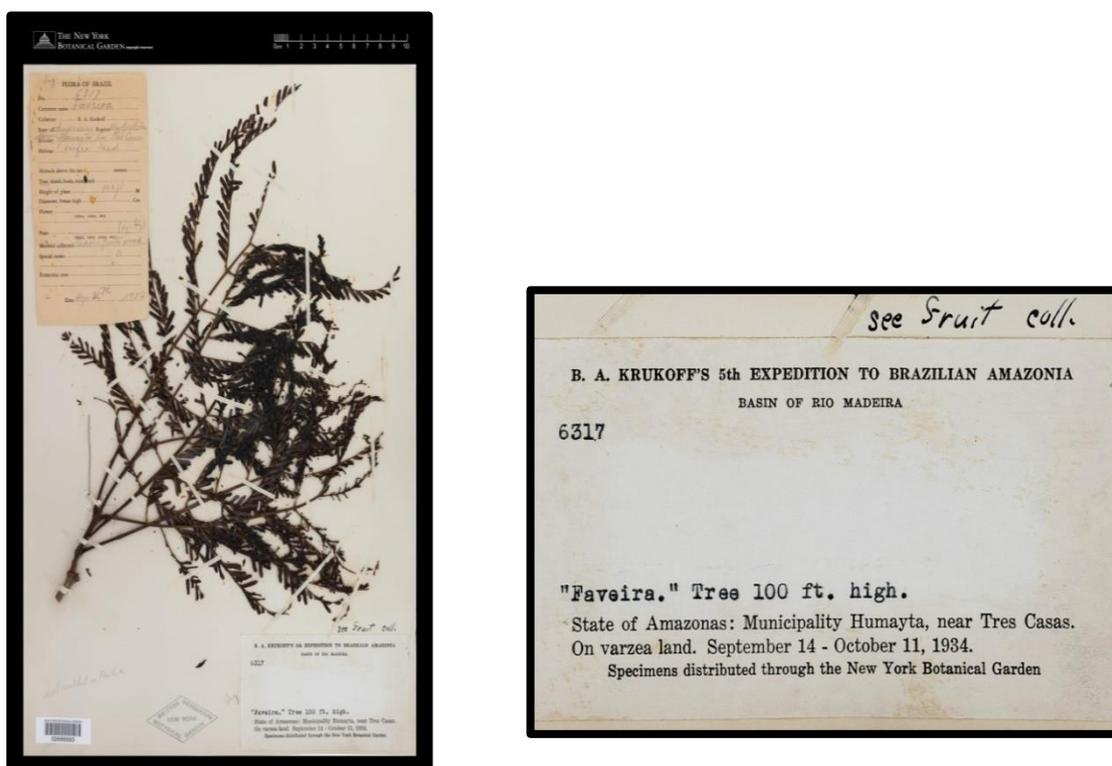


Figura 18 - Exsicata referente ao ano de 1934.

Fonte: The C. V. Starr Virtual Herbarium - The New York Botanical Garden, 2016.

O registro encontrado para o ano de 1935 representa uma amostra coletada por W. G. Houk na Fazenda Santa Elisa, em Campinas, São Paulo. A espécie foi determinada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em 2005. Não foram encontradas informações biográficas sobre W. G. Houk, mas existem nos herbários consultados outras amostras coletadas por ele.

A Figura 19 representa uma amostra também coletada por Bento José Pickel (Dom Bento Pickel, 1906-1963). A espécie foi determinada como *Leucaena glauca* Benth. Foi coletada em Pernambuco em 1936, tendo sido reclassificada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em 1998.

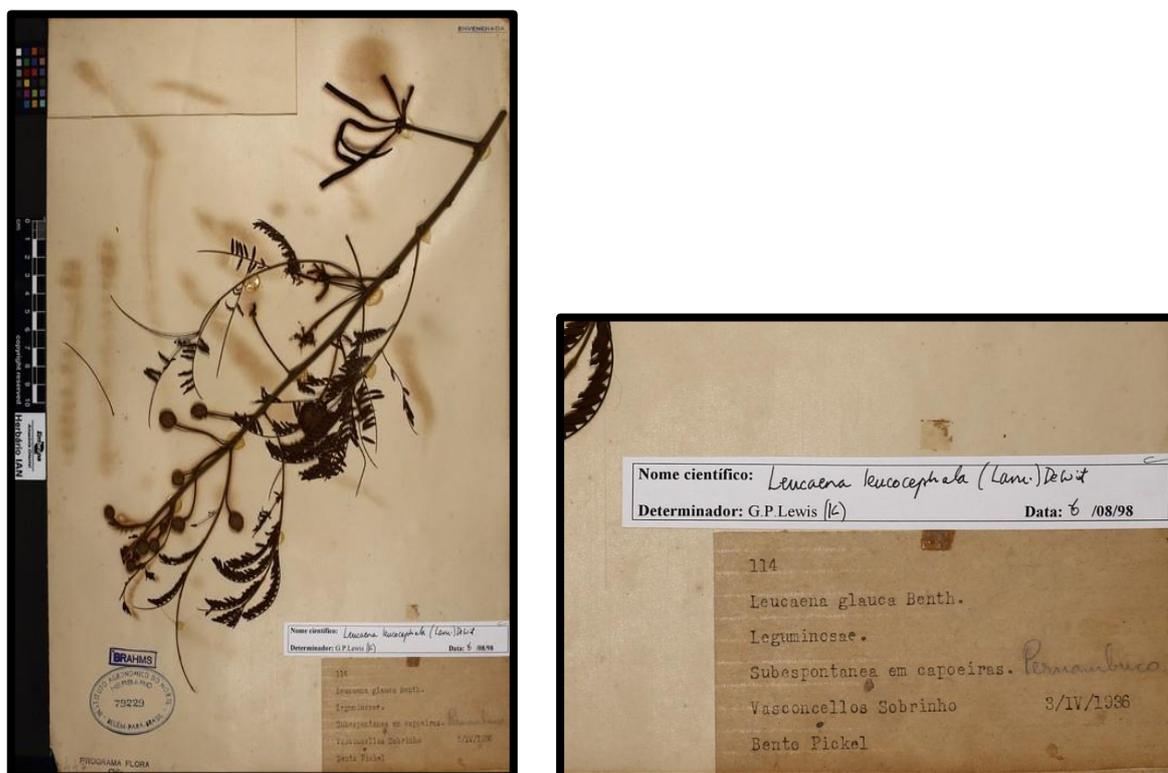


Figura 19 - Exsicata referente ao ano de 1936.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Re flora, Herbário do Instituto Agrônomo do Norte, 2016.

Outra amostra para o mesmo ano de 1936 foi coletada por João Vasconcelos Sobrinho (1908-1989) em São Lourenço da Mata em Pernambuco. Vasconcelos Sobrinho foi professor, engenheiro agrônomo e ecólogo conservacionista, e foi um dos pioneiros na área dos estudos ambientais no Brasil. É considerado uma das maiores autoridades em ecologia da América Latina. Participou da criação da Universidade Federal Rural de Pernambuco onde exerceu o cargo de reitor e, como professor, introduziu as disciplinas Ecologia Conservacionista e Desertologia. Publicou mais de vinte trabalhos sobre ecologia e conservação de recursos naturais.

A Figura 20 retrata a amostra coletada por Carlos Arnaldo Krug (1906-1973) procedente do estado do Rio Grande do Norte em 1937 e cultivada em Campinas, São Paulo. A amostra foi determinada como *Leucaena glauca* Benth por Frederico Carlos Hoehne. Krug era engenheiro agrônomo formado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (1928) e especialista em genética, citogenética e

melhoramento de plantas pela Cornell University nos Estados Unidos da América. Trabalhou com o melhoramento de plantas como o arroz, o feijão e o milho, mas foi com o cafeeiro que Krug executou um plano amplo de melhoramento, já que essa cultura era o esteio da economia paulista. Esse plano visava a seleção de linhagens mais produtivas e que geravam grãos de boa qualidade. Foi convidado em 1941, por Edmundo Navarro de Andrade, Superintendente do Serviço Florestal do Estado de São Paulo, a compor um plano de melhoramento genético de eucaliptos (Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz, 2017).

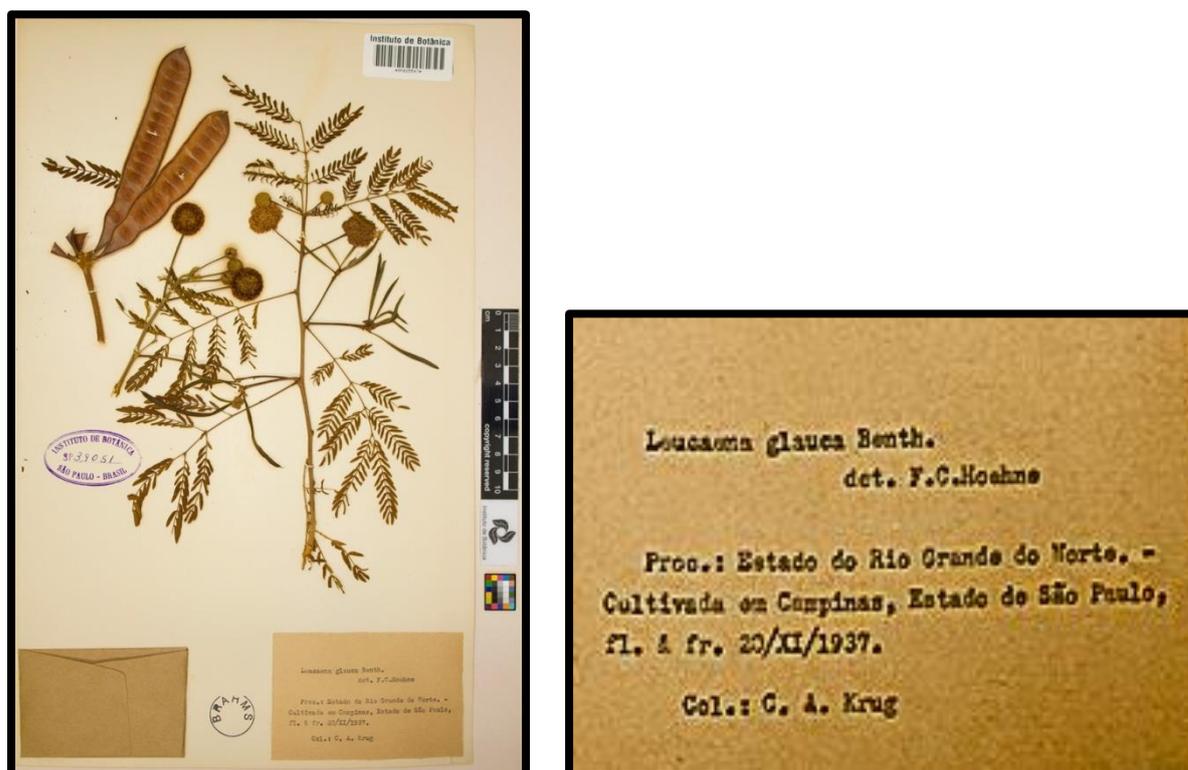


Figura 20 - Exsicata referente ao ano de 1937.

Fonte: Acervo do Herbário SP, Instituto de Botânica, São Paulo, 2016.

A Figura 21 apresenta a amostra coletada por R. Alves Borges em Alfenas, Minas Gerais, em 1938. Não foram encontradas informações biográficas sobre o coletor. A espécie foi determinada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. por G. P. Lewis. Nas observações é feita uma descrição da amostra e de que era uma planta cultivada. A amostra faz parte do acervo do Herbário Alberto Castellanos no Rio de Janeiro.

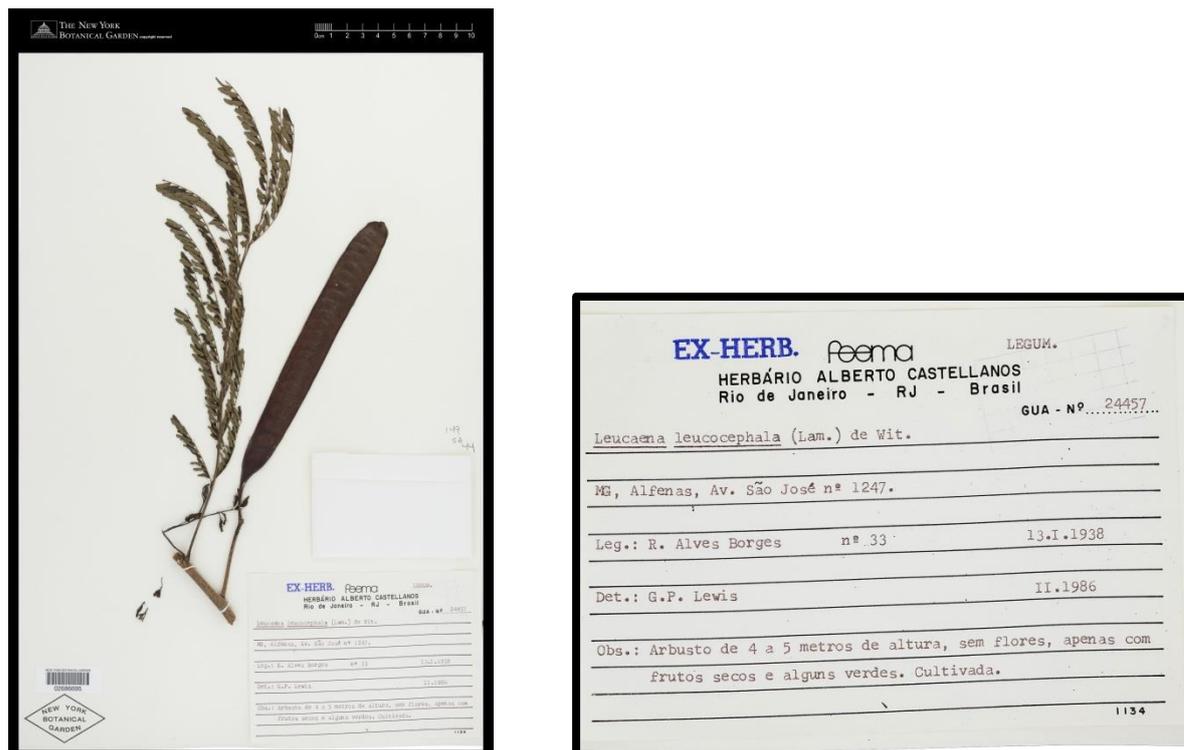


Figura 21 - Exsicata referente ao ano de 1938.

Fonte: The C. V. Starr Virtual Herbarium - The New York Botanical Garden, 2016.

Outra amostra para o mesmo ano de 1938 foi coletada por J. E. T. Mendes na Fazenda Santa Elisa, em Campinas, São Paulo. Não foram encontradas informações biográficas sobre o coletor. A espécie foi determinada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. por A. K. Pastorek em 2005. Nas notas é feita a menção sobre o nome popular da planta: linhaça. A amostra faz parte do acervo do Herbário do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

A Figura 22 apresenta a amostra coletada na Fazenda Santa Elisa, em Campinas, São Paulo por J. Aloisi em 1939. A espécie foi determinada como *Leucaena glauca* Benth. Foi reclassificada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em 1998. Não foram encontradas informações biográficas sobre J. Aloisi, mas alguns autores fazem referência a ele como coletor da flora do estado de São Paulo (Souza, J.; Souza, V., 2002; Siqueira, 2002; Correa; Fonseca, 2015).

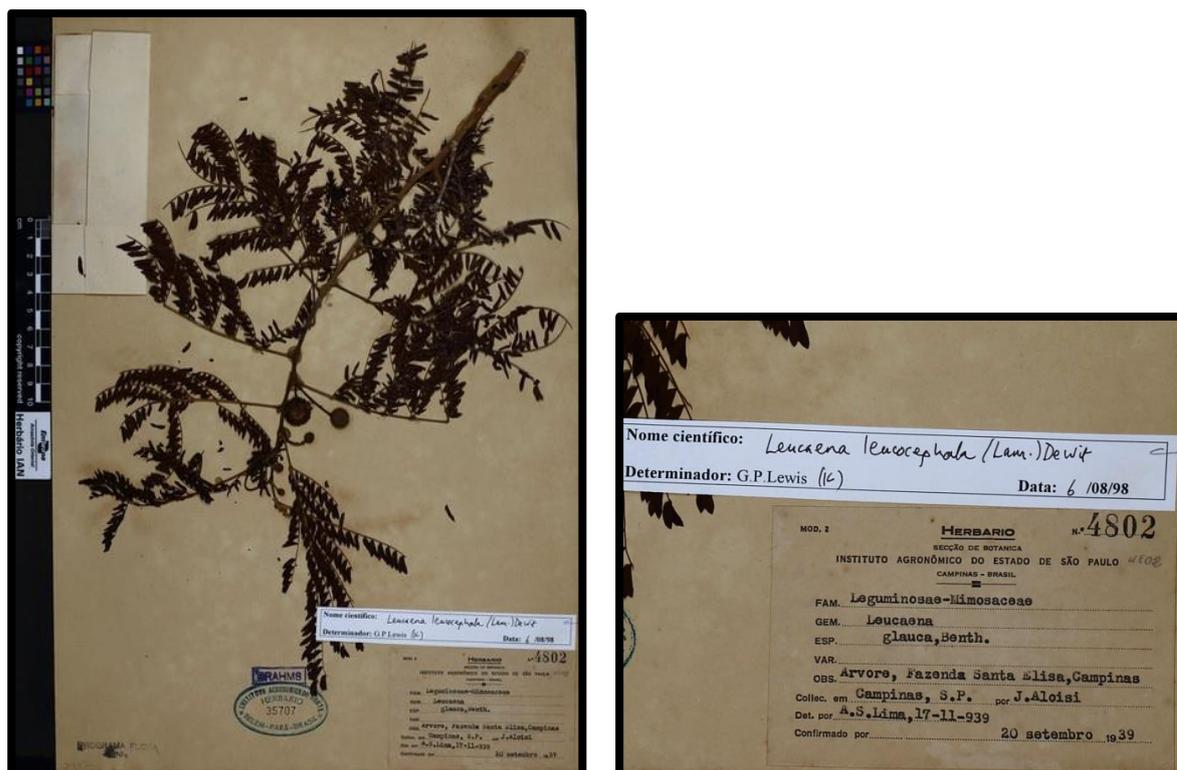


Figura 22 - Exsicata referente ao ano de 1939.

Fonte: Acervo do Herbário Virtual Reflora, Herbário do Instituto Agrônômico do Norte, 2016.

Outra amostra para o mesmo ano de 1939 foi coletada pelo botânico Henrique Lahmeyer Mello Barreto (1892-1962) em uma Fazenda Experimental, em Belo Horizonte, Minas Gerais. Não foram encontradas informações biográficas sobre o coletor, mas ele trabalhou com Roberto Burle Marx em projetos de paisagismo para a Pampulha em Belo Horizonte e para o Parque do Barreiro em Araxá, Minas Gerais. A espécie foi determinada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. por Mamede em 2008.

Outra amostra para esse mesmo ano foi coletada por O. Kriegel em Campinas, São Paulo e a espécie foi determinada como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Não foram encontradas informações biográficas sobre Kriegel, apenas que ele trabalhou como coletor de espermatófitas no Brasil (JSTOR Global Plants, 2017). Nas notas é feita a menção sobre o nome popular da planta: linhaça. A amostra faz parte do acervo do Herbário Leopoldo Krieger (CESJ).

4.2 Registros por ano e por década de coleta

Após a retirada das marcações duplicadas nas três bases consultadas, foram encontrados 536 registros. Elas foram distribuídas pelos anos e décadas em que ocorreram as coletas. As Figuras 23 e 24 apresentam os gráficos que ilustram essas distribuições. A Figura 25 apresenta as lacunas com as ausências de registros ao longo de 185 anos contados a partir da primeira ocorrência registrada (1831).

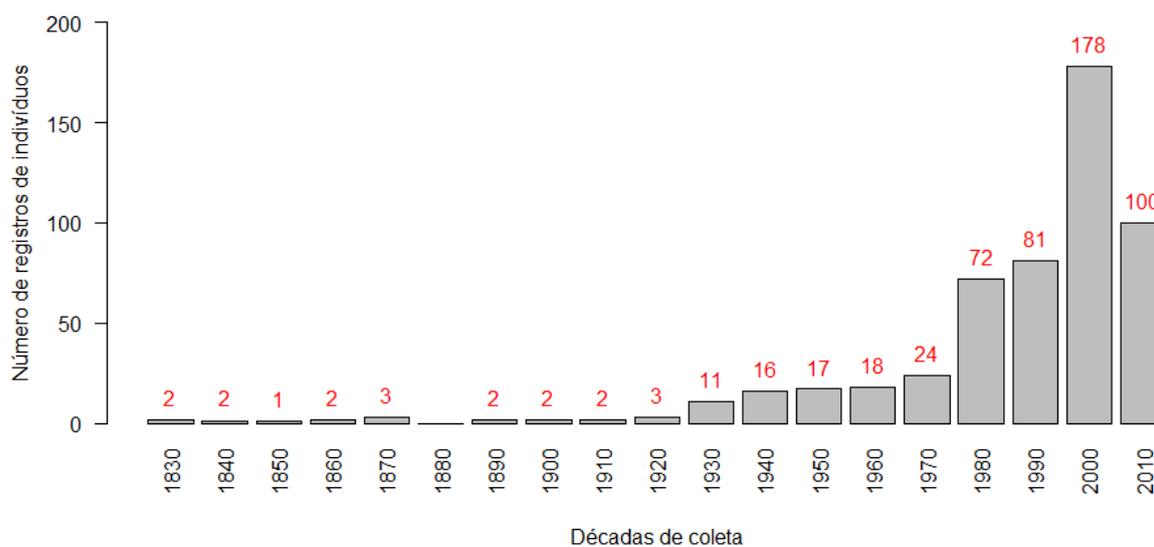


Figura 23 - Número de ocorrências de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Brasil, por década de coleta, 1830-2010.

Fonte: Elaborado pela autora.

O primeiro registro de coleta ocorreu em 1831 (década de 1830), quando foram coletadas duas amostras no estado da Bahia. Durante os anos e décadas assinaladas, o número de registros permaneceu baixo, atingindo o máximo de três registros nas décadas de 1870 e 1920; nenhum registro foi feito na década de 1880. Entre 1930 e 1970 houve um crescimento do número de registros, chegando a uma média de 18 registros por década. Nas décadas seguintes ocorreu um crescimento significativo de amostras registradas, atingindo o número mais alto na década de 2000, com 178 registros.

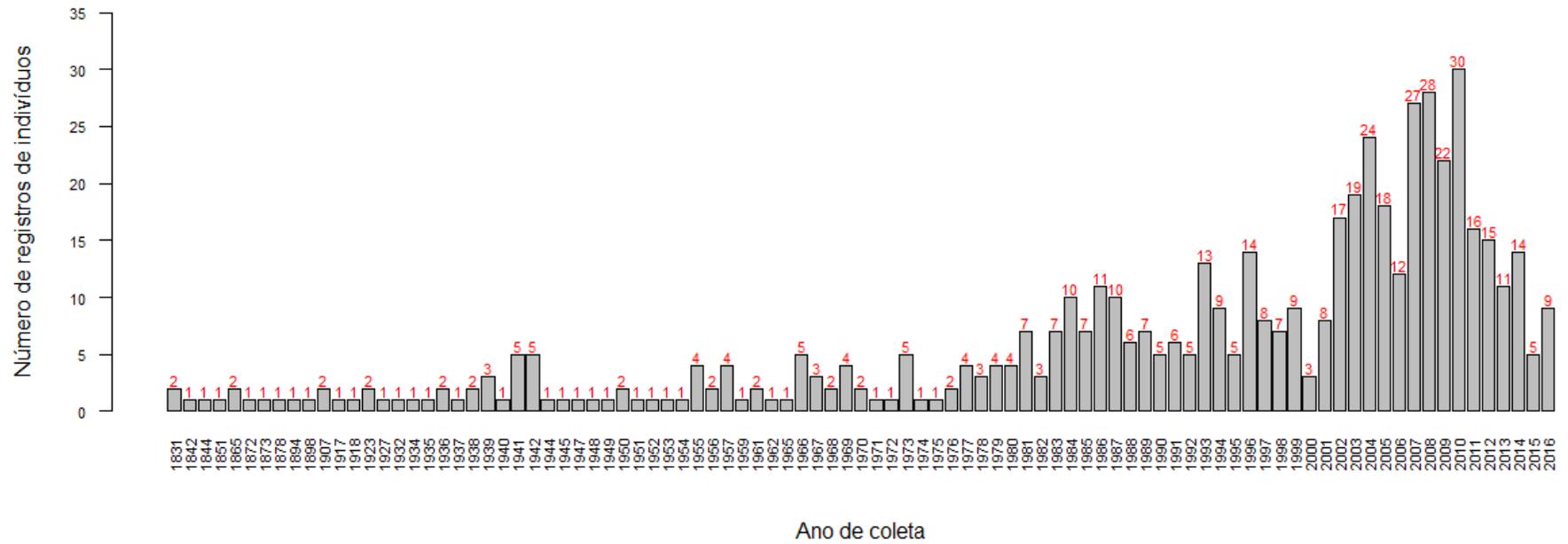


Figura 24 - Número de ocorrências de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Brasil, por ano de coleta, 1831-2016.
 Fonte: Elaborada pela autora.

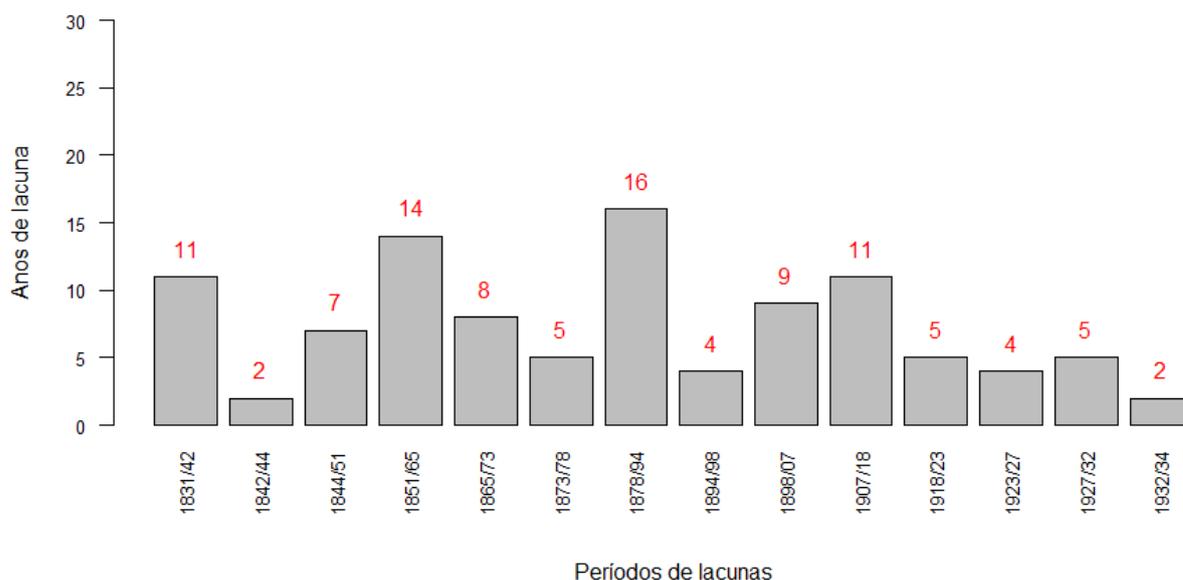


Figura 25 – Ausência de registros em anos (lacunas) entre as coletas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Brasil, 1831-1934.
Fonte: Elaborado pela autora.

A análise das Figuras 24 e 25 mostra que a ausência de registros (lacunas) de coleta por ano são mais significativas do que nas visualizadas na Figura 23. Existem quatro lacunas expressivas: entre a primeira e a segunda coleta, com um intervalo de tempo de 11 anos; entre 1851 e 1865, com um interstício de 14 anos; entre 1878 e 1894, com um lapso de 16 anos; e a lacuna entre 1907 e 1918 com um hiato de 11 anos. Essas lacunas não implicam necessariamente em ausência de registros, uma vez que as bases consultadas apresentam registros de ocorrência sem a data de coleta.

No que diz respeito à data de introdução mais antiga da espécie em 1940, foram feitos 30 registros anteriores a ela. As duas amostras de 1831, feitas na Bahia, foram as primeiras a serem coletadas, o que traz o marco de introdução de 1940 para 1831, 109 anos antes. A maior parte desses registros foram feitos em áreas do bioma Mata Atlântica e essa tendência permaneceu para as outras datas de coleta e marcação.

4.3 Registros de ocorrência no mundo

A partir das buscas na base do GBIF foram encontrados 11.882 registros de ocorrência da espécie em vários países do mundo. Desses, 6.208 pontos contêm as coordenadas geográficas. Com o uso do *software* RStudio foi gerado o mapa com os registros de ocorrência georreferenciados (Figura 25).

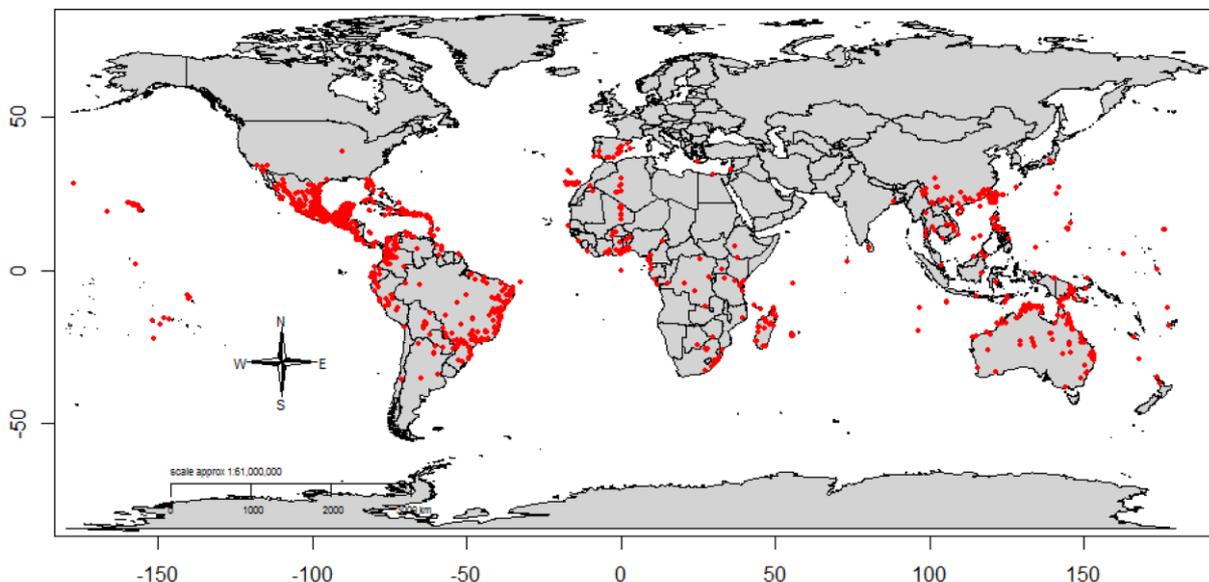


Figura 26 - Registros de ocorrência da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no mundo, 1831-2016.

Fonte: Elaborado pela autora.

Uma maior distribuição dos registros é observada entre os paralelos -40S e 40N. Ela apresenta um caráter mais disseminado no tocante à longitude. A área de origem de *Leucaena leucocephala* apresenta uma alta concentração de registros, bem como os países da América Central e as ilhas do Mar do Caribe. Na América do Sul os registros são encontrados na maioria dos países, com exceção do Uruguai e do Suriname, que de acordo com as bases consultadas, não apresentam pontos de ocorrência.

O continente europeu apresenta registros georreferenciados em Portugal, Espanha e Grécia. O continente africano tem uma distribuição em formato de S, demonstrando que a espécie está presente em grande parte do continente. Na Ásia são identificados pontos no Extremo Oriente e na Ásia Meridional. Na Oceania são visualizados pontos nas quatro regiões do continente: Austrália, Melanésia, Micronésia e Polinésia. Um grande número de ilhas na Oceania apresenta registros da espécie.

4.4 Registros de ocorrência da espécie no Brasil

Foram encontrados 743 pontos de registro da espécie no Brasil: 411 registros na rede SpeciesLink, 263 na base GBIF e 69 no Herbário Virtual Re flora. Os registros

georreferenciados de cada base de dados foram usados para a elaboração de mapas referentes ao Brasil. A Figura 27 apresenta os registros de ocorrência dos 372 pontos georreferenciados da espécie no Brasil.

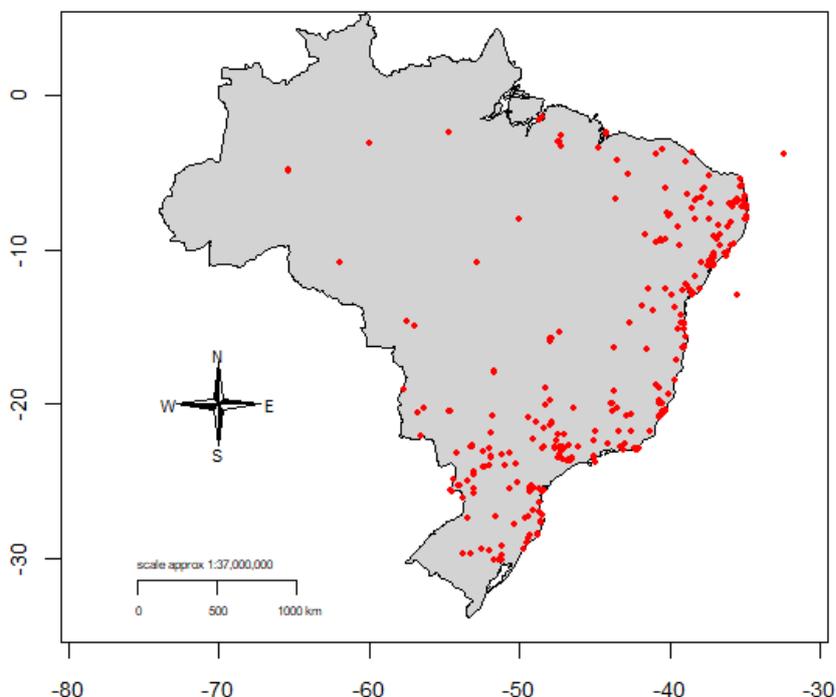


Figura 27 - Pontos de ocorrência de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Brasil, 1831-2016.

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 27 apresenta a distribuição dos 372 pontos de registro da espécie em território brasileiro a partir dos dados georreferenciados das bases speciesLink, GBIF e Reflora, demonstrando a distribuição da espécie nas cinco regiões brasileiras. A área originalmente coberta pela Mata Atlântica apresenta a maior concentração de pontos de ocorrência. As áreas de menor ocorrência estão na da Floresta Amazônica e Pantanal.

Os registros de ocorrência para cada estado brasileiro podem ser visualizados na Figura 28. Apenas dois estados, Amapá e Roraima, não apresentam registros de ocorrência. Os estados das regiões Norte e Centro-Oeste são os que têm os menores números de registros, coincidindo com os mapas de registros de cada base consultada. Os estados que acompanham o litoral brasileiro e a faixa original da Mata Atlântica têm as maiores quantidades de registros. Os estados de São Paulo, Paraná, Bahia e Pernambuco são os que têm os mais elevados registros de ocorrência. A

Figura 29 apresenta, além do número de registros por estado brasileiro, a data do primeiro registro em cada estado.

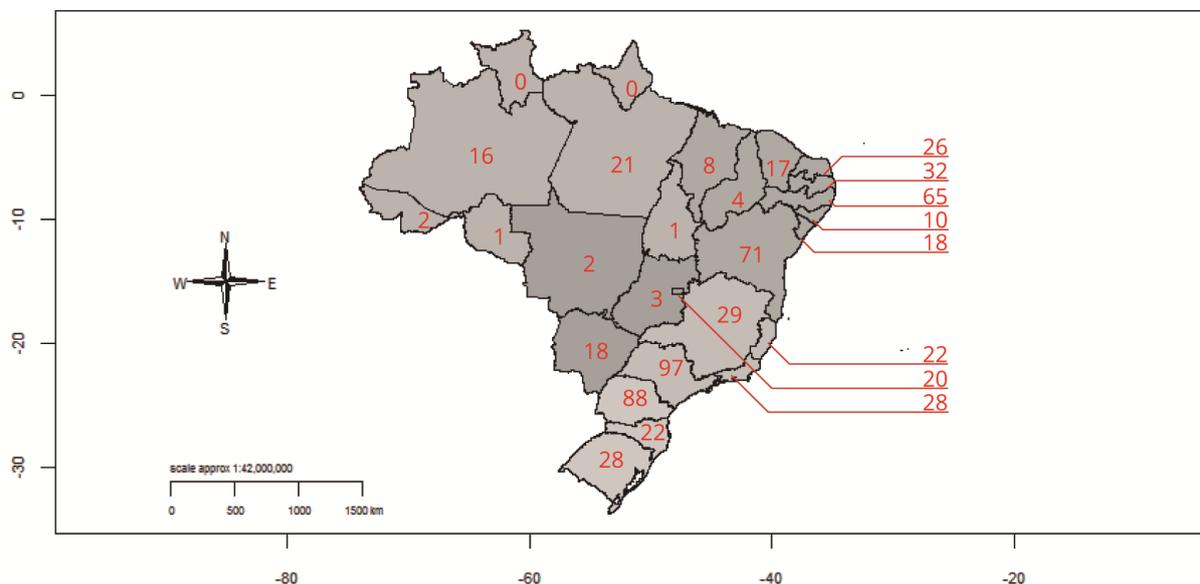


Figura 28 – Brasil: número de registros de ocorrência de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., por estado.

Fonte: Elaborada pela autora.

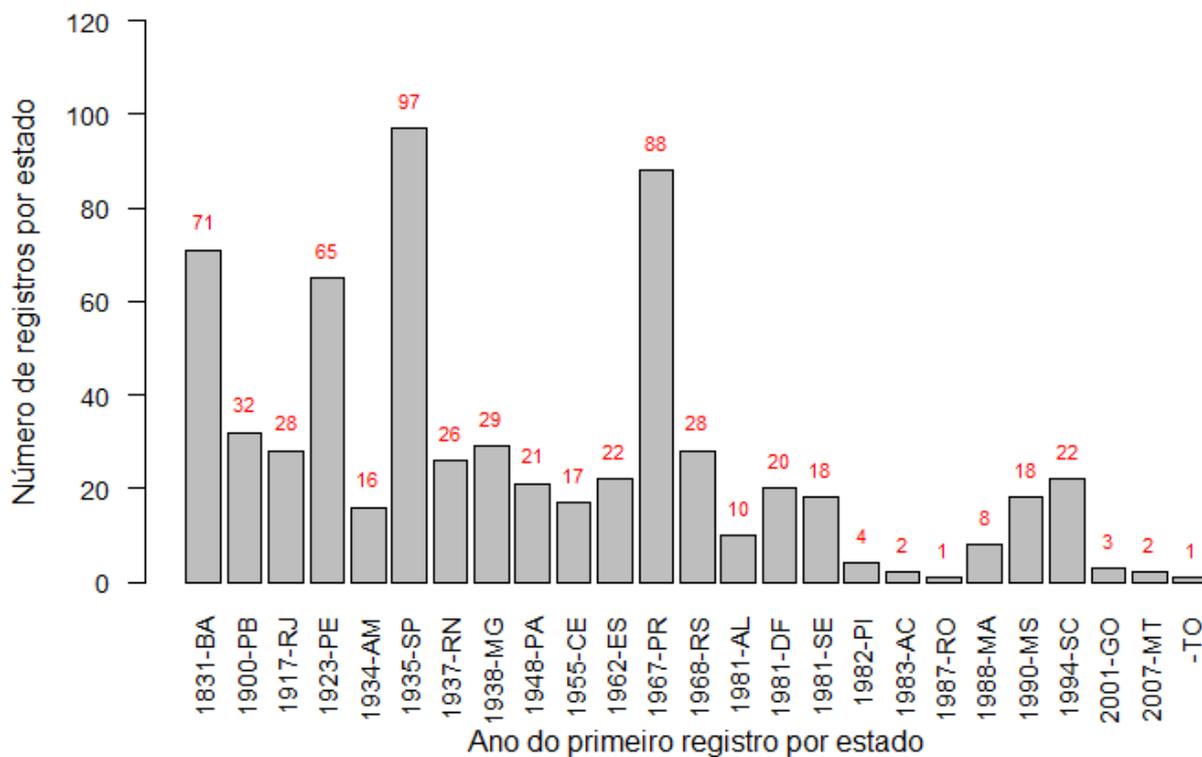


Figura 29 – Brasil: número de registros e data do primeiro registro de ocorrência de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., por estado.

Fonte: Elaborada pela autora.

Os primeiros pontos de ocorrência foram registrados na Bahia em 1831, que tendo 71 marcações, também está entre os estados brasileiros com os maiores números de registros de ocorrência da espécie, ficando atrás apenas dos estados do Paraná (88 registros) e São Paulo com 97 registros. O estado de Pernambuco apresenta um número expressivo de registros, com 65 marcações. Outros estados apresentam números variáveis ficando com uma média de 22 registros para cada um deles. Ficam de fora dessa média os estados do Piauí, Acre, Rondônia, Maranhão, Goiás, Mato Grosso e Tocantins que apresentaram números de registro abaixo de dez. O estado do Tocantins apresentou apenas um registro e sem a data de coleta do material. Ficaram de fora os estados do Amapá e Roraima, pois nenhuma coleta ou marcação foi registrada neles, o que pode ser apenas o efeito de coleta, como por exemplo, menos pesquisas feitas nesses estados.

4.5 Análise dos modelos de distribuição geográfica potencial presente e futura da espécie

A Figura 30 apresenta os gráficos dos resultados do teste AUC da modelagem de distribuição geográfica potencial presente (30a) e futura (30b) da espécie *Leucaena leucocephala*. A fração de área predita no eixo x tem a sua correspondência na fração dos pontos de ocorrência verdadeiros no eixo y. A qualidade do modelo estatístico é avaliada pelo número de pontos de amostragem na área predita: quantos mais pontos de ocorrência verdadeiros em uma área predita menor, melhor é o modelo.

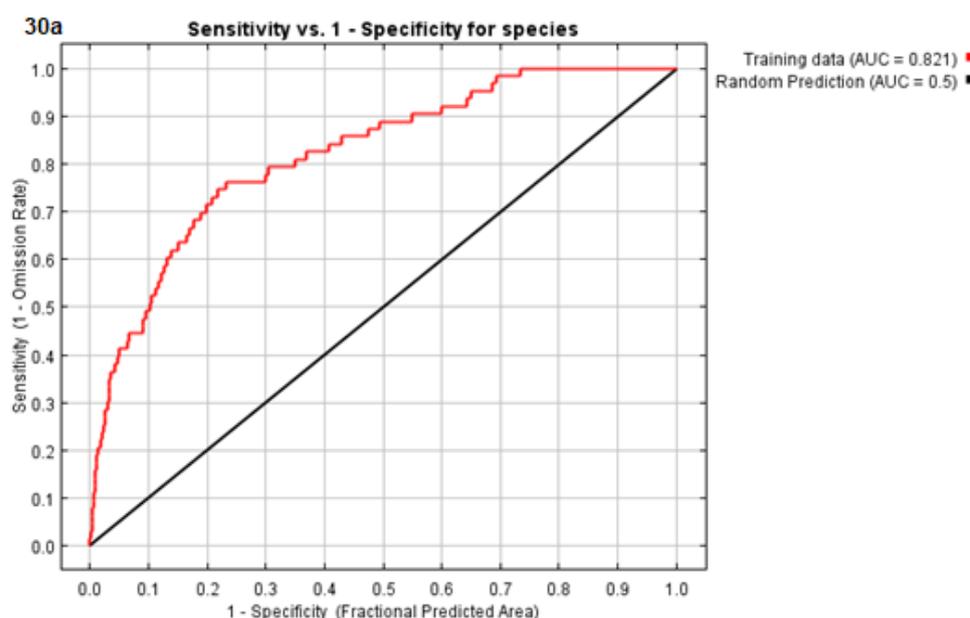


Figura 30a – Resultado do teste AUC da Modelagem de Distribuição da espécie *Leucaena leucocephala* com o algoritmo MaxEnt: presente.

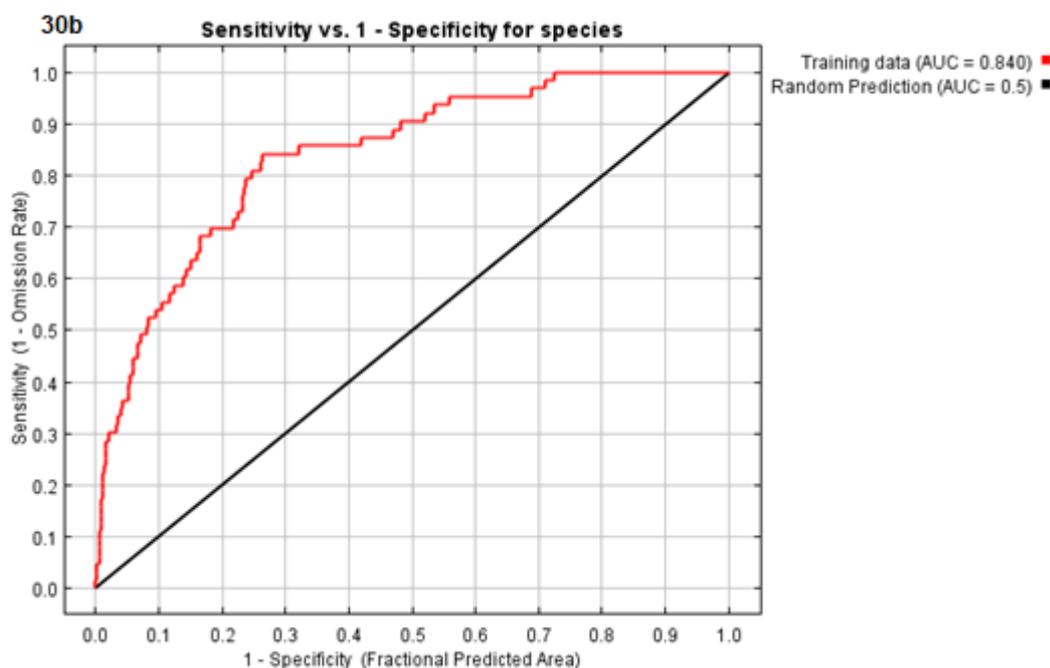


Figura 30b – Resultado do teste AUC da Modelagem de Distribuição da espécie *Leucaena leucocephala* com o algoritmo MaxEnt:futuro.

O sucesso do modelo pode ser estimado numericamente calculando o valor AUC. O valor AUC é uma medida da precisão do modelo, além de caracterizar o seu desempenho (Phillips et al., 2006).

No nosso caso, a modelagem mostrou um bom resultado, com um valor da AUC acima de 0,8 nos dois modelos e denota que os resultados gerados pelos modelos não são previsões aleatórias. A média AUC do conjunto de teste foi de 0,7702628 com desvio padrão de 0,06 e a maior AUC do conjunto de teste foi 0,8424333. Esses números são apresentados na Tabela 2, no qual os valores para AUC estão acima de 0,7 tanto na média quanto no maior valor dos testes.

Tabela 2 - Valores de AUC para os modelos de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. nos cenários atual (1960 – 1990) e futuro (2050).

Cenário	Valor AUC	Média valor AUC - test	Maior valor AUC - test
Presente	0,8	0,7702628	0,8424333
Futuro	0,84		

4.5.1 Análise da contribuição das variáveis utilizadas

Algumas variáveis foram mais influentes na elaboração do modelo de distribuição geográfica potencial da espécie. A Tabela 3 apresenta as contribuições relativas de todas as variáveis utilizadas nos modelos.

Tabela 3 - Contribuição percentual de cada variável para a construção dos modelos de distribuição geográfica potencial presente e futura de *Leucaena leucocephala*, em ordem crescente das variáveis.

Variáveis ⁽¹⁾		Contribuição percentual ⁽²⁾	
		Presente	Futuro
Bio 2	Amplitude diária média (média mensal da Temp. max – Temp. min)	24,5	16,1
Bio 6	Temperatura mínima do mês mais frio	28,4	35,4
Bio 12	Precipitação anual	40,8	29,2
Bio 14	Precipitação do mês mais seco	1,6	5
Bio 15	Sazonalidade de precipitação (coeficiente de variação)	1,2	9,4
Bio 17	Precipitação do trimestre mais seco	1,4	0
Bio 18	Precipitação do trimestre mais quente	2,2	0,4
Bio 19	Precipitação do trimestre mais frio	0	4,4

Fonte: (1) WorldClim; (2) Maxent.

Analisando os dados da Tabela 3, percebe-se que as variáveis que contribuíram de forma mais significativa para o modelo no presente foram a precipitação anual, a temperatura mínima do mês mais frio, e a amplitude diária média da temperatura. As três variáveis, das oito utilizadas, contribuíram 93,7% para a capacidade preditiva do modelo. Para o modelo no futuro, as variáveis que contribuíram de forma mais significativa para o modelo foram a temperatura mínima do mês mais frio, a precipitação anual, a amplitude diária média da temperatura, e a sazonalidade de precipitação (coeficiente de variação). As quatro variáveis, das oito utilizadas, contribuíram 90,1% para a capacidade preditiva do modelo.

4.5.2 Resultados das modelagens de distribuição geográfica potencial presente e futura da espécie

Os resultados das modelagens de distribuição geográfica potencial presente e futura da espécie *Leucaena leucocephala* podem ser vistos na Figura 31. O mapa gerado para a distribuição presente (Figura 31a) produziu uma distribuição mapeada com ênfase para o leste e centro-oeste brasileiro abrangendo partes das regiões Sul e Nordeste e porções mais significativas no Sudeste e no Centro-Oeste. Apenas uma pequena porção da Região Norte aparece contemplada. Essa distribuição é consistente com a ecologia conhecida da espécie (Hughes, 1998). A mesma

tendência de distribuição pode ser verificada na Figura 31b, com uma diminuição na região Centro-Oeste.

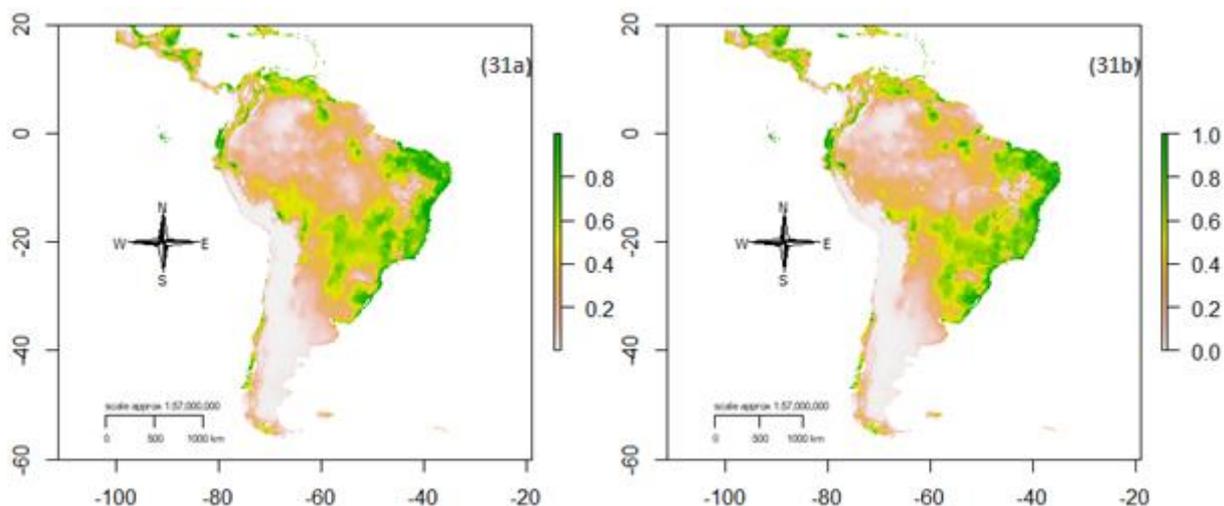


Figura 31 – Modelagem da distribuição geográfica potencial presente e futura de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Figura (31a): distribuição geográfica potencial presente da espécie. Figura (31b): distribuição geográfica potencial futura da espécie. Fonte: Elaborada pela autora.

Os modelos gerados para a espécie apresentam padrões de distribuição semelhantes entre si. A distribuição potencial presente indica que a espécie pode estar distribuída por quase toda a faixa originalmente ocupada pela Mata Atlântica. Nas demais regiões, as áreas de ocorrência encolhem a medida que o modelo faz a predição para as regiões interioranas do território brasileiro. Vale ressaltar que a predição feita pelo modelo extravasa os limites brasileiros, incluindo outros países sul americanos, além de ilhas do Caribe e do México, região da qual a espécie é nativa. O modelo permitiu calcular a área potencialmente ocupável pela espécie em toda região Neotropical. Na modelagem da distribuição potencial presente, a área calculada é de 4.055.324 km² enquanto que na modelagem da distribuição potencial futura a área calculada é de 4.177.506 km², demonstrando que existe a tendência de permanência da área ocupada pela espécie no futuro.

As duas distribuições demonstram que as áreas ocupadas pela Amazônia, tanto no Brasil como nos países limítrofes, apresentam baixa predição de ocupação pela espécie tanto no presente quanto no futuro. Na predição futura a área dotada de adequabilidade ambiental diminui levemente na região Centro-Oeste e aumenta de forma moderada nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. O limite de corte estabelecido pelo modelo é de 47%. Valores abaixo desse limite significam que a espécie tem

poucas ou nenhuma chance de ocorrência. Valores acima do valor de corte implicam em uma maior certeza de ocorrência da espécie.

Os recortes com as áreas adequadas no presente e no futuro são apresentados na Figura 32 (32a e 32b).

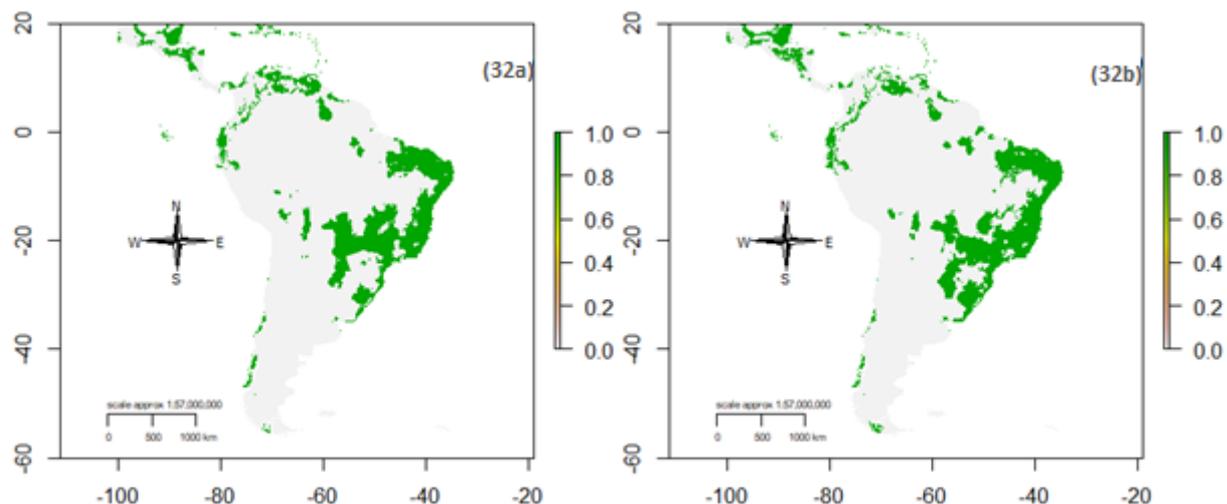


Figura 32 – Recortes de adequabilidade ambiental para a ocorrência de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no presente e no futuro. Figura (32a): recorte com as áreas adequadas para a presença da espécie no presente. Figura (32b): recorte com as áreas adequadas para a presença da espécie no futuro. Fonte: elaborada pela autora.

Os recortes validam o modelo e retornam como resultado a probabilidade de ocorrência da espécie nas áreas adequadas, além de possibilitar a visualização dessas áreas. Os resultados confirmam que grande parte do território brasileiro está incluída nas áreas propícias para a espécie. É importante ressaltar que tanto os recortes das áreas adequadas para a espécie como o cálculo da área consideram todas as áreas com potencialidade de ocorrência na região Neotropical, e não apenas no território brasileiro.

5 DISCUSSÃO

Os dados disponibilizados pelas três bases consultadas funcionaram como valiosas fontes para a obtenção de registros de ocorrência da espécie estudada (Albernaz; Pires, 2009; Phillips et al., 2004) no Brasil e no mundo.

Com relação aos registros no Brasil, a maioria dos pontos está registrada na porção leste do território. Registros esparsos são observados nas demais áreas do país. Os dados consultados informam que a espécie já estava presente em uma

localidade (Bahia, 1831) antes da data da sua introdução mais antiga registrada (1940) (Vilela; Pedreira, 1976). Os dados não estabelecem a data real de introdução, mas comprovam que a sua chegada em território brasileiro ocorreu muito tempo antes da sua introdução deliberada por instituição de pesquisa (Hyndman et al., 2015).

Os mapas resultantes das modelagens permitem observar os locais de ocorrência da espécie e os lugares onde ela pode permanecer (MacDougall et al., 1998). Ao mesmo tempo, a ausência de dados em determinadas regiões pode significar que não houve uma campanha prioritária para coleta da espécie (Aikio et al., 2010) como retratado nos mapas com os registros de ocorrência.

Quando se observa o mapa com os dados de registro para cada estado brasileiro, percebe-se que os estados localizados na região originalmente ocupada pela Mata Atlântica apresentam os maiores números de registros, com destaque para São Paulo (97), Paraná (88), Bahia (71) e Pernambuco (65). Entre eles, Pernambuco aparece na lista de estados nordestinos feita por Leão et al. (2011) com a presença de *Leucaena leucocephala*. Dessa forma, esse estudo preenche uma lacuna quanto aos registros da espécie, pois em publicações anteriores, registros importantes de *Leucaena leucocephala* passaram despercebidos.

A análise dos dados de presença permitiu visualizar a duração das lacunas entre os registros de coleta. Os motivos que levaram à ausência de registros podem ser muitos, mas Nervo et al. (2010) consideram que as campanhas podem apresentar vícios amostrais. Além disso, com o passar do tempo, a possibilidade de localização e de coleta está sujeita a mudanças (Aikio et al., 2010).

A escassez de dados nos estágios iniciais da história da espécie no Brasil é visível no primeiro período de coleta (1830 – 1920) que soma apenas 19 marcações em 89 anos. Os registros do segundo (1930 – 1970) e do terceiro períodos (1980 – 2010) podem significar que a espécie começava o seu processo de espalhamento e onde tiveram início as pesquisas sobre o potencial invasor da espécie (Hyndman et al., 2015). De qualquer forma, é difícil fazer essa constatação, pois o baixo número de registros não quer dizer que a espécie ainda não tivesse iniciado o seu processo de estabelecimento (Cousens; Mortimer, 1995).

Partindo para a verificação das modelagens de distribuição geográfica, os resultados apresentados são importantes para o entendimento da disseminação da espécie. A modelagem para o presente apresenta as áreas onde a espécie é encontrada e outras regiões que podem ser ocupadas. O modelo gerado apresenta a espécie com um possível espalhamento mesmo em condições de temperatura não alterada pelos cenários de mudanças climáticas, tal como observado por Fennell et al. (2013) no seu estudo sobre a espécie invasora *Gunnera tinctoria* na Irlanda. Os autores argumentam que, em casos assim, uma dinâmica deve ser traçada ainda no começo do processo de invasão para evitar esse espalhamento. A distribuição geográfica futura aponta para um leve aumento da área ocupada, abrangendo uma grande parcela do território, o que pode ocorrer se a sua disseminação não for controlada (Fennell et al., 2013). O modelo futuro aponta para poucas alterações na distribuição da espécie quando são consideradas as mudanças climáticas relativas às variáveis bioclimáticas. Essa estimativa simplificada apresentou pouca influência na distribuição da espécie.

Para que essas distribuições geográficas se concretizem é necessário que os propágulos percorram espaços consideráveis ao longo do tempo (Fennell et al., 2013). Isso é destacado nos resultados, já que várias áreas potencialmente ocupadas pela espécie na distribuição presente continuam como áreas potencialmente invadidas na distribuição futura. No entanto, destaca-se que características geográficas como as barreiras físicas podem dificultar a disseminação da espécie (Fennell et al., 2013).

Esse estudo mostrou que as mudanças nas variáveis bioclimáticas selecionadas têm potencial para manter a disseminação de *Leucaena leucocephala* em várias áreas da região Neotropical. O aumento da área potencialmente ocupada no futuro projetado em relação à área potencialmente ocupada no presente é de 3%. Isso indica que as alterações bioclimáticas não vão influenciar significativamente no tamanho da área a ser ocupada pela espécie e que a propagação suscitada por essa mudança será expressa pelo leve aumento no espalhamento para áreas com probabilidade de serem invadidas (Figuras 30a e 30b).

Por se tratar de uma espécie com potencial invasor, os resultados encontrados e discutidos permitem conhecer os locais onde a espécie foi introduzida e encontra condições de estabelecimento e permanência (Colautti; MacIsaac, 2004).

Paralelamente, uma linha da sua história de invasão potencial pode ser construída (Cousens et al., 2013). Essa linha de tempo histórica pode auxiliar na determinação do seu fluxo de circulação (Fuentes et al., 2008) e no cálculo das taxas de propagação nos diferentes ambientes (Pyšek; Hulme, 2005) ao longo do tempo.

Além disso, esse conhecimento pode levar à formulação de estratégias que reduzam as chances de estabelecimento da espécie (MacDougall et al., 1998; Kricsfalusy; Trevisan, 2014) e contenham a sua disseminação. Isso pode ser feito investigando o estado da população em cada local de registro e identificando as atividades humanas que estão contribuindo para a disseminação da espécie (Kricsfalusy; Trevisan, 2014).

6 CONCLUSÃO

O método adotado contemplou o objetivo do estudo de investigar a ocorrência da espécie *Leucaena leucocephala* em território brasileiro. O objetivo geral foi atingido, com a localização do registro de 30 pontos de presença da espécie com datas anteriores à sua introdução mais antiga registrada por instituição de pesquisa. Alguns registros tiveram o seu momento histórico caracterizado, demonstrando que as coletas ocorreram durante atividades de pesquisa de campo de cientistas ligados a instituições ou treinados em coletas de campo. Aliados aos demais registros encontrados para a espécie, eles cobrem boa parte do território nacional e revelam que a espécie já passou da sua fase de estabelecimento.

As bases de dados consultadas ofereceram um bom número de registros, o que contribuiu para a acurácia dos modelos gerados. Esses modelos demonstraram que uma vasta porção do território brasileiro é caracterizada como área potencial de ocorrência para a espécie e indicam regiões favoráveis ao seu estabelecimento na América do Sul. Assim, as informações geradas pelos modelos podem ser usadas em estratégias e ações de planejamento e gestão ambiental que possam basear tomadas de decisão em programas de restauração de áreas que estejam em locais considerados adequados para invasão.

Entretanto, os mapas processados não constituem um fim, sendo apenas instrumentos capazes de auxiliar a visualização de áreas com potencialidade para o desenvolvimento da espécie. A facilidade de acesso aos registros de ocorrência, a

disponibilidade de diferentes programas para a modelagem de distribuição geográfica e as imagens geradas não devem ser usadas como impedimento para a realização de novas pesquisas de campo. Essas continuam sendo importantes para o registro de novos pontos de ocorrência da espécie.

Como proposta de pesquisas futuras sugere-se estudos para explicar a ampla distribuição da espécie pelo território brasileiro, como a modelagem de distribuição geográfica relacionando a disseminação da espécie com o uso e ocupação do solo pelos humanos e rebanhos.

7 REFERÊNCIAS

- AIKIO, S.; DUNCAN, R.P.; HULME, P.E. Lag-phases in alien plant invasions: separating the facts from the artefacts. *Oikos*, v. 119, p. 370–378, 2010.
- ALBERNAZ, A. L. K. M.; ÁVILA-PIRES, T. C. S. (org.). *Espécies Ameaçadas de Extinção e Áreas Críticas para Biodiversidade no Pará*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi / Conservation Internacional, 2009. 56p.
- ANDERSON, R. P.; HANDLEY, C.O. A new species of three-toed sloth (Mammalia: Xenarthra) from Panama, with a review of the genus *Bradypus*. The Biological Society of Washington, 2001, Washington. *Proceedings*, 2001. v. 114, n. 1, p. 1-33.
- ANDERSON, R. P.; LEWC, D.; PETERSON, A. T. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, n. 162, p. 211-232, 2003.
- BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE ADOLPHO LUTZ. Disponível em: <http://www.bvsalutz.coc.fiocruz.br/>. Acesso em março/2017.
- BIVAND, R.; LEWIN-KOH, N. maptools: Tools for Reading and Handling Spatial Objects. R package version 0.8-40. 2016. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=maptools>. Acesso em agosto/2016.
- BLOSSEY, B.; NÖTZOLD, R. Evolution and increased competitive ability in invasive nonindigenous plants: a hypothesis. *Journal of Ecology*, v. 83, p. 887-889, 1995.
- BREWBAKER, J. L. *Guide to the systematics of genus Leucaena (Mimosaceae)*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1978. 16p.
- BREWBAKER, J. L.; SORENSSON, C. Domestication of lesser-known species of *Leucaena*. In: LEAKEY, R.; NEWTON, A. (Ed.) *Tropical trees: the potential for domestication*. Edinburgh: Institute of Terrestrial Ecology, 1994. p.195-204.
- BURGMAN, M.; GRIMSON, R.; FERSON, S. Inferring threat from scientific collections. *Conservation Biology*, v. 9, p.923–928, 1995.
- BUSWELL, J. M.; MOLES, A. T.; HARTLEY, S. Is rapid evolution common in introduced plant species? *Journal of Ecology*, v. 99, n. 1, p. 214-224, 2011.

CASA DE OSWALDO CRUZ. *Dicionário Histórico-Biográfico das Ciências da Saúde no Brasil (1832-1930)*. Casa de Oswaldo Cruz / Fiocruz. Disponível em: <http://www.dichistoriasaude.coc.fiocruz.br>. Acesso em março/2017.

CASA DE RUI BARBOSA. Glaziou – o paisagista do Império. Disponível em: <http://www.casaruibarbosa.gov.br/glaziou/biografia.htm>. Acesso em março/2017.

CATIE – Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza. *Leucaena, Leucaena leucocephala* (Lam. de Wit.): espécie de árvore de uso múltiplo em América Central. *Informe Técnico*, n. 166, 1991. 60 p.

COLLA, F. B.; WAECHTER, J. L. Flora Ilustrada no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 11, n. 1, p. 119-129, 2013.

CORRÊA, P. L. P.; CARVALHAES, M. A.; SARAIVA, A. M.; RODRIGUES, F. A.; RODRIGUES, E. S. C.; ROCHA, R. L. A. *Computational techniques for biologic species distribution modeling*. In: *Computational Methods for Agricultural Research – Advances and Applications*. p. 308-325, 2011.

CORREA, A. M. S.; FONSECA, K. Flora Polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, SP, Brasil). Família: 119-Oxalidaceae. *Hoehnea*, v. 42, n. 3, p. 597-602, 2011.

COSTA, A. L.; BRITO, P. F. A.; DA LUZ, E. A. T.; VALENTIM, J. F. Introdução e Avaliação de Leguminosas Forrageiras. Estado do Acre. *Comunicado Técnico*, 9: EMBRAPA, 1979. 14p.

COSTA, J. N. M. N.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): invasora ou ruderal? *Revista Árvore*, v. 34, n. 5, p. 825-833, 2010.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; MAGALHÃES, J. A.; TOWNSEN, C. R.; OLIVEIRA, J. R. C. Avaliação agrônômica de genótipos de *Leucaena* em Ariquemes, Rondônia. *Comunicado Técnico*, 288: EMBRAPA Rondônia, Porto Velho, RO, 2004. 4p.

COLAUTTI, R. I.; MacISAAC, H. J. A neutral terminology to define 'invasive' species. *Diversity and Distributions*. v. 10, p. 135-141, 2004.

COUSENS, R.; ADES, P.K.; MESGARAN, M.B.; OHADI, S. Reassessment of the invasion history of two species of *Cakile* (Brassicaceae) in Australia. *Cunninghamia*. v. 13, p. 275–290, 2013.

COUSENS, R.; MORTIMER, M. *Dynamics of weed populations*. Cambridge University Press, Cambridge, 1995. 348p.

DALAPICOLLA, J. *Tutorial de modelos de distribuição de espécie: guia teórico*. 2016. Laboratório de Mastozoologia e Biogeografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <http://blog.ufes.br/lamab/tutoriais>. Acesso em 20/05/2017.

DALAPICOLLA, J. *Tutorial de modelos de distribuição de espécies: guia prático usando o MaxEnt e o ArcGIS 10*. 2016. Laboratório de Mastozoologia e Biogeografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <http://blog.ufes.br/lamab/tutoriais>. Acesso em 20/05/2017.

DIJKMAN, M. J. *Leucaena* - a promising soil erosion control plant. *Economic Botany*, v. 4, pág. 337-349, 1950.

ELITH, J.; GRAHAM, C. H. Do they? How do they? Why do they differ? On finding reasons for differing performances of species distribution models. *Ecography*, n. 32, p. 66-77, 2009.

ELITH, J.; PHILLIPS, S. J.; HASTIE, T.; DUDÍK, M.; CHEE, Y. E.; YATES, C. J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distribution*, v. 17, p. 43-57, 2011.

EVANS, L. T. The domestication of crop plants. In: EVANS, L. T. *Crop evolution, adaptation and yield*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p. 62-112.

FENNELL, M.; MURPHY, J. E.; GALLAGHER, T.; OSBORNE, B. Simulating the effects of climate change on the distribution of an invasive plant, using a high resolution local scale, mechanistic approach: challenges and insights. *Global Change Biology*, v. 19, p. 1262-1274, 2013.

FRANCO, J. L. A.; DRUMMOND, J. A. Frederico Carlos Hoehne: a atualidade de um pioneiro no campo da proteção à natureza no Brasil. *Ambiente e Sociedade*, v. 8, n. 1, p. 1-27, 2005.

FRANKLIN, J. *Mapping Species Distribution: Spatial inference and Prediction*. Cambridge University Press, 2010. 320p.

FUENTES, N.; UGARTE E.; KUHN I.; KLOTZ. S. Alien plants in Chile: inferring invasion periods from herbarium records. *Biological Invasions*. v. 10, p. 649-657, 2008.

FURINI, P. R. *Modelagem preditiva de distribuição passada e futura de Ficus adhatodifolia Schott., Ficus insipida Willd. E Ficus citrifolia Mil. (Moraceae)*. 2014. Dissertação (Mestrado em Biologia Comparada) – Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

GBIF - Global Biodiversity Information Facility. Disponível em: < <http://www.gbif.org/>>. Acesso de novembro/2016 a fevereiro/2017.

HARVARD UNIVERSITY HERBARIA & LIBRARIES. Collections – Botanists.

Disponível em:

<http://kiki.huh.harvard.edu/databases/botanist_search.php?id=10982>. Acesso em 20/03/2017.

HERBÁRIO DO ESTADO "Maria Eneyda P. Kaufmann Fidalgo" - Coleção de Fanerógamas (SP). Disponível em: rede *speciesLink* , <<http://www.splink.org.br>>. Acesso em março/2017.

HIJMANS, R. J.; ELITH, J. Species distribution modeling with R. 2017. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/dismo/vignettes/sdm.pdf>. Acesso em janeiro/março/2017.

HIJMANS, R. J.; PHILLIPS, S.; LEATHWICK, J.; ELITH, J. *dismo: Species Distribution Modeling. R package, version 1.1-1*. 2016. Disponível em: < <https://CRAN.R-project.org/package=dismo>>. Acesso em março/2017.

HILL, G. D. *Leucaena leucocephala* for pastures in the tropics; a review article. *Herb. Abstr.*, Hurley, Bercks, v. 41, n. 2, p. 111-119, 1971 *apud* VILELA, E.; PEDREIRA, J. V. S. Efeito de densidades de sementeira e níveis de adubação nitrogenada no estabelecimento de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 33, n. 2, p. 251-280, 1976.

HOROWITZ, C.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, V.; PACHECO, G.; SOBRINHO, R. I. Manejo da Flora Exótica Invasora no Parque Nacional de Brasília: Contexto Histórico e Atual. *Biodiversidade Brasileira*, v. 3, n. 2, p. 217-236, 2013.

HUGHES, C. E. *Leucaena: manual de recursos genéticos*. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1998a. (Tropical Papers, 37).

HUGHES, C. E. *Monograph of Leucaena (Leguminosae – Mimosoideae)*. Ann Harbor: The American Society of Plant Taxonomists, 1998b. 244p. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB2012106549>> Acesso em maio/2015.

HYNDMAM, R. J.; MESGARAN, M. B.; COUSENS, R. D. Statistical issues with using herbarium data for the estimation of invasion lag-phases. *Biological Invasions*, v. 17, p. 3371-3381, 2015.

INSTITUTO HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. *Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras, I3N Brasil*. Disponível em: <<http://i3n.institutohorus.org.br>> (Acesso em 27/03/2015).

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *IPCC Data Distribution Centre*. Disponível em <http://www.ipcc.ch/>. Acesso em março/2017.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Cronologia – Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.jbrj.gov.br/sites/all/themes/corporateclean/content/publicacoes/cronologia.pdf>>. Acesso em março/2017.

JSTOR GLOBAL PLANTS. *Global Plants*. Disponível em: <<http://plants.jstor.org>>. Acesso em: março/2017.

KAMINO, L. H. Y. *Modelos de Distribuição Geográfica Potencial: Aplicação com Espécies da Flora Ameaçada de Extinção da Floresta Atlântica*. 2009. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

KLUTHCOUSKI, J. *Leucena: alternativa para a pequena e média agricultura*. *Circular Técnica*, 6. Brasília: EMBRAPA-CNPAP, 1992.

KOSTER, H. W.; KHAN, E. J. A.; BOSSHART, R. P. *Programas e resultados preliminares dos estudos de pastagens na região de Paragominas, Pará e Nordeste de Mato Grosso*. Belém: SUDAM/Instituto de Pesquisa IRI, 1977.

KRICSFALUSY, V. V.; TREVISAN, N. Prioritizing regionally rare plant species for conservation using herbarium data. *Biodiversity and Conservation*, v. 23, n. 1, p. 39-61, 2014.

KRUPNIK, G. A.; KRESS, W. J.; WAGNER, W. L. Achieving target 2 of Global Strategy for plant conservation: building a preliminary assessment of vascular plant species using data from herbarium specimens. *Biodiversity Conservation*. v. 18, p. 1459–1474, 2009.

LEÃO, T. C. C.; ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M. S.; ZILLER, S. R. *Espécies exóticas invasoras no nordeste do Brasil: contextualização, manejo e políticas públicas*. Recife: CEPAN, Instituto Hórus, 2011.

LIMA, P. C. F. Leucena. In: KIILL, L. H. P; MENEZES, E. A. (Orgs.). *Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 157-205, 2005.

MacDOUGALL, A. S.; LOO, J. A.; CLAYDEN, S. R.; GOLTZ, J. G.; HINDS, H. R. Defining conservation priorities for plant taxa in southern New Brunswick, Canada, using herbarium records. *Biological Conservation*, v. 86, p. 325–338, 1998.

MATTOS, A. J. S. S. Uso de alimentos alternativos na criação da paca (*Cuniculus paca*). 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia.

MELO-SILVA, C.; PERES, M. P.; MESQUITA NETO, J. N.; GONÇALVES, B. B.; LEAL, I. A. B. Biologia reprodutiva de *L. leucocephala* (Lam.) R. de Wit (Fabaceae: Mimosoideae): sucesso de uma espécie invasora. *Neotropical Biology and Conservation*, v. 2, n. 9, pág. 91-97, 2014.

METZ, C. E. ROC methodology in radiologic imaging. *Investigative Radiology*. n. 21, p. 720-733, 1986.

MINKA, T. P.; DECKMYN, A. Original S code by Richard A. Becker, Allan R. Wilks. R version by Ray Brownrigg. Enhancements by Thomas P Minka and Alex Deckmyn. (2016). maps: Draw Geographical Maps. R package version 3.1.1. Disponível em:< <https://CRAN.R-project.org/package=maps>>. Acesso em agosto/2016.

MUTKE, J.; BARTHLOTT, W. Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Biologiske Skrifter*, v. 55, p. 521-531, 2005.

NAS - National Academy of Science. *Leucaena: promising forage and tree crop for the tropics*. Washington, 1977.

NERVO, M. H.; WINDISCH, P. G.; LORSCHETTER, M. L. Representatividade da base amostral da pteridoflora do estado do Rio Grande do Sul (Brasil) e novos registros de distribuição. *Pesquisas, Botânica*, n. 61, p. 245-258.

NOBLE, I.R. Attributes of invaders and the invading process: terrestrial and vascular plants. In: DRAKE, J.A.; DICASTRI, F.; GROVES, R.H.; KRUGER, F.J.; MOONEY, H.A.; REJMÁNEK, M.; WILLIAMSON, M.H. Ed(s). *Biological Invasions: a global perspective*. New York: Willey, 1989. p. 301-313.

NYBG – The New York Botanical Garden. *List of Taxa in the Virtual Herbarium of The New York Botanical Garden*. Disponível em: <https://www.nybg.org/>. Acesso em janeiro/março/2017.

OXFORD UNIVERSITY MUSEUM OF NATURAL HISTORY. *Learning more...William Burchell*. Disponível em: <http://www.oum.ox.ac.uk/learning/pdfs/burchell.pdf>. Acesso em março/2017.

PEARSON, R. G.; RAXWORTHY, C. J.; NAKAMURA, M.; PETERSON, A. T. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, n. 34, p. 102-117, 2007.

PETERSON, A. T.; SOBERÓN, J.; PEARSON, R. G.; ANDERSON, R. P.; MARTÍNEZ-MEYER, E.; NAKAMURA, M.; ARAÚJO, M. B. *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Princeton University Press. United Kingdom, 2011. 328p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Andrew_Peterson10/publication/230709994_Ecological_Niches_and_Geographic_Distributions/links/5860be4408ae8fce4903bc00/Ecological-Niches-and-Geographic-Distributions.pdf>. Acesso em março/abril/2017.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E. *A maximum entropy approach to species distribution modeling*. In: Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, p. 655-662, 2004.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, v. 190/3, n.4 p. 231-259, 2006.

PHILLIPS, S. J. 2017. *A Brief Tutorial on Maxent*. Disponível em: <http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/>. Acesso em janeiro/abril/2017.

PYŠEK, P.; HULME, P.E. Spatio-temporal dynamics of plant invasions: linking patterns to process. *Écoscience*, v. 12, p.302–315, 2005.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: agosto/2015.

REFLORA - HERBÁRIO VIRTUAL. Disponível em: <<http://www.herbariovirtualreflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>>. Acesso em março/2017.

REJMÁNEK, M. Species richness and resistance to invasions. In: ORIAN, G.; DIRZO, R.; CUSHMAN, J.H. Ed(s). *Biodiversity and ecosystem processes in tropical forests*. New York: Springer. 1996. p. 153-172.

SANTOS, K. Brazilian plant species at the Regnellian herbarium: history and repatriation. *Rodriguésia*. v. 67, n. 4, p. 879-892, 2016.

SCHIFINO-WITTMANN, M. T. Leucena - Do México para o mundo, a globalização das árvores de mil e uma utilidades. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. Ed(s). *Origem e Evolução de Plantas Cultivadas*. Brasília: Empresa Informação Tecnológica, 2008. p. 437-463.

SCHMIDT, R.; LONGHI-WAGNER, H. M. A tribo Bambuseae (Poaceae, Bambusoideae) no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 7, n. 1, p. 71-128, 2009.

SCOTT, C. rgbif: Interface to the Global 'Biodiversity' Information Facility 'API'. R package version 0.9.6., 2016. Disponível em <https://CRAN.R-project.org/package=rgbif>. Acesso em agosto/2016.

SIQUEIRA, J. C. Amaranthaceae. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S.; BITTRICH, V.; KAMEYAMA, C. Ed(s). *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto de Botânica, v. 2, p. 11-30, 2002.

SOUZA, J. P.; SOUZA, V. C. Violaceae. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S.; BITTRICH, V.; KAMEYAMA, C. Ed(s). *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto de Botânica, v. 2, p. 353-364, 2002.

SPECIESLINK - Sistema de Informação Distribuído para Coleções Biológicas: a Integração do Species Analyst e do SinBiota. FAPESP. Disponível em: <<http://splink.cria.org.br/>>. Acesso de novembro/2016 a fevereiro/2017.

TEIXEIRA NETO, J. F.; VEIGA, J. B. da; AZEVEDO, G. P. C. de; CAMARÃO, A. P. Produção de gramíneas e leguminosas forrageiras no Estado do Pará. In: *Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Belém: Anais, 1978. p. 377.

The C. V. Starr Virtual Herbarium - The New York Botanical Garden. Disponível em: <http://sweetgum.nybg.org/science/vh/specimen_list.php?SummaryData=leucaena+leucocephala&sortBy=DarCountry&rownum=1&ImagesOnly=*>. Acesso em 15/03/2017.

VILELA, E.; PEDREIRA, J. V. S. Efeito de densidades de semeadura e níveis de adubação nitrogenada no estabelecimento de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 33, n. 2, p. 251-280, 1976.

WALTON, C. S. *Leucaena (Leucaena leucocephala) in Queensland – Pest Status Review*. Series – Land Protection. Brisbane: Department of Natural Resources and Minas, 2003.

ZENNI, R. D. The naturalized flora of Brazil: a step towards identifying future invasive non-native species. *Rodriguésia*, v. 66, p. 1137-1144, 2015.

ZENNI, R. D.; ZILLER, S. R. An overview of invasive plants in Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 34, n. 3, p. 431-446, 2011.

Capítulo 2: Disseminação da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit no Parque Nacional de Brasília: quando a distância a percorrer não é um problema.

RESUMO

O objetivo deste capítulo é verificar a ocorrência da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. na área de estudo no Parque Nacional de Brasília, para (i) quantificar o número de classes de indivíduos em relação à distância ao ponto de introdução da espécie, (ii) verificar o efeito da distância sobre essas classes; (iii) averiguar o efeito do tipo de ambiente e da luminosidade sobre o número de classes de indivíduos e de frutos e (iv) identificar a similitude entre as parcelas independentemente do tipo de ambiente. Foi constatado que o número de classes de indivíduos não é dependente da distância e que o tipo de ambiente e a luminosidade são fatores limitantes para esse número e para a produção de frutos. Foi estabelecido ainda que existe semelhança entre parcelas em ambiente preservado e alterado quanto às variáveis selecionadas.

Palavras-chave: ponto de introdução, distância, tipo de ambiente, luminosidade, classes de indivíduos.

1 INTRODUÇÃO

As invasões biológicas são apontadas como uma das principais mudanças ambientais globais nos tempos atuais. As atividades humanas são sugeridas como facilitadoras da dispersão de espécies invasoras (Chong et al., 2006). As pesquisas sobre invasões e sobre espécies com potencial invasor abordam principalmente três áreas: (1) as características de espécies invasoras aliadas às suas características genéticas e ecofisiológicas (Barret; Richardson, 1986 apud Chong et al., 2006); (2) as características dos habitats e as propriedades das comunidades invadidas (Rejmánek, 1996); e (3) os impactos sociais, econômicos e ecológicos das invasões (Office of Technology Assessment, 1993; Vitousek et al., 1997).

O presente estudo se atém à segunda área de pesquisa e considera que as interações entre a espécie-objeto e o ambiente podem determinar o sucesso do seu processo de invasão, tal como relatado por Lodge (1993).

A invasão de um ambiente por uma nova espécie pode ser caracterizada por três fatores: (1) o número de propágulos que penetram no novo ambiente, (2) as características da espécie invasora e (3) a susceptibilidade do ambiente à invasão (Lonsdale, 1999). É consenso que os ambientes perturbados são particularmente suscetíveis ao processo de invasão (Simberloff, 2013). Para Davis et al. (2000) todos

os tipos de perturbação liberam recursos como os nutrientes do solo ou luminosidade, permitindo que as espécies introduzidas ganhem força. Para ser considerada uma invasora, uma espécie deve, sem a mediação humana, proliferar em ecossistemas naturais, reduzindo a abundância de espécies nativas (Richardson et al., 2000).

Considerando o presente estudo, a liberação de luminosidade acima do normal na área de estudo pode ter sido o gatilho inicial do processo de invasão da espécie *Leucaena leucocephala*. O estudo foi realizado em uma área localizada no Parque Nacional de Brasília, uma unidade de conservação de proteção integral. É formada por uma área de Cerrado que apresenta uma faixa alterada, próxima ao ponto de introdução da espécie. Essa alteração provocou uma abertura na vegetação e permitiu a chegada de muita luz ao ambiente, o que propiciou o início de formação de uma população de leucena, uma planta pioneira heliófita (Rejmánek, 1996). A maior parte da área de estudo é composta por Cerrado *stricto sensu* preservado e que tem sofrido pressão por parte da espécie invasora. A presença de leucena na área foi relatada por Horowitz et al. (2007) e foi considerada como um problema devido ao avanço da espécie pela vegetação nativa.

Esse estudo pretende inovar ao trazer uma visão sobre o processo de invasão de *Leucaena leucocephala* em uma área de ambiente natural, já que segundo Walton (2003) e Costa; Durigan (2010) ainda não existem estudos que esclareçam o processo de invasão da espécie e não há comprovação científica de que a espécie se dissemina em ambientes naturais, embora seja considerada como espécie exótica invasora por Zenni e Ziller (2011). Outros estudos têm inovado na mesma temática, como a pesquisa realizada por Braga et al. (2014) sobre a invasão de *Pinus oocarpa* em uma área de Cerrado no Jardim Botânico de Brasília.

Diante desse cenário, o presente estudo se propõe a (i) avaliar o estágio de ocorrência da espécie na área e (ii) verificar o efeito de características ambientais e da distância percorrida pela espécie sobre o número de classes de indivíduos encontradas.

Esse objetivo surgiu a partir dos seguintes questionamentos: (i) qual é o efeito da distância do ponto de introdução sobre as classes de indivíduos da espécie e (ii) como esse efeito depende do tipo de ambiente das áreas de coleta? Para responder a essas questões, foram formulados as hipóteses e os objetivos a seguir.

1.1 Hipóteses

1.1.1 Hipótese 1: A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. sobreviveu à introdução e ao manejo nas imediações do Parque Nacional de Brasília e tem conseguido se desenvolver tanto em ambiente alterado quanto em ambiente preservado no interior do parque.

1.1.2 Hipótese 2: A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. apresenta potencial invasor e se ajusta à regra de invasão das plantas lenhosas com sementes.

1.1.3 Hipótese 3: As parcelas onde a espécie pode ser encontrada na área de estudo apresentam semelhanças quanto às variáveis selecionadas e essa semelhança independe do ambiente.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar a ocorrência da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. na área de estudo no Parque Nacional de Brasília, quantificando o número de classes de indivíduos em relação à distância do ponto de introdução da espécie e verificando se o efeito da distância sobre essas classes depende do tipo de ambiente e da luminosidade das áreas de coleta.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar as áreas que apresentam registros de ocorrência da espécie na área de estudo.
2. Quantificar os registros encontrados nas parcelas na área de estudo no interior do parque e classificá-los por estágio de vida.
3. Verificar o efeito da distância entre cada parcela e o ponto de introdução da espécie sobre o número de classes de indivíduos.
4. Observar se a espécie estudada apresenta comportamento invasor de acordo com a regra de invasão de plantas lenhosas com sementes.

5. Identificar a similitude entre parcelas a partir das características ambientais.

2 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. é uma leguminosa essencialmente tropical com indivíduos de porte arbustivo e arbóreo, com alturas variando entre cinco e 18 m. É nativa do território atual do México e requer temperaturas entre 25 e 30° C para um crescimento ótimo. Apresenta floração durante todo o ano, mas apresenta bom desenvolvimento e floração mais abundante nos meses com índice pluviométrico mais elevado (Costa; Durigan, 2010) em um intervalo de 600 a 1.700 mm por ano (Franco; Souto, 1986; Drumond; Ribask, 2010). As inflorescências são constituídas de capítulos globosos de 1,5 a 3 cm de diâmetro. Cada capítulo é composto de 100 a 180 flores brancas e minúsculas (Lima, 2005; Gonçalves; Lorenzi, 2007), com aroma suave e não muito doce, evocando o cheiro de melão (Zárate, 1994).

Os frutos do tipo vagem são compridos, finos, achatados e acuminados, com 12 a 18 cm de comprimento e 1,5 a 2 cm de largura. Apresentam de 15 a 30 sementes elípticas e achatadas de 6 a 8 mm de comprimento e 3 a 4 mm de largura (Lima, 2005), de cor marrom brilhante, secas e duras, dispersas por gravidade (Costa; Durigan, 2010). A dispersão positiva da espécie é atribuída à ação humana que, por meio do cultivo, tem disseminado a planta de forma bastante eficaz (Costa; Durigan, 2010).

No Brasil, a espécie apresenta bom desenvolvimento em todas as regiões, desde o semiárido nordestino até as zonas mais frias do sul do país (Lima, 2005). Pode formar maciços densos, competindo com e excluindo outras plantas. É comumente plantada com finalidade agropastoril, mas recentemente tem sido relatada como planta ruderal (Costa; Durigan, 2010) e invasora (Zenni; Ziller, 2011). Foi introduzida também em vários países e, nos dias atuais, o gênero *Leucaena* é encontrado na maioria dos países tropicais e subtropicais (CATIE, 1991; Walton, 2003).

Em 2007 a presença da espécie foi relatada no Parque Nacional de Brasília. Foi proposta e executada uma forma de manejo, que incluiu o corte das plantas que formavam o foco primário de disseminação da espécie, foco esse localizado em um terreno de empresa limítrofe ao parque (Horowitz et al., 2007).

3 MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O Parque Nacional de Brasília (PNB) é uma unidade de conservação de proteção integral vinculada ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Foi criado pelo Decreto nº 241, de 29 de novembro de 1961, com uma área de 30.566,59 ha (demarcada em 1996). A partir de 2006, com a publicação da Lei nº 11.285, de 8 de março de 2006, que redefiniu a sua poligonal, o PNB passou a ter uma área 42.389,01 ha (FUNATURA; IBAMA, 1998).

A área de estudo está representada na Figura 1. Abrange uma área que faz parte da zona de uso intensivo do PNB. De acordo com o plano de manejo da unidade (FUNATURA; IBAMA, 1998), a zona de uso intensivo está situada próxima à entrada do parque, abrangendo as piscinas 1 e 2, o centro de visitantes e os locais de uso público. A topografia é plana e suavemente ondulada. Ocorre o predomínio de latossolos e solos hidromórficos. A cobertura vegetal é formada por Cerrado stricto sensu e mata de galeria (Horowitz et al., 2007).

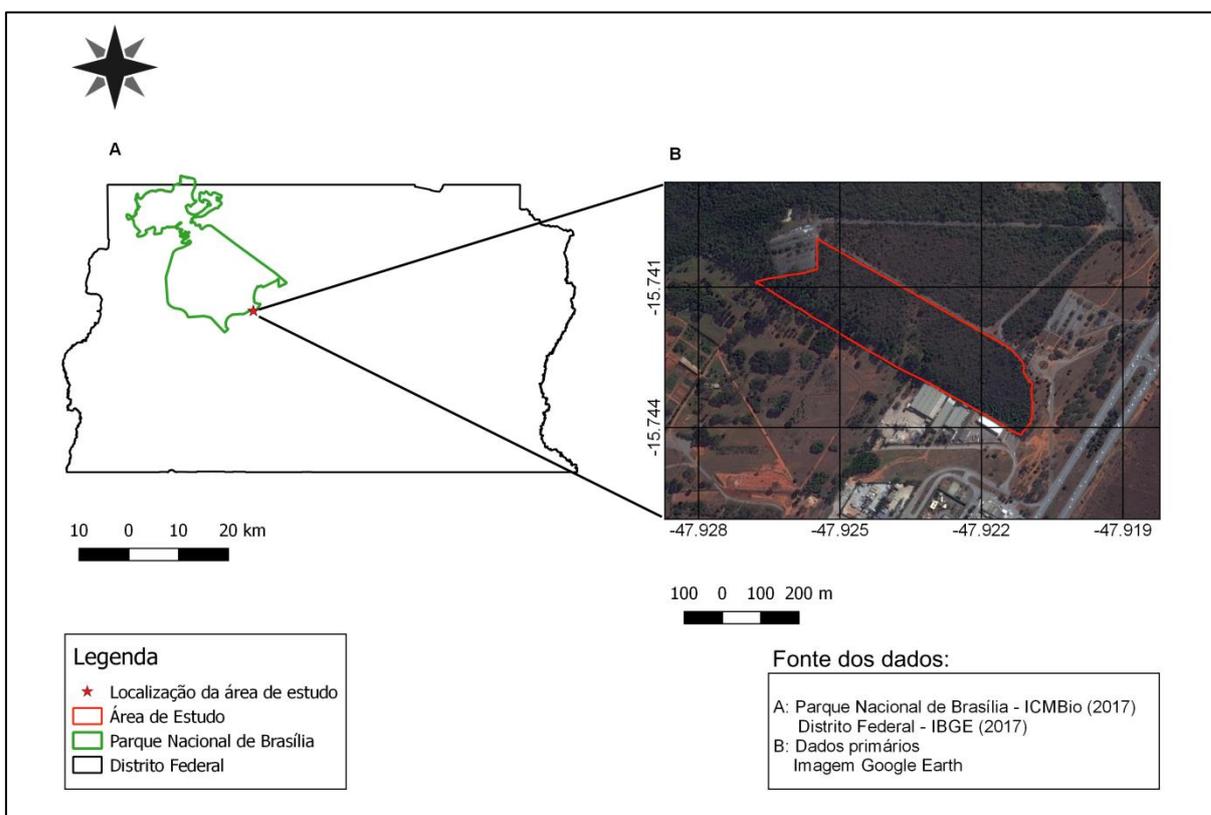


Figura 1 – Área de estudo localizada no interior do Parque Nacional de Brasília e áreas limítrofes.

Fonte: elaborada pela autora.

A área de estudo é vizinha de um terreno de uma empresa particular concreteira e do Viveiro II do Departamento de Parques e Jardins (DPJ), vinculado à Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP), ambos localizados no Setor de Armazenagem e Abastecimento Norte (SAAN) do Distrito Federal, limítrofe ao parque.

A área de estudo foi escolhida por apresentar uma população de *Leucaena leucocephala* que se alastra sobre o Cerrado, conforme o relato de Horowitz et al. (2007). O foco primário de dispersão da espécie localizava-se no terreno de empresa localizada no SAAN. Na época da publicação do diagnóstico, a população foi estimada em mais ou menos 180 plantas, entre juvenis e adultos, com colonização espontânea e distribuição agregada. A leucena foi classificada como espécie exótica invasora em estágio médio/avançado de dispersão/colonização.

Não existe registro da data de plantio da cerca. A ação de manejo indicada foi a notificação da empresa responsável pelo plantio da leucena como cerca viva, solicitando a substituição e recomposição da cerca com emprego de uma ou mais espécies nativas (Horowitz et al., 2013). Pesquisa de campo constatou que as árvores foram cortadas pela empresa, mas rebrotaram. As rebrotas já atingiram o estágio adulto e fazem com que a área continue sendo um foco de dispersão. Esse corte das árvores ocorreu em 2010.

3.2 Seleção das parcelas

Foram selecionadas inicialmente 28 parcelas, cada uma com 100 m². As marcações foram feitas entre novembro de 2015 e janeiro de 2016. Nesse mesmo período foi feita uma primeira coleta de dados. Um segundo período de coleta foi feito entre novembro de 2016 e janeiro de 2017. As parcelas foram selecionadas aleatoriamente a partir de caminhamento, saindo de locais próximos do ponto de introdução da espécie e de outros pontos mais distantes. Foram marcadas parcelas nas áreas de mata e de Cerrado *stricto sensu*. Após a verificação da autocorrelação espacial foram selecionadas apenas 21 parcelas. Essas parcelas guardavam uma distância mínima de 50 m entre elas, valor determinado por correlograma como a distância mínima entre parcelas para minimizar os efeitos da autocorrelação espacial. A Figura 2 apresenta os locais das parcelas demarcadas e selecionadas.

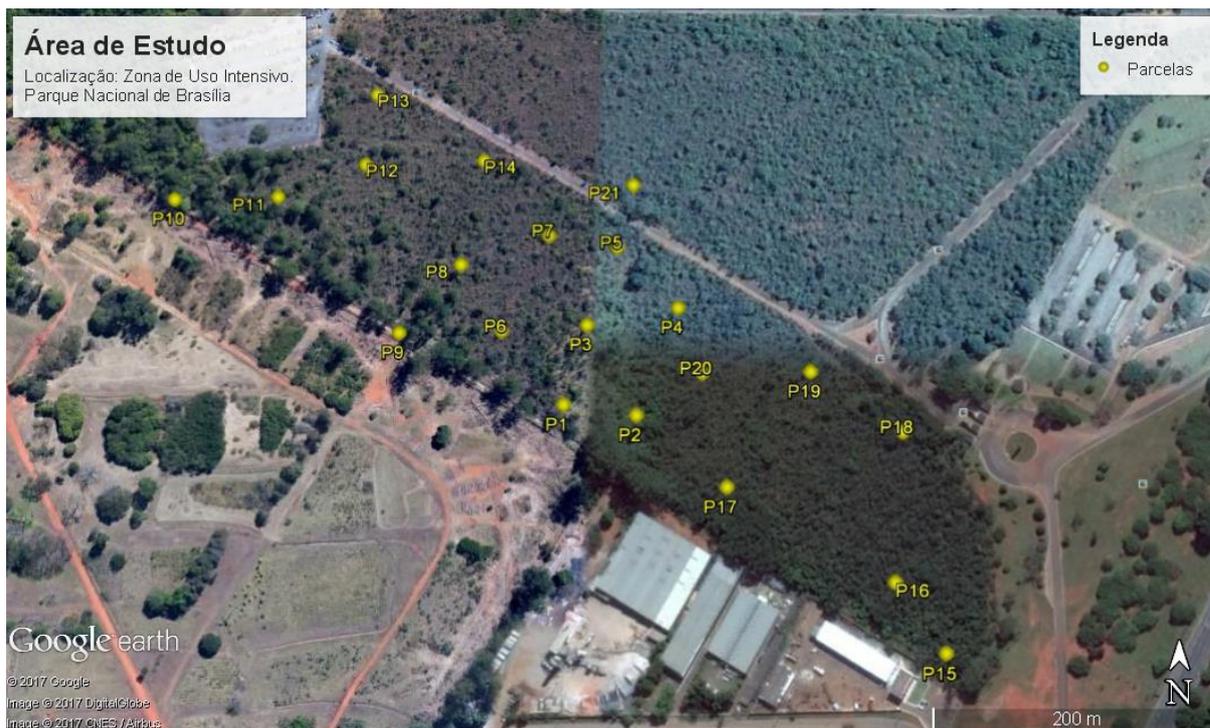


Figura 2 – Área de estudo com a localização das parcelas demarcadas.
Fonte: Google Earth, 2017; elaborada pela autora.

Cada parcela recebeu uma placa com uma numeração de ordem para identificação. Fichas de observação preformuladas (Anexo 1) orientaram os levantamentos e os registros de dados. Nas fichas foram registradas informações sobre o local e as condições da parcela de ocorrência e sobre os indivíduos da espécie encontrados. Cada indivíduo recebeu uma placa com numeração de ordem aleatória. A localização geográfica de cada parcela foi marcada com o uso do GPS Garmin Etrex 10 e anotada. A marcação das coordenadas geográficas foi feita no ponto central da parcela.

3.3 Identificação da espécie

Em junho de 2016 foi feita uma coleta de material botânico para fazer a identificação da espécie. Foram coletados dois ramos contendo folhas, flores e frutos de dois indivíduos diferentes, em duas parcelas. A identificação da espécie como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., subespécie *leucocephala* foi confirmada pelo professor Christopher William Fagg, da Universidade de Brasília, docente do Curso de Farmácia (Campus Ceilândia), e do Herbário da Universidade de Brasília, Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas (Campus Darcy Ribeiro).

3.4 Coleta de dados

O inventário ocorreu de acordo com a localização da parcela: classificação do ambiente da parcela como preservado ou alterado; distância do centro da parcela ao local de introdução; luminosidade; número de indivíduos e a classe de cada um; e número de frutos dos indivíduos adultos. Para a classificação do ambiente de cada parcela foram avaliadas algumas características, que constam do Quadro 1.

Quadro 1 - Características observadas para classificar o ambiente de cada parcela.

Ambiente	Características
Preservado	presença de farta vegetação nativa; solo coberto por estrato herbáceo área com presença esparsa de gramíneas exóticas.
Alterado	pouca vegetação nativa; solo descoberto e exposto; área com densa ocorrência de gramíneas exóticas.

As distâncias entre o local de introdução da espécie e o ponto central de cada uma das parcelas mais distantes foram medidas com o auxílio da ferramenta “régua” do Google Earth. As distâncias das parcelas mais próximas foram medidas com uma trena de 20 m.

A luminosidade foi dividida em três classes: luz, sombra e sombreado, de acordo com a cobertura do dossel. O Quadro 2 apresenta essa classificação e o valor atribuído a cada classe.

Quadro 2 - Classificação da luminosidade para cada parcela da área de estudo.

Luminosidade	Valor atribuído	Características do local
Luz	1	dossel aberto permitindo a passagem de luz até o solo.
Sombra	2	dossel fechado permitindo a chegada de pouca luz ao solo.
Sombreado	3	dossel entreaberto, alternando pontos de luz e de sombra no solo.

Os indivíduos encontrados em cada parcela foram organizados em classes, de acordo com a sua altura e a presença ou não de estruturas reprodutivas. A Tabela 1 apresenta as classes de indivíduos. Foram considerados adultos os indivíduos que apresentavam qualquer número de frutos. A altura dos indivíduos classificados como plântula foi medida com o uso de uma régua plástica com 50 cm de comprimento.

Para os indivíduos classificados como juvenil 1, juvenil 2 e adulto 1 foi usada uma trena de madeira com 2 m de comprimento. A altura dos indivíduos classificados como adulto 2, adulto 3, adulto 4 foi medida com o uso da trena a laser Bosch Professional GLM 20. Nas parcelas demarcadas não foi encontrado nenhum indivíduo classificado como adulto 5.

Tabela 1 - Classes de indivíduos e alturas correspondentes.

Classes de indivíduos	Símbolo	Altura
Plântula	P	$\leq 0,5$ m
Juvenil 1	J1	$0,51 \geq x \leq 1$ m
Juvenil 2	J2	$1,01 \geq x \leq 1,5$ m
Adulto 1	A1	$1,51 \geq x \leq 2$ m
Adulto 2	A2	$2,01 \geq x \leq 3$ m
Adulto 3	A3	$3,01 \geq x \leq 4$ m
Adulto 4	A4	$4,01 \geq x \leq 5$ m
Adulto 5	A5	$>5,01$ m

Fonte: Elaborada pela autora.

A contagem do número de frutos dos adultos 1 e 2 foi feita na própria planta; todos os frutos presentes foram contados. Para os indivíduos adultos 3 e 4 foi feita uma média do número de frutos existentes em cada cacho, sendo considerado que cada cacho é formado por 8 frutos. A copa da árvore foi dividida em 4 faces e foram contados os cachos de frutos de apenas uma das faces. O número de cachos foi multiplicado por quatro e o resultado foi multiplicado por oito, dando, assim, o número de frutos para cada indivíduo.

Depois da coleta foi feita a análise dos dados. Para as análises estatísticas, geração de gráficos e mapas foram usados os pacotes “Community Ecology Package:

vegan R package”,¹⁴ “Draw Geographical Maps: maps R package”¹⁵ (Minka; Deckmyn, 2016) e o “Combining Spatial Data: mapproj R package”¹⁶ (Bivand; Lewin-Koh, 2016) do software livre RStudio integrado à linguagem R de programação (R Core Team)¹⁷.

3.5 Análise dos dados

3.5.1 Primeira análise: análise de covariância (ANCOVA)

Para testar o efeito da distância do ponto de introdução sobre as classes de indivíduos da espécie e como o seu efeito depende do tipo de ambiente das áreas de coleta, foi feita uma análise de covariância. É um teste usado para fazer a análise da variância para duas ou mais variáveis simultaneamente, testando o efeito de um fator em uma variável enquanto se controla o efeito de uma covariável contínua (Brandt; Barros, 2015).

É uma técnica fundamentada tanto na análise de variância quanto na regressão. Uma ANCOVA simples indica se os valores dos grupos são distintos em uma variável dependente enquanto se mantêm fixos os efeitos de outra variável denominada covariável. Uma covariável é uma variável que apresenta um relacionamento linear com a variável dependente. A ideia é eliminar estatisticamente os efeitos da covariável sobre a variável dependente (Brandt; Barros, 2015).

3.5.2 Segunda análise: utilização da análise de agrupamentos (*cluster analysis*) e análise dos componentes principais (PCA)

A análise de agrupamentos descreve diversas técnicas numéricas cujo propósito fundamental é agrupar objetos de acordo com as suas semelhanças,

¹⁴ Jari Oksanen, F. Guillaume Blanchet, Michael Friendly, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Dan McGlenn, Peter R. Minchin, R. B. O'Hara, Gavin L. Simpson, Peter Solymos, M. Henry H. Stevens, Eduard Szoecs, Helene Wagner (2017). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-3. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>>. Acesso em agosto/2016.

¹⁵ Original S code by Richard A. Becker, Allan R. Wilks. R version by Ray Brownrigg. Enhancements by Thomas P Minka and Alex Deckmyn. (2016). Maps: Draw Geographical Maps. R package version 3.1.1. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=maps>>. Acesso em agosto/2016.

¹⁶ Roger Bivand and Nicholas Lewin-Koh (2016). mapproj: Tools for Reading and Handling Spatial Objects. R package version 0.8-40. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=mapproj>. Acesso em agosto/2016.

¹⁷ R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: URL <<https://www.R-project.org/>>. Acesso agosto/ 2015.

identificando uma relação por meio de coeficientes de similaridades. A forma de representação gráfica dessa relação é o dendrograma, uma representação disposta em linhas que se ligam a outros níveis de similaridade onde foram agrupados pares de objetos. É um gráfico que simplifica em duas dimensões uma relação n-dimensional. Sendo assim, surgem algumas distorções referentes à similaridade. O valor dessa distorção pode ser obtido pelo coeficiente cofenético, que é o coeficiente de correlação entre os valores da matriz inicial de distância (semelhança) e os valores derivados do dendrograma (Faculdade de Ciências Agrárias – Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP), 2017). O coeficiente de correlação cofenético mede o grau de preservação das distâncias emparelhadas pelo dendrograma, resultante do agrupamento em relação às distâncias originais (Ferreira, 2008).

A análise de componentes principais ou *principal component analysis* (PCA) é um procedimento matemático que utiliza a ortogonalização de vetores para converter um conjunto de variáveis possivelmente correlacionadas em um conjunto de valores de variáveis não correlacionadas linearmente. São os componentes principais. Essa transformação faz com que o primeiro componente principal tenha a maior variância possível e seja o responsável pelo valor máximo de variabilidade dos dados. Os outros componentes têm a máxima variância sob a restrição de não ser correlacionado com os componentes anteriores (Prati, 2017).

Nesse estudo, a análise de componentes principais será usada como uma análise de agrupamentos com o objetivo de verificar a semelhança entre as parcelas.

4 RESULTADOS

4.1 Avaliação do efeito da distância sobre o número de classes de indivíduos

Os dados coletados em cada parcela podem ser visualizados na Tabela 2. São dados referentes ao tipo de ambiente, à distância do ponto central da parcela ao ponto de introdução, à luminosidade em cada parcela, ao número de frutos dos indivíduos adultos presentes na parcela por cada ano e às classes dos indivíduos encontrados em cada parcela, por ano de coleta. A disposição das parcelas pode ser vista na Figura 3.

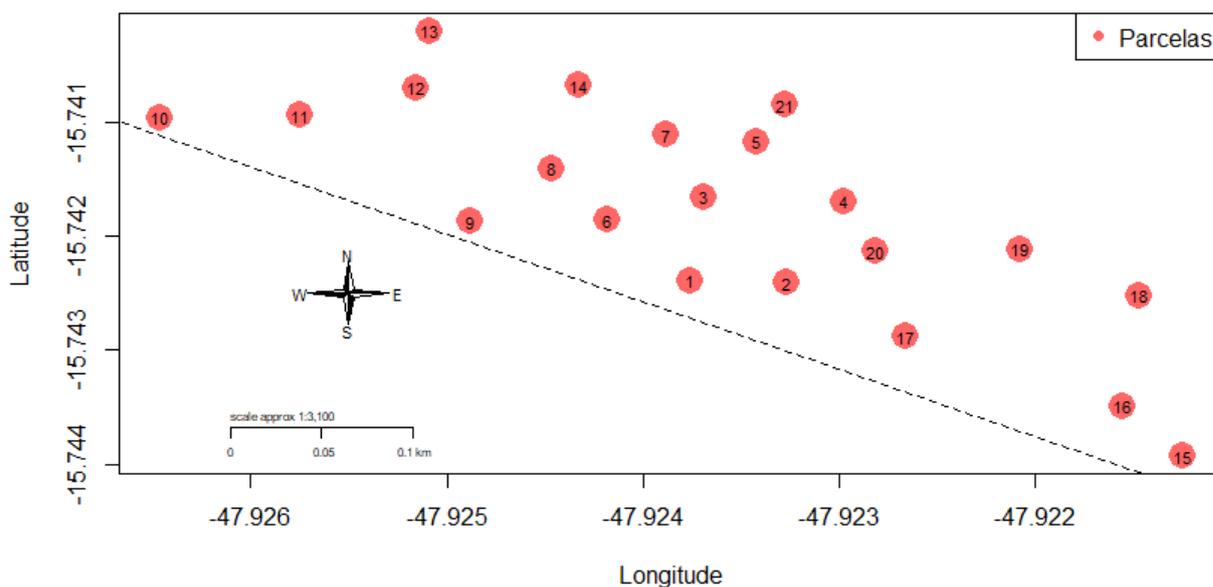


Figura 3 – Disposição das parcelas da área de estudo. Os círculos representam as parcelas. Os números no interior dos círculos indicam a numeração da parcela. A linha tracejada indica a localização da cerca-limite entre a empresa, o Viveiro II da Novacap e o interior do PNB. Fonte: elaborada pela autora.

Para avaliar o efeito da distância do ponto de introdução sobre o número de classes de indivíduos e como esse efeito depende do tipo de ambiente, foi realizada uma análise de covariância (ANCOVA), tendo o ambiente como covariável e a distância como fator.

Os resultados obtidos indicam que não existe um efeito significativo da interação entre a variável distância e a variável ambiente sobre o número de classes de indivíduos ($p=0,798$), podendo-se presumir que esse efeito não depende do tipo de ambiente.

Tabela 2 – Dados coletados por parcela: anos 2015 e 2016.

Parcela	Ambiente	Distância (m)	Luz	Frutos 2015	Frutos 2016	Estágio de vida 2/2015							Estágios de vida 2/2016						
						P	J1	J2	A1	A2	A3	A4	P	J1	J2	A1	A2	A3	A4
1	Alterado	61.53	Sombreado	1536	1088	3	45	9	0	0	1	0	15	10	47	0	0	1	0
2	Alterado	41.87	Sol	1528	5974	4	22	44	1	2	1	0	0	9	50	2	4	1	0
3	Preservado	109.01	Sombreado	0	33	7	57	15	0	0	0	0	21	29	53	2	0	0	0
4	Preservado	106.32	Sol	1584	592	1	2	20	1	2	2	0	9	2	21	0	1	0	0
5	Preservado	177.5	Sol	360	368	6	13	3	0	0	1	0	124	17	5	0	0	1	0
6	Preservado	107.23	Sombreado	0	0	0	7	0	0	0	0	0	1	3	4	0	0	0	0
7	Alterado	181.28	Sol	0	0	0	2	3	0	0	0	0	2	5	4	0	0	0	0
8	Preservado	189.6	Sol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Alterado	188.54	Sombreado	1536	941	1	12	8	0	0	1	0	16	14	5	2	0	1	0
10	Preservado	385.84	Sombra	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
11	Preservado	324.18	Sombra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Preservado	298.73	Sol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Preservado	338.77	Sol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Preservado	253.49	Sol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Alterado	16.12	Sombreado	1280	2560	14	14	2	0	1	0	1	7	16	14	0	1	0	1
16	Preservado	63.88	Sombra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Preservado	37,4	Sombra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Preservado	137,1	Sombra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Preservado	148	Sombra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Preservado	90.46	Sol	0	30	103	191	23	0	0	0	0	9	157	139	3	0	0	0
21	Preservado	213.52	Sol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0

A Figura 4 apresenta a distribuição das classes de indivíduos por ambiente em relação à distância. A Figura 4a apresenta essa distribuição para 2015. A Figura 4b apresenta a mesma distribuição para 2016.

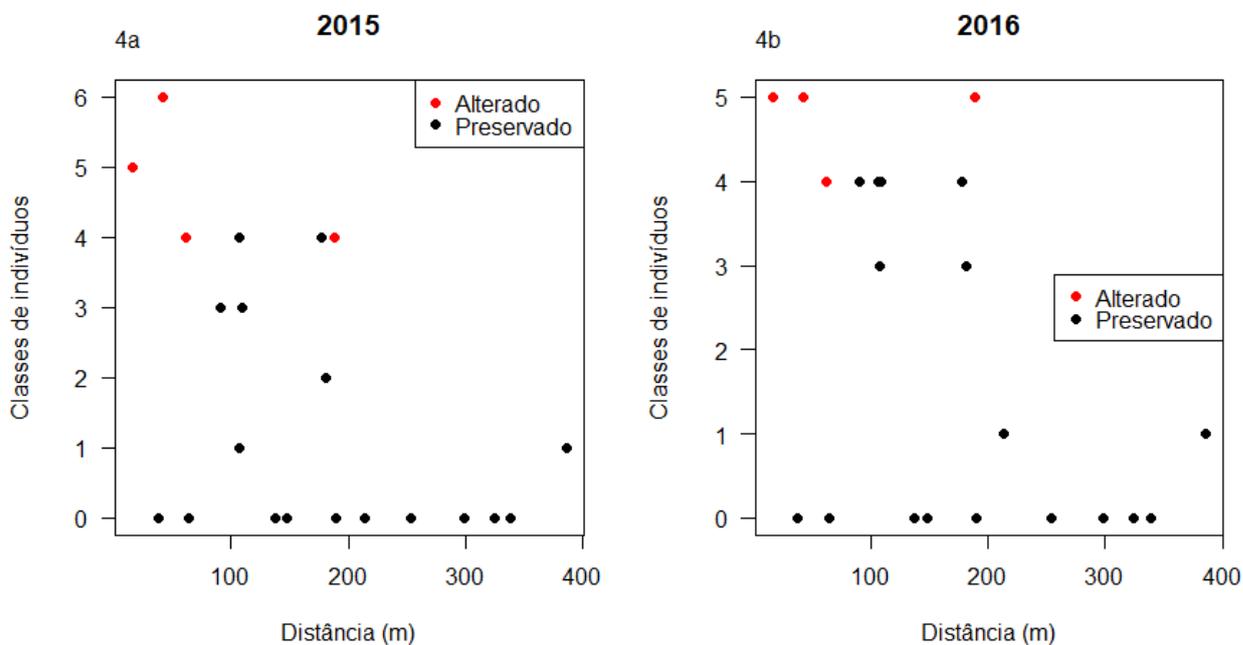


Figura 4 – Distribuição do número de classes de indivíduos por ambiente e por distância: 2015 e 2016.

Fonte: Elaborada pela autora.

Para 2015, os valores de estimativa do crescimento do número de classes em relação à distância são negativos tanto para o ambiente alterado ($-0,007445$) quanto para o ambiente preservado ($-0,004493$). Isso significa que nas maiores distâncias estão os menores números de classes de indivíduos. As parcelas caracterizadas por ambiente alterado apresentam os maiores números de classes de indivíduos nas distâncias inferiores a 100 m. Em apenas uma parcela ocorre o número de quatro classes de indivíduos, a uma distância próxima dos 200 metros.

Para 2016, os valores de estimativa do crescimento do número de classes em relação à distância são de sinais distintos: para o ambiente alterado o valor é positivo ($0,000878$), e para o ambiente preservado o valor é negativo ($-0,007191$). Observando a Figura 4b constatou-se o crescimento positivo para as parcelas que estão em ambiente alterado. Uma área perdeu uma classe de indivíduos, mas em outras duas cresceram os seus números de classes, passando para cinco, sendo que uma passou de quatro para cinco classes, na distância de 200 m.

As parcelas em ambiente preservado permaneceram com crescimento negativo, pois no conjunto das parcelas, o ambiente preservado continuou com o máximo de quatro classes de indivíduos na distância de até 200 m.

4.2 Avaliação do potencial invasivo da espécie *Leucaena leucocephala*

Para verificar se a espécie estudada se encaixa na regra de invasão de plantas lenhosas com sementes, foi observada a distância percorrida por descendentes a partir do ponto de introdução (> 100 m acima de < 50 anos). Não há registro da data de plantio das árvores na área limítrofe ao parque, mas é possível observar, em imagens históricas, a diferença de cobertura vegetal nos limites do parque com a empresa. As Figuras 5 e 6 retratam essas diferenças. A Figura 5 é uma imagem da área datada de 13 de novembro de 2003; a Figura 6 é uma imagem de 13 de agosto de 2004.

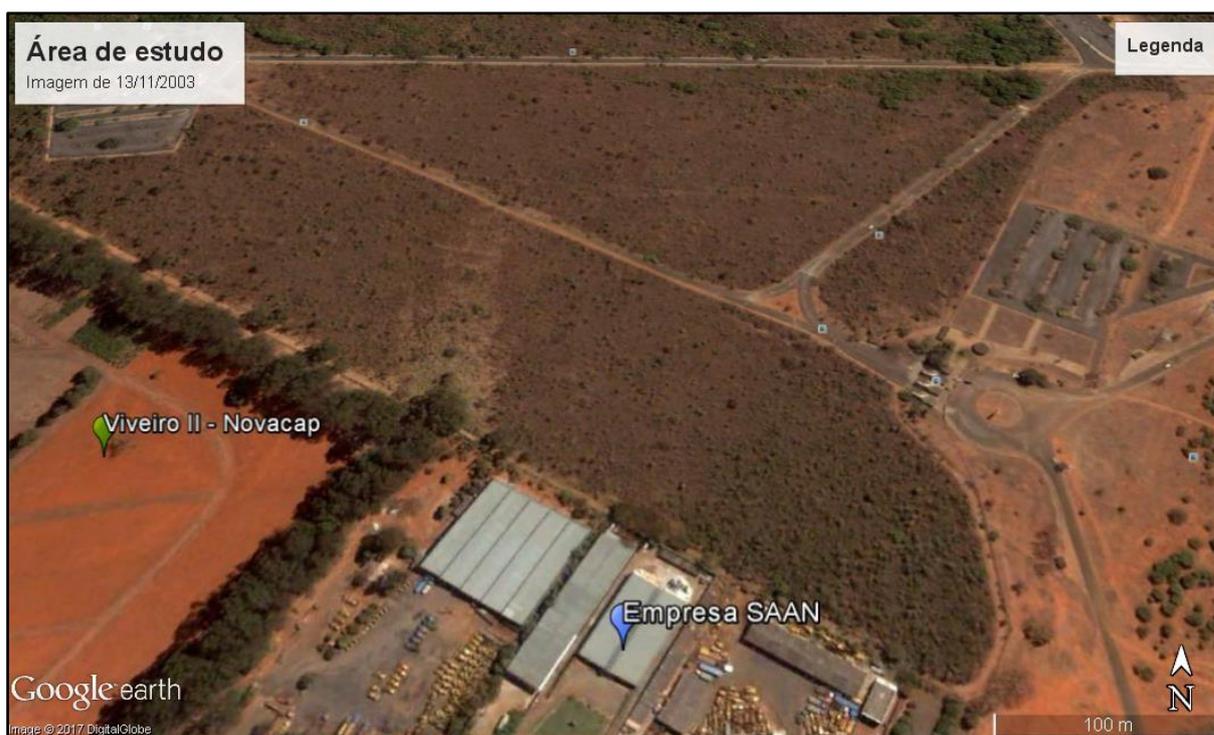


Figura 5 – Imagem da área de estudo: ano 2003.
Fonte: Google Earth.

A imagem de 2003 mostra que a área limítrofe entre a empresa e o parque está limpa, sem cobertura vegetal. Ela permite inferir que a cerca viva ainda não havia sido plantada.



Figura 6 – Imagem da área de estudo: ano 2004.
Fonte: Google Earth.

A imagem de 2004 mostra a área limítrofe entre a empresa e o parque com cobertura vegetal. Assim, pode ser inferido que a cerca viva já havia sido plantada.

Assumindo que a cerca viva foi formada em 2004, tem-se um intervalo de 13 anos até 2017. A distância máxima registrada de um descendente jovem de *Leucaena leucocephala* estava a 213,52 m do local da cerca viva, o que configura uma taxa média de espalhamento de $16,42 \text{ m.ano}^{-1}$. Considerando um indivíduo adulto produzindo frutos, a distância máxima é de 177,5 m para o ambiente preservado, o que representa uma taxa média de disseminação de $13,65 \text{ m.ano}^{-1}$. Para o ambiente alterado foi encontrado um indivíduo adulto com frutos a uma distância de 188,54 m, o que equivale a uma taxa média de espalhamento de $14,5 \text{ m.ano}^{-1}$.

Foram contadas em todas as parcelas, 648 plantas em 2015 e 853 em 2016. As quantidades de plantas por parcelas que apresentam classes de indivíduos podem ser vistas na Figura 7.

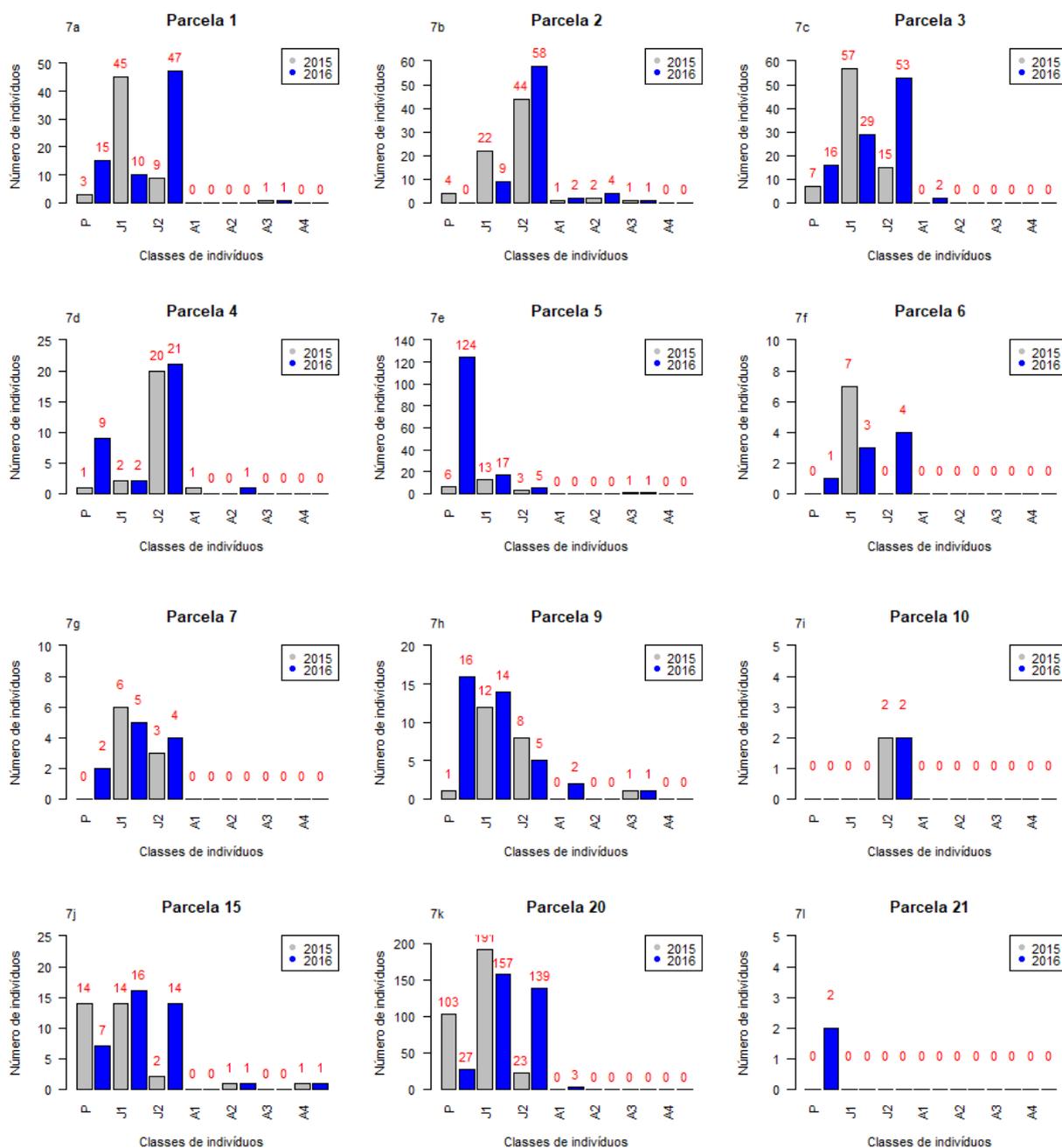


Figura 7 - Representação gráfica das parcelas que apresentam classes de indivíduos e dos números de indivíduos por classe, 2015 e 2016.

Para 2015, a densidade média de plantas foi de 58,9 indivíduos.parcela⁻¹. Em valores absolutos, a parcela 10 apresentou o menor número de indivíduos (2) e a parcela 20 ostentou o maior número de plantas (317). Foram contadas 10 árvores adultas produzindo frutos, 6.928 no total. Desse total de frutos, 5.976 foram produzidos por árvores que estão em ambiente alterado e 952 foram produzidos em ambiente preservado. Considerando os valores absolutos, a parcela 5 apresentou o menor número de frutos (360) e a parcela 2 teve o maior número de frutos (1624).

Para 2016, a densidade média de plantas foi de 71 indivíduos.parcela⁻¹. Em valores absolutos, as parcelas 10 e 21 apresentaram o menor número de indivíduos (2) e a parcela 20 continuou ostentando o maior número de plantas (326). Foram contadas 20 árvores adultas produzindo frutos, 12.848 no total. Desse total, 10.833 foram produzidos por árvores que estão em ambiente alterado e 2.015 foram produzidos em ambiente preservado. Contabilizando os valores absolutos, a parcela 20 apresentou o menor número de frutos (30) e a parcela 2 ostentou o maior número (6.244).

A Figura 8 apresenta os valores referentes aos frutos produzidos por ambiente em 2015 e 2016.

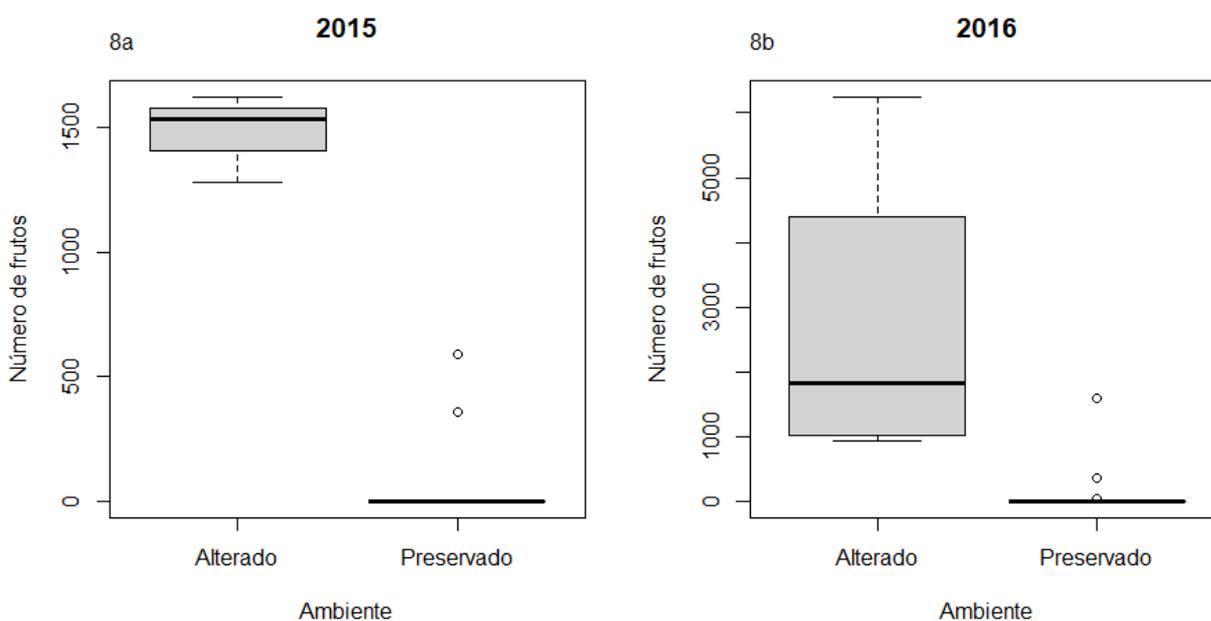


Figura 8 - Produção de frutos por ambiente: anos 2015 e 2016.

Fonte: Elaborada pela autora.

A produção de frutos por ambiente apresenta um predomínio do ambiente alterado. Além disso, houve um crescimento significativo do número de frutos entre os dois censos.

A Figura 9 apresenta os valores referentes aos frutos produzidos considerando a luminosidade, para 2015 e 2016.

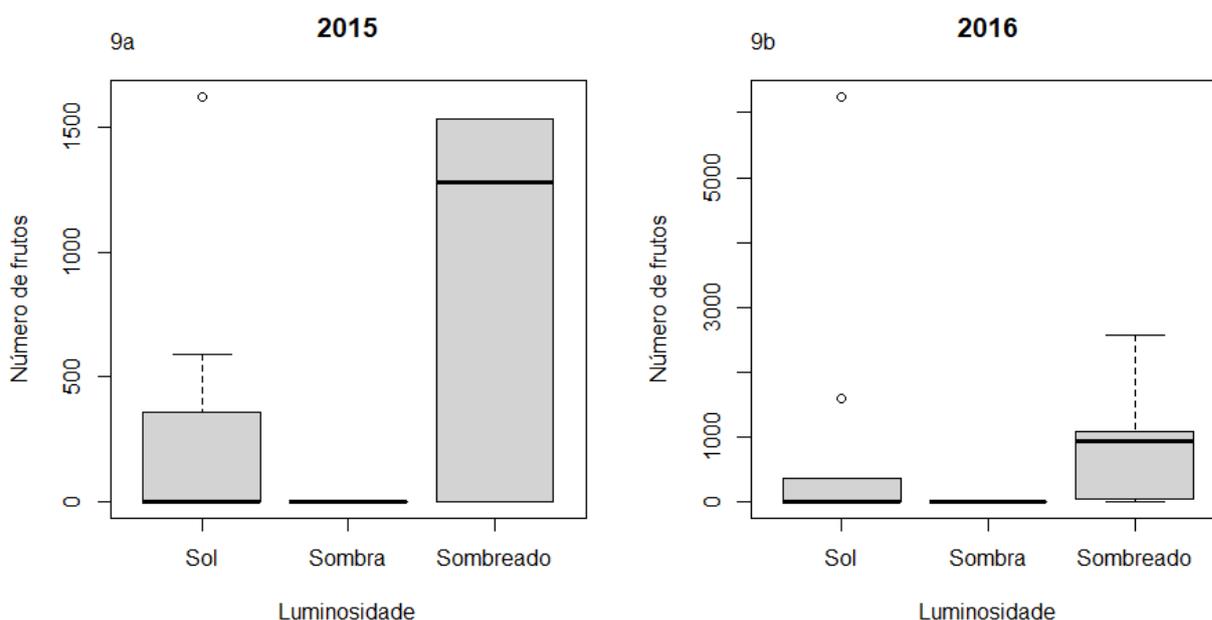


Figura 9 - Produção de frutos por luminosidade, 2015 e 2016.
Fonte: Elaborada pela autora.

A produção de frutos, considerando a luminosidade, apresenta situações semelhantes para os dois censos com uma maior produção de frutos nas parcelas que se encontram em ambiente sombreado. Em 2016, ocorre uma maior produção de frutos em duas parcelas com sol (2.560 e 5.974), provocando um crescimento significativo do número de frutos.

Quanto às árvores, o número de árvores adultas e maduras sugere que a população estudada é autossuficiente. É possível que essa população seja atualmente maior do que a quantidade de indivíduos plantados na cerca viva. Seguindo o quadro unificado para invasões biológicas proposto por Blackburn et al. (2011), pode-se inserir a população na categoria D1: “população autossustentável na natureza, com indivíduos que sobrevivem a uma distância significativa do ponto de introdução original”¹⁸ (tradução nossa). Entretanto, como existem indivíduos adultos se reproduzindo, a população já apresenta uma transição para a categoria D2: “população autossustentável na natureza, com indivíduos que sobrevivem e se

¹⁸ “Self-sustaining population in the wild, with individuals surviving a significant distance from the original point of introduction” (Blackburn et al., 2011).

reproduzem a uma distância significativa do ponto de introdução original”¹⁹ (tradução nossa).

A população de *Leucaena leucocephala* na área de estudo no PNB demonstra estar em estágio inicial de invasão. Considerando o plantio da cerca viva em 2004, essa população está em concordância com a proposição de Richardson et al. (2000), que definem espécies invasoras como espécies que produzem descendentes em estágio reprodutivo em áreas distantes do local de introdução (> 100 m acima de < 50 anos).

4.3 Avaliação da semelhança entre parcelas independente do ambiente

O *cluster* ou dendrograma é a representação gráfica da matriz de distância ou matriz de semelhança. O *cluster* representa uma média entre as distâncias da matriz. Ele pode ser considerado uma representação da matriz quando o valor da correlação entre a matriz cofenética e a matriz de distância é igual ou maior que 0,7. Na matriz referente a 2015, o valor da correlação é 0,73. Na matriz de 2016, o valor é 0,83.

A Figura 10 apresenta o dendrograma e as parcelas agrupadas por semelhança para 2015. A Figura 10a representa o dendrograma da matriz de distância para 2015. A Figura 10b apresenta as parcelas agrupadas de acordo com os grupos formados pelo *cluster*. Foi feita a opção por quatro agrupamentos, de acordo com o que foi considerado como o mais representativo dos dados.

¹⁹ “Self-sustaining population in the wild, with individuals surviving and reproducing a significant distance from the original point of introduction” (Blackburn et al., 2011).

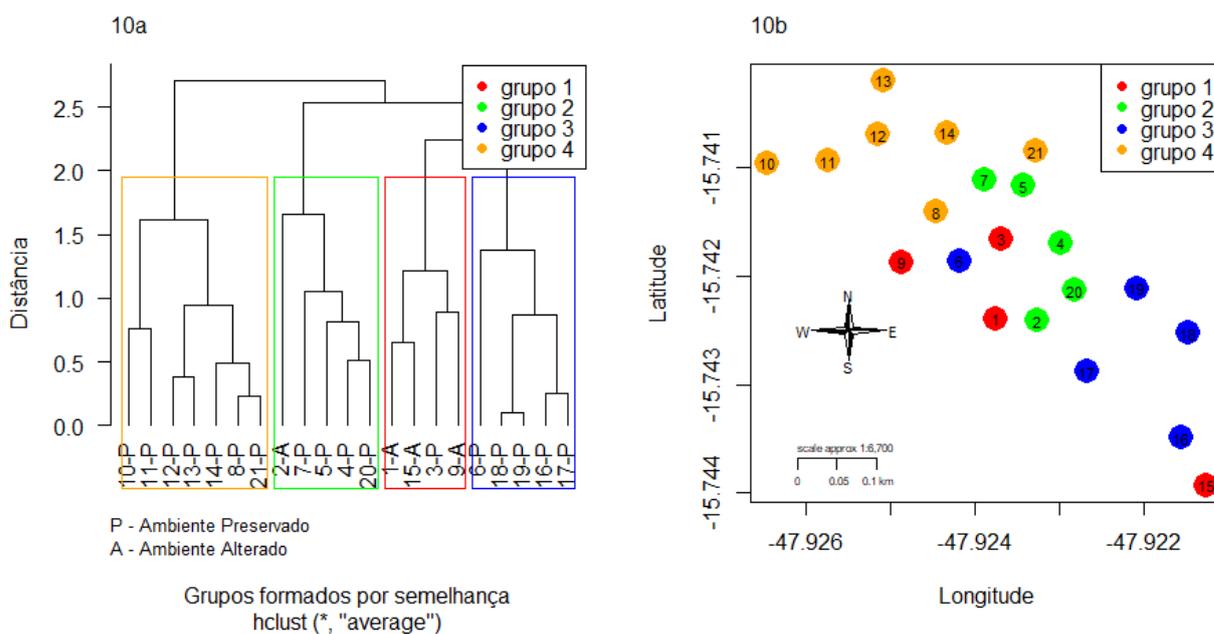


Figura 10 – Dendrograma (10a) e mapa (10b) com a representação da similaridade entre as parcelas da área de estudo, 2015. Valor da correlação cofenética: 0,7301315. Fonte: elaborado pela autora.

Analisando as figuras e comparando com os dados constantes na Tabela 2, vemos os fatores que fazem a diferenciação entre as parcelas e os que as fazem similares.

O grupo 1 é formado pelas parcelas 1, 15, 3 e 9. Há dois subgrupos nesse grupo: um formado pelas parcelas 1 e 15 e outro composto pelas parcelas 3 e 9. As parcelas 1 e 15 estão distantes entre si, mas estão próximas da área de introdução, em ambiente sombreado e alterado. Das sete classes de indivíduos possíveis, essas duas parcelas apresentam quatro e cinco classes, respectivamente.

A área 9 está em ambiente sombreado e alterado, tem quatro classes de indivíduos e está localizada longe do local de introdução da espécie. Entretanto, cabe uma ressalva: apesar de a parcela estar distante do local de introdução, ela está muito próxima da divisa do parque com o Viveiro II da Novacap. Apesar de não haver cultivo da espécie no viveiro, vários indivíduos foram encontrados na área. Segundo a direção do viveiro (informação verbal),²⁰ os indivíduos encontrados descendem do

²⁰ Informação verbal obtida em conversa com o diretor do Viveiro II da NOVACAP, por ocasião de visita à área, em 22 de janeiro de 2016.

foco primário de dispersão localizado na empresa que fez o plantio. Sendo assim, esses indivíduos podem ser resultado da dispersão a partir do viveiro. A parcela 3 está distante do ponto de introdução, em ambiente sombreado, preservado e apresenta três classes de indivíduos.

O grupo 1 apresenta parcelas que foram reunidas considerando as três variáveis utilizadas no modelo. As quatro áreas estão em ambiente sombreado e têm números de classes de indivíduos aproximadamente iguais. A distância do ponto de introdução foi a variável considerada para a formação dos subgrupos. O grupo apresenta parcelas alteradas e uma preservada, demonstrando que existem semelhanças entre as parcelas independentemente do tipo de ambiente.

O grupo 2 é formado pelas parcelas 2, 7, 5, 4 e 20. A variável luminosidade foi a variável considerada para a constituição desse agrupamento. As cinco parcelas estão localizadas em ambiente ensolarado e preservado, com exceção da parcela 2, localizada em uma área alterada. Um primeiro subgrupo é formado pelas parcelas 4 e 20. As duas estão posicionadas em distâncias aproximadamente iguais em relação ao ponto de introdução. Têm o número de classes de indivíduos de quatro e três, respectivamente. As parcelas 5 e 7 se juntam ao grupo e apresentam distância ao ponto de introdução maiores do que as parcelas 4 e 20. A parcela 2, última do grupo, tem como fator comum com as demais apenas o ambiente ensolarado. Ela está próxima do local de introdução e tem seis classes de indivíduos. Assim como o grupo 1, esse grupo apresenta parcelas tanto de ambiente preservado quanto alterado, confirmando a semelhança entre as parcelas independente do tipo de ambiente.

O grupo 3 é formado pelas parcelas 6, 18, 19, 16 e 17, todas localizadas em ambiente preservado. São parcelas com distâncias diferentes do local de introdução da espécie. As parcelas 16 e 17 estão em ambiente de sombra, perto do local de introdução e não têm qualquer classe de indivíduos. O subgrupo constituído pelas áreas 18 e 19 também está em ambiente de sombra, mas elas estão mais distantes do ponto de introdução. A área 6 é a que apresenta as maiores diferenças dentro do grupo: está em um local sombreado, tem apenas uma classe de indivíduos e está longe do local de introdução.

O grupo 4 é formado pelas parcelas 10, 11, 12, 13, 14, 8 e 21. Estão muito distantes do local de introdução da espécie, em ambientes preservados. As parcelas

8, 21 e 14 constituem um subgrupo localizado em ambiente de sol e sem qualquer indivíduo da espécie. Outra subdivisão é formada pelas áreas 12 e 13. Estão bem distantes do local de introdução, não têm qualquer classe de indivíduos e estão em ambiente de sol. As parcelas 10 e 11 também estão bem distantes do ponto de introdução e na sombra. A parcela 11 não tem qualquer classe de indivíduos e a área 10 tem apenas uma classe. Para a área 10 vale a ressalva feita para a parcela 9, uma vez que ela está próxima da divisa com o Viveiro II da Novacap.

A Figura 11 apresenta o dendrograma e as parcelas agrupadas por semelhança para 2016. A Figura 11a representa o dendrograma da matriz de distância de 2016. A Figura 11b apresenta as parcelas agrupadas de acordo com os grupos por semelhança formados pelo *cluster*. A única variável modificada foi o número de classes de indivíduos, que agora é referente a 2016. Foi feita a opção por quatro agrupamentos, de acordo com o que foi considerado como o mais representativo dos dados.

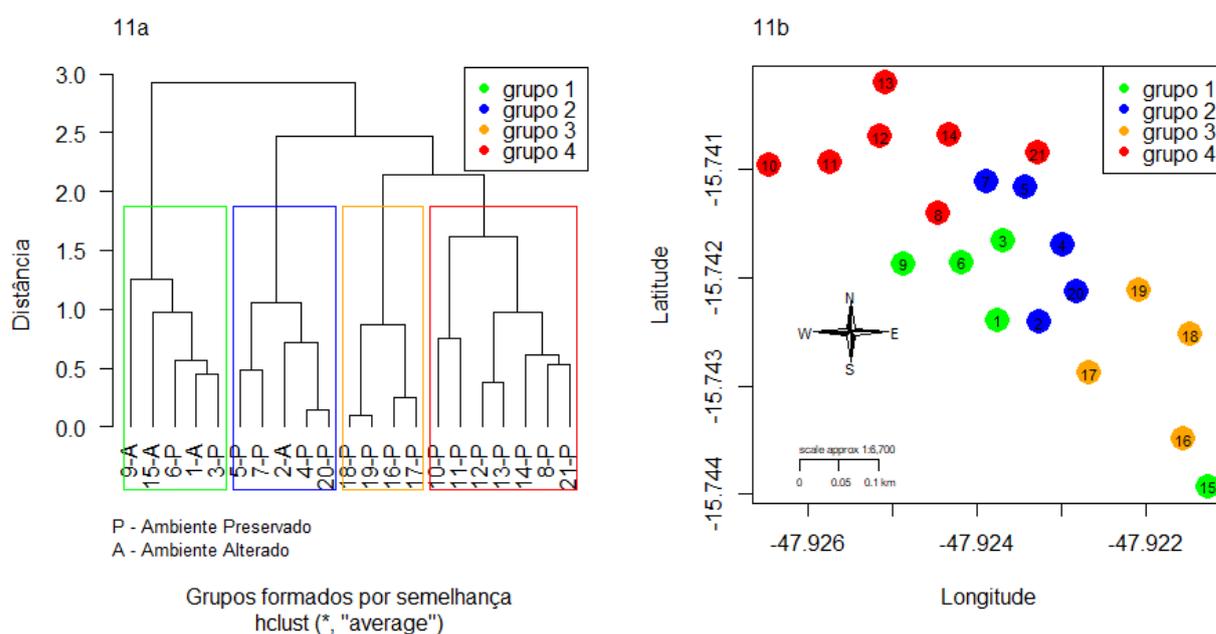


Figura 11 – Dendrograma (11a) e mapa (11b), com a representação da similaridade entre as parcelas da área de estudo, 2016. Valor da correlação cofenética: 0,8250408
Fonte: elaborado pela autora.

A análise das figuras 11a e 11b e a comparação com os dados da Tabela 2 permite constatar a formação de quatro grupos e os fatores que participam na determinação da semelhança entre as parcelas.

O grupo 1 é formado pelas parcelas 9, 15, 6, 1 e 3. A semelhança entre elas continua relacionada à luminosidade, já que todas estão em áreas sombreadas. O

grupo apresenta conformação muito parecida com a de 2015. A diferença está na entrada da parcela 6 para o grupo. A variação no número de classes entre os anos foi determinante para a organização dos subgrupos e para a parcela 6, que passou de uma para três classes, ocasionando a sua mudança de grupo.

O grupo 2 apresenta a mesma constituição de 2015. A variação no número de classes de indivíduos sugeriu a formação de diferentes subdivisões dentro do grupo, quando comparadas a 2015.

A conformação dos grupos 1 e 2 apresenta parcelas localizadas em ambiente preservado e alterado, validando a hipótese de que existe semelhança entre as parcelas independentemente do tipo de ambiente.

O grupo 3 é constituído pelas parcelas 18, 19, 16 e 17. A diferença dessa constituição para a formação de 2015 está na parcela 6, que saiu do grupo 3 e foi para o grupo 1. Essa mudança se deve ao fato de a parcela 6 ter 3 classes de indivíduos em 2016, quando tinha apenas uma em 2015.

O grupo 4 é formado pelas parcelas 10, 11, 12, 13, 14, 8 e 21. É a mesma conformação de 2015.

Na formação dos grupos de semelhança para 2015, as três variáveis foram utilizadas, mas com pesos diferentes. A variação no número de classes de indivíduos foi pequena de um ano para o outro e não foi um fator determinante para a formação dos grupos em 2016. Essa variação está representada na Figura 12.

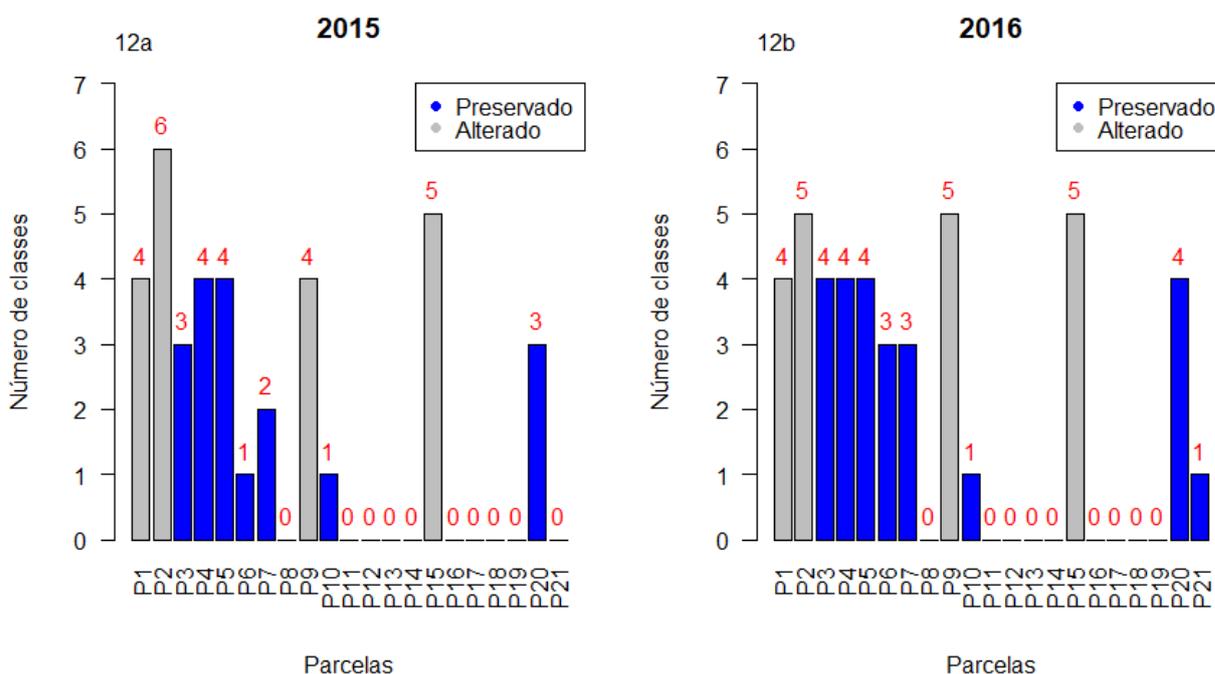


Figura 12 – Variação no número de classes de indivíduos por parcela, 2015 e 2016.
Fonte: Elaborada pela autora.

Para confirmar a semelhança entre parcelas marcadas em ambientes diferentes foi feita uma segunda análise de agrupamentos, desta vez usando a análise dos componentes principais (PCA). As Figuras 13 e 14 apresentam os agrupamentos das parcelas em relação ao tipo de ambiente para 2015 e 2016.

A diferença entre os agrupamentos feitos pelo dendrograma e os feitos pela PCA está no seguinte: no dendrograma a análise da formação dos grupos só é possível com o uso da tabela de dados, mas na PCA é possível visualizar os grupos em relação às variáveis e aos componentes principais.

Os componentes principais 1 e 2 validam 84% do modelo. O componente principal 1 apresenta os maiores valores de distância e os menores valores de luz e de classes de indivíduos. O componente principal 2 apresenta os maiores valores de classes de indivíduos e os menores valores de luz e de distância.

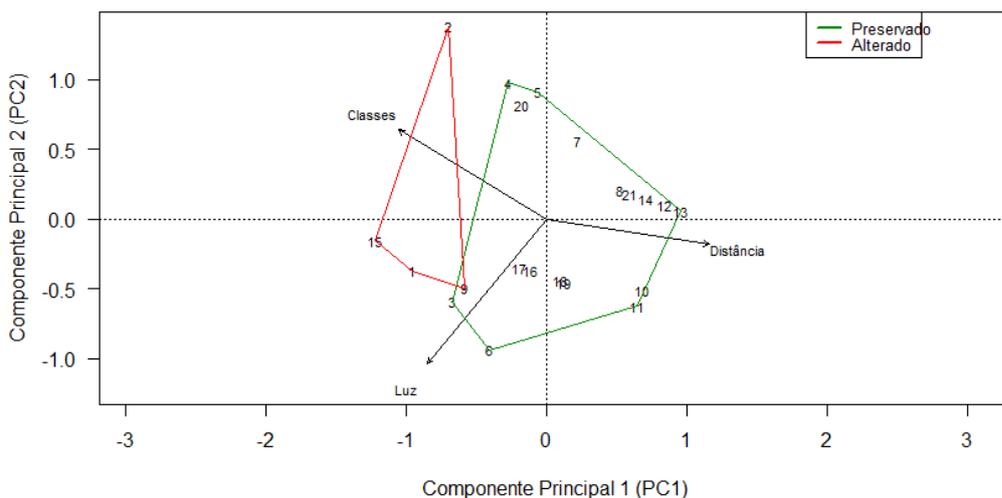


Figura 13 – Agrupamento por semelhança das parcelas por ambiente a partir de uma PCA, 2015.

Fonte: elaborada pela autora.

Os grupos formados podem ser visualizados pela proximidade das parcelas e apresentam a mesma conformação do dendrograma. Os grupos formados por parcelas de ambientes diferentes estão localizados de acordo com as variáveis determinantes. Um é o grupo formado pelas parcelas 1, 15, 3 e 9 que estão em áreas sombreadas. As parcelas 1, 15 e 9 estão em ambiente alterado e a parcela 3 está localizada em ambiente preservado. O outro grupo é formado pelas parcelas 20, 4, 5, 7 e 2. As parcelas desse grupo estão localizadas em áreas com sol. As parcelas 20, 4, 5 e 7 estão em ambiente preservado e a parcela 2 está posicionada em ambiente alterado.

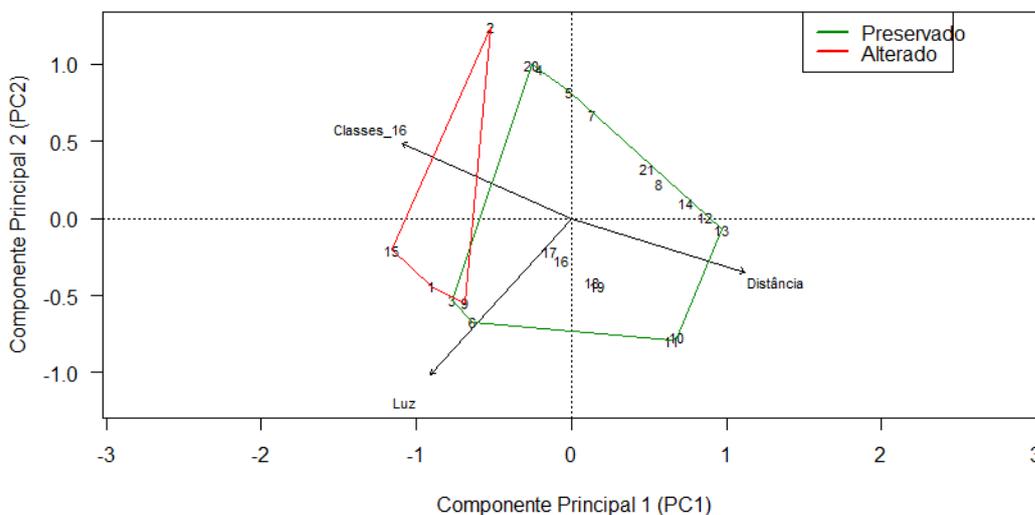


Figura 14 - Agrupamento por semelhança das parcelas por ambiente a partir de uma PCA, 2016.

Fonte: elaborada pela autora.

Na Figura 14 observa-se que os grupos formados na análise de componentes principais são os mesmos visualizados no dendrograma. Os grupos formados a partir da PCA apresentam a mesma conformação dos grupos formados pelo dendrograma, o que valida a hipótese de semelhança entre as parcelas.

5 DISCUSSÃO

A associação das características ambientais ao processo de invasão tem sido relatada em estudos anteriores (Gassó et al. 2009; Ebrahimi; Eslami, 2011; Jauni; Hyvönen, 2012). Numerosas pesquisas se dedicam a relacionar as características de invasores bem sucedidos aos diferentes ambientes e habitats (Rejmanek, 1996; Rejmanek et al., 2005; Funk; Vitousek, 2007; Pyšek; Richardson, 2007).

Os resultados do presente estudo dão apoio ao entendimento de que existe um conjunto de fatores responsáveis pelo sucesso de plantas exóticas em diferentes ambientes e de que as características das espécies exóticas dependem do ambiente (Pyšek et al., 1995; Thompson et al., 1995; Richardson; Pyšek, 2006; Jauni; Hyvönen, 2012). Na área de estudo o desenvolvimento da população de leucena se associa à localização da parcela, à disponibilidade de luz e ao tipo de ambiente. Os resultados divergem dos de outras pesquisas que consideram a leucena como ruderal e não como invasora (Walton, 2003; Costa; Durigan, 2010).

Os resultados mostraram também que as composições dos fragmentos na área de estudo apresentaram semelhanças entre parcelas de ambiente alterado e de ambiente preservado. Foi observada semelhança quanto ao número de classes de indivíduos e quanto à disponibilidade de luz.

A análise de semelhança foi realizada usando a análise de componentes principais e a técnica de *cluster*. Ela apresentou bons resultados, confirmando a hipótese de semelhança entre as parcelas, em relação ao número de classes de indivíduos, independente da distância em relação ao ponto de introdução e ao tipo de ambiente. A mesma análise foi usada por Jauni; Hyvönen (2012) com sucesso – eles compararam as semelhanças e diferenças no desenvolvimento de neófitos de plantas exóticas e nativas em relação às características ambientais.

Com relação a distância percorrida por *Leucaena leucocephala*, fica claro que a população da espécie está em estágio inicial de invasão. Avaliando a dispersão de

leucena na área de estudo, percebe-se que a espécie está proliferando sem intervenção humana, tanto em ambiente alterado como em ambiente preservado, atendendo a um dos critérios de invasão (Richardson et al., 2000). Além disso, está ocupando novas áreas, para além do local de introdução, e está se espalhando sobre ambiente natural. Entretanto outro critério de determinação de invasão não foi avaliado: se esse espalhamento está provocando a redução de abundância e o deslocamento de espécies nativas (Richardson et al., 2000).

A luminosidade se mostrou importante para o estabelecimento da leucena, tanto nas parcelas alteradas quanto nas preservadas. Essa importância já tinha sido relatada por Colon e Lugo (2006). A baixa luminosidade pode ser a explicação para a inexistência de novos indivíduos de leucena nas parcelas com sombra.

Apesar da caracterização da população como invasora, os indivíduos da área de estudo apresentam características fisiológicas diferentes das de outras populações relatadas. O período de crescimento não se mostrou rápido (Blossey; Nötzold, 1995), com muitos indivíduos nas classes iniciais permanecendo no mesmo estágio no intervalo de um ano entre os censos. Esse atraso no crescimento pode ser resultado da dificuldade de desenvolvimento em solos com altos teores de alumínio (Drumond; Ribask, 2010). O período reprodutivo se mostrou mais longo que os relatados (Costa; Durigan, 2010), com poucos indivíduos juvenis migrando para classe adulta.

Após pouco mais de uma década depois do plantio da cerca viva, a população de leucena está estabelecida na área de estudo no interior do parque. A densidade média da espécie na comunidade e o crescimento do número de indivíduos adultos sugerem que a população pode se fortalecer em longo prazo. Esse comportamento difere da conclusão de Siqueira (2006) ao afirmar que leucena não se comporta como invasora, apesar de figurar comumente em listas de espécies invasoras.

6 CONCLUSÃO

Esse é um estudo pioneiro, por abordar o processo de invasão de *Leucaena leucocephala* em ambiente natural e no interior de uma unidade de conservação de proteção integral. Ele aponta que a utilização de leucena como cerca viva não é recomendável quando a intenção do plantio for a separação de ambientes naturais e

ambientes alterados. No caso do PNB, a tentativa de erradicação da espécie não conseguiu evitar o espalhamento da mesma no interior do parque.

Os resultados obtidos demonstraram que o tempo de permanência da população no parque foi suficiente para que ela se desenvolvesse e que alcançasse um estágio inicial de invasão. Apesar de a espécie ter conseguido percorrer distâncias significativas, a distância não se mostrou um fator determinante para o número de classes de indivíduos, uma vez que foram identificadas parcelas com números altos de classes em diferentes distâncias a partir do ponto de introdução.

O tipo de ambiente e a luminosidade se mostraram mais limitantes do que a distância, uma vez que o número de indivíduos e a produção de frutos são maiores nas áreas alteradas. Portanto, é a interação entre a espécie e o ambiente que determinou o sucesso da invasão.

Como sugestão de pesquisas futuras, aponta-se a continuidade de estudos sobre a dinâmica da população, de modo a encontrar uma maneira eficaz de erradicar ou controlar a população que está se comportando como invasora.

7 REFERÊNCIAS

- BLACKBURN, T. M.; PYŠEK, P.; BACHER, S.; CARLTON, J. T., DUNCAN, R. P.; JAROŠÍK, V.; WILSON, J. R. U.; RICHARDSON, D. M. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*. v. 26, p. 333–339, 2011.
- BLOSSEY, B.; NÖTZOLD, R. Evolution and increased competitive ability in invasive nonindigenous plants: a hypothesis. *Journal of Ecology*. v. 83, p. 887-889, 1995.
- BRAGA, E. P.; ZENNI, R. D.; HAY, J. D. A new invasive species in South America: *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltld. *BioInvasions Records*. v. 3, n. 3, p. 207-211, 2014.
- BRANDT, R.; BARROS, F. *Regressão Linear e Ancova*. Disponível em: <http://renatabrandt.github.io/EBC2015/RegressaoLinear.html>. Acesso em 15/08/2017.
- CATIE – Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza. *Leucaena, Leucaena leucocephala* (Lam. de Wit.): espécie de árbol de use múltiple em América Central. *Informe Técnico*, n. 166, 1991. 60 p.
- CHONG, G. W.; OTSUKI, Y.; STOHLGREN, T. J.; GUENTHER, D.; EVANGELISTA, P.; VILLA, C.; WATERS, A. Evaluating plant invasions from both habitat and species perspectives. *Western North American Naturalist*. V. 66, n.1, artigo 8, p. 92-105, 2006.
- COLON, S. M; LUGO, A. E. Recovery of a subtropical dry forest after abandonment of diferente land uses. *Biotropica*. v. 38, n. 3, p. 354-364, 2006.

COSTA, J. N. M. N.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): INVASORA OU RUDERAL? *Revista Árvore*. v. 34, n. 5, p. 825-833, 2010.

DAVIS, J.; GRIME P.; THOMPSON K. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. *Journal of Ecology*. v. 88, p. 528-534, 2000.

DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. *Leucaena leucocephala*: leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. *Comunicado Técnico*, 262: Embrapa Florestas, Colombo, PR; 142: Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, 2010. 8p.

EBRAHIMI, E.; ESLAMI, S. V. Effect of environmental factors on seed germination and seedling emergence of invasive *Ceratocarpus arenarius*. *Weed Research*. v. 52, p. 50-59, 2011.

Faculdade de Ciências Agrárias – Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP). *Análise de Agrupamentos* (Cluster Analysis). Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/CienciadoSolo/gepag/3.agrupamentos.pdf>. Acesso em 01/08/2017.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. *Leucaena leucocephala* – uma leguminosa com múltiplas utilidades para os trópicos. *Comunicado Técnico*. EMBRAPA, 1986. p. 1-7.

FERREIRA, D.F. *Estatística multivariada*. Lavras: Editora UFLA, 2008. p. 389- 391.

FUNATURA/IBAMA (Fundação Pró-Natureza/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). *Plano de Manejo do Parque Nacional de Brasília*. IBAMA. v. 1, s/n p.

FUNK, J., VITOUSEK, P. M. Resource-use efficiency and plant invasion in low-resource systems. *Nature*. v. 446, p. 1079-1081, 2007.

GASSÓ, N.; SOL, D.; PINO, J.; DANA, E. D.; LLORET, F.; SANS-ELORZA, M.; SOBRINO, E.; VILÀ, M. Exploring species attributes and site characteristics to assess plant invasions in Spain. *Diversity and Distributions*. v. 15, p. 50-58, 2009.

GONÇALVES, E.G.; LORENZI, H. *Morfologia Vegetal – Organografia e Dicionário Ilustrado de Morfologia das Plantas Vasculares*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007. 416 p.

HOROWITZ, C.; MARTINS, C. R.; MACHADO, T. *Espécies exóticas arbóreas, arbustivas e herbáceas que ocorrem nas zonas de uso especial e de uso intensivo do Parque Nacional de Brasília: diagnósticos e manejo*. MMA, Brasília, 2007.

HOROWITZ, C.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, V.; PACHECO, G.; SOBRINHO, R. I. Manejo da Flora Exótica Invasora no Parque Nacional de Brasília: Contexto Histórico e Atual. *Biodiversidade Brasileira*. v. 3, n. 2, p. 2017-236, 2013.

JAUNI, M.; HYVÖNEN, T. Interactions between alien plants species traits and habitat characteristics in agricultural landscapes in Finland. *Biological Invasions*. v. 14, p. 47-63, 2012.

LIMA, P. C. F. Leucena. In: KIILL, L. H. P; MENEZES, E. A. (Orgs.). *Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 157-205, 2005.

LODGE, D. M. Biological invasions: lessons for ecology. *Trends in Ecology and Evolution*. v. 8, p. 133-137, 1993.

LONSDALE, W.M. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology*. v. 80, p. 1522-1536, 1999.

OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT. *Harmful Non-Indigenous Species in the United States*. OTA-F-565, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September, 1993.

PRATI, R. Análise de Componentes Principais (PCA). Disponível em: <http://professor.ufabc.edu.br/~ronaldo.prati/DataMining/PCA.pdf>. Acesso em: 15/08/2017.

PYŠEK, P.; PRACH, K.; ŠMILAUER, P. Relating invasion success to plant traits: na analysis of the Czech alien flora. In: PYŠEK, P.; PRACH, K.; REJMANEK, M; WADE, M. (eds). *Plant invasions: general aspectis and special problems*. SPB Academic Publishing. Amsterdam, p. 39-60, 1995.

PYŠEK, P.; RICHARDSON, D. M. Traits associated with invasiveness in alien plants: where do we stand? In: NENTWIG, W. (ed). *Biological invasions, ecological studies*. Berlin, v. 193, p. 97-126, 2007.

REJMÁNEK, M; A theory of seed plant invasiveness: the first sketch. *Biological Conservation*. v. 78, p. 171-181, 1996.

REJMÁNEK, M; RICHARDSON, D. M.; PYŠEK, P. Plant invasions and invasibility of plant communities. In: van der MAAREL, E. (ed). *Vegetation ecology*. Blackwell Science Ltd. USA, p.332-355, 2005.

RICHARDSON, D. M.; PYŠEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M. G.; PANETTA, F. D.; WEST, C. J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*. v. 6, p. 93–107, 2000.

RICHARDSON, D. M.; PYŠEK, P. Plant invasion: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography*. v. 30, p. 409-431, 2006.

SIMBERLOFF, D. *Invasive species – what everyone needs to know*. Oxford University Press, New York, pp. 329, 2013.

SIQUEIRA, J. C. S. Bioinvasão vegetal: dispersão e propagação de espécies nativas e invasoras exóticas no campus da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUCRio). *Pesquisas, Botânica*. v. 57, p. 319-330, 2006.

THOMPSON, K.; HODGSON, J.G.; RICH, T. C. G. Native and alien invasive plants: more of the same? *Ecography*. v. 18, p. 390-402, 1995.

VITOUSEK, P. M.; D'ANTONIO, L. L.; LOOPE, M.; REJMÁNEK, M.; WESTBROOKS, R. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*. v. 21, p. 1-16, 1997.

WALTON, C. S. *Leucaena (Leucaena leucocephala) in Queensland – Pest Status Review*. Series – Land Protection. Brisbane: Department of Natural Resources and Minas, 2003. 55 p.

ZÁRATE, S. Revisión del genero *Leucaena* in Mexico. *Anales del Instituto de Biología*, serie Botanica, Mexico City, v. 65, p. 83-162, 1994.

ZENNI, R.D.; ZILLER, S.R. An overview of invasive plants in Brazil. *Brazilian Journal of Botany*. n. 34, p. 431-446, 2011.

Capítulo 3: Dinâmica populacional da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e alterada no Parque Nacional de Brasília

RESUMO

O objetivo deste estudo é comparar a taxa de crescimento populacional da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e alterada no Parque Nacional de Brasília, para (i) identificar os estágios de vida e as taxas vitais mais importantes para a dinâmica populacional, (ii) verificar a variação da estrutura de tamanho entre as populações; (iii) e avaliar a perturbação provocada pelo fogo na área de estudo. A análise matricial indicou que as duas populações estão crescendo: área preservada, $\lambda = 1,74$; área alterada, $\lambda = 1,09$. Foi constatado que o número de estágios de indivíduos não é o mesmo, pois na área preservada não foram encontrados todos os estágios de vida. Os estágios de vida mais importantes nas duas populações são os adultos (A3 na área preservada e A5 na alterada). As taxas vitais mais importantes foram a sobrevivência e o crescimento nas duas populações. Foi constatado que o fogo produziu efeito significativo na dinâmica populacional na área da Estrutural.

Palavras-chave: dinâmica populacional, matriz populacional, *Leucaena leucocephala*.

1 INTRODUÇÃO

As invasões biológicas são apontadas como uma das principais mudanças ambientais globais nos tempos atuais. As atividades humanas são indicadas como facilitadoras da dispersão de espécies invasoras (Chong et al., 2006). Essas espécies têm algumas características que facilitam o seu rápido estabelecimento, principalmente em áreas perturbadas: ampla capacidade de dispersão por reprodução vegetativa e de sementes, alta germinabilidade, formação de banco de sementes (Daehler, 2003; Hoffmann; Haridasan, 2008), ciclo reprodutivo rápido (Blossey; Nötzold, 1995; Costa, J.; Durigan, 2010), alta taxa de crescimento, eficiência fotossintética e de utilização de nutrientes (Hoffmann; Haridasan, 2008), e alta capacidade de rebrota (Costa, J.; Durigan, 2010; Daehler, 2003; Hoffmann; Haridasan, 2008). Após o estabelecimento, muitas dessas espécies só param de proliferar se sofrerem ações de manejo e de controle.

Uma estratégia utilizada em diferentes áreas no estudo de populações de plantas é a análise da dinâmica populacional. O estudo da dinâmica populacional tem sido usado em projetos de restauração de áreas perturbadas. Motta (2017) estudou a dinâmica populacional e fez análises matriciais de uma gramínea invasora (*Urochloa decumbens*) e de um arbusto nativo (*Lepidaploa aurea*) em áreas experimentais de

restauração de cerrado. O estudo de dinâmica populacional com *L. aurea*, considerou uma cronossequência com três idades de estabelecimento, desde a semeadura e até duas condições de dominância. Os resultados mostraram que somente a população do segundo ano em condição de dominância apresentou valores de λ maiores que 1, indicando um crescimento populacional. As demais áreas apresentaram declínio populacional. Para a autora, esse resultado indica que *L. aurea* pode ser uma espécie utilizada em projetos de restauração no Cerrado. Ela argumenta que, devido às características da espécie, provavelmente as suas populações se reduzirão no futuro, não sendo mais tão dominantes do que quando analisadas nos primeiros anos após a semeadura.

No caso de populações de plantas invasoras, o estudo da dinâmica populacional é um método que pode contribuir para definir ações de manejo e controle delas (Parker, 2000; DeWalt, 2006; Crone et al., 2011). Recorrendo a esses estudos, é possível comparar as populações de espécies invasoras em situações distintas, para entender quais são os fatores que motivam a ocorrência e dão vantagem a estas populações nas áreas invadidas (Wallace; Prather, 2013).

Focalizando a dinâmica populacional, Parker (2000) comparou diferentes populações do arbusto invasor *Cytisus scoparius*, na costa oeste dos Estados Unidos. Ele analisou populações em diferentes locais e em diferentes estágios de invasão (inicial, médio e avançado). Constatou que as populações nos estágios avançados apresentaram tendência de crescimento populacional ($\lambda > 1$) e que as populações nos estágios médios e iniciais tenderam ao declínio populacional ($\lambda < 1$), o que pode indicar que as populações estão no início do processo de invasão.

Os ambientes perturbados são particularmente suscetíveis ao processo de invasão (Simberloff, 2013) e podem modificar a demografia das populações de espécies invasoras (Crone et al. 2011). Em um estudo sobre como o fogo pode alterar os padrões demográficos de uma gramínea invasora (*Microstegium vimineum*) nos Estados Unidos, Emery et al. (2013) constataram que o fogo pode reduzir a taxa de crescimento populacional (λ) e até reduzir a produção de sementes. Isso é um fator que limita a persistência das populações desta espécie, de acordo com a época do ano em que ocorre. Para Davis et al. (2000), todos os tipos de perturbação liberam recursos, como nutrientes do solo ou luminosidade, permitindo que as espécies

introduzidas ganhem força. Assim, o presente estudo pretende, além de comparar a dinâmica populacional nas áreas de estudo, avaliar o efeito da perturbação causada pelo fogo em uma das áreas.

O estudo foi realizado em duas áreas localizadas no Parque Nacional de Brasília (PNB), uma unidade de conservação de proteção integral. Uma é formada por uma área de Cerrado *stricto sensu* preservado e que tem sofrido pressão por parte da leucena. A presença de leucena na área foi relatada por Horowitz et al. (2007) e foi considerada como um problema devido ao avanço da espécie pela vegetação nativa. Na outra área, a cobertura vegetal original foi substituída por uma vegetação bastante alterada, com a presença de espécies exóticas de potencial invasor. A área foi queimada em agosto de 2016; não existe registro sobre origem do fogo.

Esse estudo pretende inovar ao analisar a dinâmica populacional da espécie *Leucaena leucocephala* em áreas distintas - uma de ambiente preservado e outra de ambiente alterado. Isso contribui para o entendimento do processo de invasão da espécie em diferentes ambientes, já que, segundo Walton (2003) e Costa; Durigan (2010), ainda não existem estudos que esclareçam o processo de invasão da espécie e não há comprovação científica de que a espécie se dissemina em ambientes naturais.

Diante do exposto, esse estudo se propõe a (i) comparar a taxa de crescimento populacional da espécie em áreas preservada e alterada (ii) verificar quais são os estágios de vida e as taxas vitais de maior importância para a dinâmica populacional nessas áreas. Esses objetivos surgiram a partir do questionamento: qual é a velocidade de invasão ou taxa de crescimento populacional da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e perturbada no interior do Parque Nacional de Brasília? Para responder a essa questão, foram formulados as hipóteses e os objetivos a seguir.

1.1 Hipóteses

1.1.2 Hipótese 1: A taxa de crescimento populacional é diferente entre as populações da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e perturbada no interior do Parque Nacional de Brasília.

1.1.2 Hipótese 2: Os estágios de vida e as taxas vitais de maior importância para a dinâmica populacional da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. variam entre as populações em áreas preservada e perturbada.

1.1.3 Hipótese 3: A dinâmica populacional da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em ambiente perturbado apresenta uma maior taxa de crescimento populacional do que em ambiente preservado no interior do Parque Nacional de Brasília.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Comparar a taxa de crescimento populacional da espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e perturbada no interior do Parque Nacional de Brasília, verificando quais são os estágios de vida e as taxas vitais de maior importância para a dinâmica populacional da espécie nessas áreas.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Descrever a dinâmica populacional de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em áreas preservada e perturbada no interior do Parque Nacional de Brasília.
2. Identificar quais são os estágios de vida mais importantes para a dinâmica populacional da espécie nas áreas preservada e perturbada.
3. Identificar quais são as taxas vitais mais importantes para a dinâmica populacional da espécie nas áreas preservada e perturbada.
4. Verificar como a estrutura de tamanho varia entre as populações de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. nas áreas preservada e perturbada.
5. Avaliar o efeito da perturbação provocada pelo fogo na dinâmica populacional de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no interior do Parque Nacional de Brasília.

2 O MODELO MATRICIAL

A dinâmica populacional tem sido estudada e analisada com o uso de modelos matriciais que permitem a projeção dos processos da dinâmica de uma população a partir das suas taxas vitais: sobrevivência, crescimento, retrogressão e fertilidade (Caswell, 2001). Na elaboração dos modelos matriciais, os indivíduos de uma população são classificados em diferentes estágios de vida, seguindo dois critérios: de acordo com a idade de indivíduo (matriz de Leslie) ou considerando as suas características morfológicas e de tamanho (matriz de Lefkovitch). O ciclo de vida de uma população organizada por idade ou por estágios é representado pelo gráfico de ciclo de vida (Caswell, 2001).

Um modelo matricial simples é dado por:

$$n(t+1) = An(t) \quad (1)$$

em que $n(t)$ e $n(t+1)$ são vetores que representam o número de indivíduos em cada estágio do ciclo de vida no tempo t e no tempo $t+1$. A é uma matriz quadrada de projeção, com estágios estruturados em linhas e colunas, descrevendo as probabilidades de transição entre os estágios de indivíduos e entre os períodos de tempo. O elemento aij da matriz A representa as transições entre estágios: do estágio j para o estágio i (Caswell, 2001). O elemento n é um vetor-coluna cujos componentes $n(t)$, representam o número de indivíduos dentro de cada estágio em t . O vetor coluna $n(t+1)$ corresponde à distribuição da população no intervalo de tempo $t+1$ (Fisch, 1988).

A matriz apresenta os valores da fecundidade (F) dos estágios específicos na sua linha superior; na diagonal principal estão as probabilidades (P) dos indivíduos permanecerem no mesmo estágio; na subdiagonal inferior estão representadas as probabilidades de os indivíduos sobreviverem e crescerem, mudando para outro estágio; e na subdiagonal superior estão as probabilidades de os indivíduos sobreviverem e retrogredirem para o estágio anterior (R) (Fisch, 1988).

A análise da projeção da matriz populacional proporciona medidas do comportamento e da estrutura da população; elas permitem a comparação entre populações de uma mesma espécie e de espécies diferentes (Caswell, 2001). A matriz de transição permite calcular o autovalor dominante da matriz que pode ser

interpretado biologicamente como a taxa de crescimento da população (λ). O Quadro 1 apresenta a interpretação dos valores de λ quanto ao crescimento de uma população.

Quadro 1 – Valores de lambda (λ) e sua interpretação quanto ao crescimento da população.

Valor de λ	Interpretação
$\lambda > 1$	crescimento populacional
$\lambda < 1$	declínio populacional
$\lambda = 1$	tendência à estabilidade ambiental caso as condições ambientais permaneçam constantes.

Fonte: (Caswell 2001).

A aplicação do modelo matricial depende de sua sensibilidade quanto às alterações na estimativa dos parâmetros demográficos, das taxas de crescimento, da fecundidade e da sobrevivência da população. A análise dessa sensibilidade fornece uma visão da importância relativa de cada parâmetro em cada classe de tamanho ou estágio para λ . A análise de sensibilidade é o produto dos autovetores direito (distribuição estável de estágios, w) e esquerdo (valor reprodutivo, v) (Fisch, 1988).

Os autovetores direito e esquerdo da matriz (w e v) correspondem à distribuição estável de estágios (SSD) e aos valores reprodutivos de cada estágio de vida. A distribuição estável de estágios significa a proporção de indivíduos em cada estágio de vida quando a população se encontrar em uma dinâmica estável. Os valores reprodutivos indicam a contribuição potencial dos indivíduos nos diferentes estágios para o crescimento da população (Caswell 2001). A elasticidade mede a sensibilidade proporcional e quantifica o grau pelo qual o crescimento populacional é determinado pelas transições alternativas do ciclo vital (Fisch, 1988).

Os modelos matriciais assumem como premissas (i) as populações são fechadas, não existindo imigrações e emigrações; (ii) as taxas de natalidade e mortalidade são constantes; (iii) ausência de estrutura etária; (iv) as mudanças nas taxas vitais são independentes da densidade populacional; (v) o ambiente é constante (Caswell 2001).

Nesse trabalho, foram feitos estudos sobre a dinâmica populacional da espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em duas populações no interior do Parque Nacional de Brasília.

3 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit., identificada popularmente como leucena, é uma espécie nativa do México e da América Central cultivada em várias regiões do mundo. O interesse pela espécie se deve ao seu valor nutricional, à sua resistência e adaptação a vários ambientes e ao seu crescimento rápido (Melo-Silva et al., 2014). É uma leguminosa essencialmente tropical, com indivíduos de porte arbustivo e arbóreo, com alturas variando entre cinco e 18 m.

As folhas bipinadas medem de 15 a 20 cm de comprimento. Apresentam de quatro a oito pares de pinas de cinco a 10 cm de comprimento com 10 a 15 folíolos (Gonçalves; Lorenzi, 2007). Apresenta floração durante o ano todo, mas apresenta bom desenvolvimento e maior floração nos meses com índice pluviométrico mais elevado, principalmente entre os meses de setembro a novembro (Lorenzi et al., 2003; Costa; Durigan, 2010) em um intervalo de 600 a 1.700 mm por ano (Franco; Souto, 1986; Drumond; Ribask, 2010) e requer temperaturas entre 25 e 30° C para um crescimento ótimo. As inflorescências são constituídas de capítulos globosos de 1,5 a 3 cm de diâmetro. Cada capítulo é composto de 100 a 180 flores brancas e minúsculas (Lima, 2005; Gonçalves; Lorenzi, 2007), com aroma suave e não muito doce, evocando o cheiro de melão (Zárate, 1994).

Os frutos do tipo vagem são compridos, finos, achatados e acuminados com 12 a 18 cm de comprimento e 1,5 a 2 cm de largura. Apresentam de 15 a 30 sementes elípticas e achatadas de 6 a 8 mm de comprimento e 3 a 4 mm de largura (Lima, 2005), de cor marrom brilhante, secas e duras. Elas são dispersas por gravidade (Costa; Durigan, 2010) e apresentam dormência pela impermeabilidade do tegumento (Fonseca; Jacobi, 2011). A dispersão positiva da espécie é atribuída à ação humana que, por meio do cultivo, tem disseminado de forma bastante eficaz a planta (Costa; Durigan, 2010).

A espécie é considerada uma pioneira heliófita, apresenta reprodução sexuada e assexuada, tem alta capacidade de rebrota após o corte e forma populações com altas densidades, podendo impedir o desenvolvimento de espécies nativas (Costa; Durigan, 2010; Richardson et al., 2000).

4 MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O Parque Nacional de Brasília (PNB) é uma unidade de conservação de proteção integral subordinada ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Foi criado pelo Decreto nº 241, de 29 de novembro de 1961, com uma área de 30.566,59 ha (demarcada em 1996). A partir de 2006, com a publicação da Lei nº 11.285, de 8 de março de 2006, que redefiniu a sua poligonal, o PNB passou a ter uma área 42.389,01 ha (FUNATURA; IBAMA, 1998). As áreas de estudo A, B e C estão representadas na Figura 1.

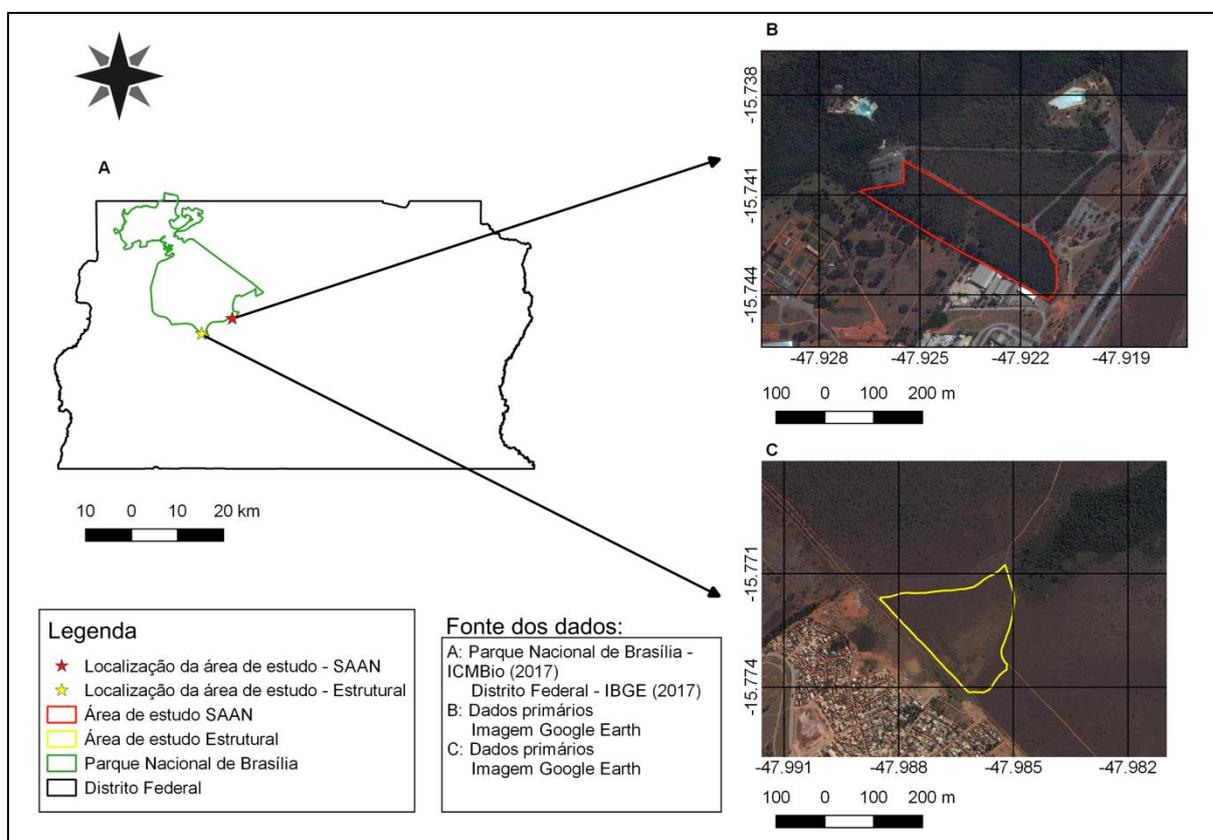


Figura 1 – Localização das áreas de estudo B e C no interior do Parque Nacional de Brasília (área A) e regiões limítrofes.

Fonte: elaborada pela autora.

A Figura 1 apresenta a área A com a localização do Parque Nacional de Brasília no Distrito Federal e entorno goiano, e das áreas B e C no interior do parque. A área B faz parte da zona de uso intensivo do PNB. De acordo com o plano de manejo da unidade (FUNATURA; IBAMA, 1998), a zona de uso intensivo está situada próxima à entrada do parque, abrangendo as piscinas 1 e 2, o centro de visitantes e os locais de uso público. A topografia é plana e suavemente ondulada. Predominam latossolos e

solos hidromórficos. A cobertura vegetal é formada por Cerrado stricto sensu e mata de galeria (Horowitz et al., 2007).

A área de estudo B (SAAN) é vizinha de um terreno de uma empresa particular concreiteira e do Viveiro II do Departamento de Parques e Jardins (DPJ), vinculado à Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP), ambos localizados no Setor de Armazenagem e Abastecimento Norte (SAAN) do Distrito Federal, limítrofe ao parque. Essa área foi escolhida por apresentar uma população de *Leucaena leucocephala* que se alastra sobre o Cerrado, conforme o relato de Horowitz et al. (2007). O foco primário de dispersão da espécie localizava-se no terreno de empresa localizada no SAAN, que fez o plantio de uma cerca viva utilizando plantas de leucena. Foi indicado, como ação de manejo que a empresa substituísse e recompusesse a cerca com emprego de uma ou mais espécies nativas (Horowitz et al., 2013). Pesquisa de campo constatou que as árvores foram cortadas pela empresa, mas rebrotaram. As rebrotas já atingiram o tamanho adulto e fazem com que a área continue sendo um foco de dispersão. Esse corte das árvores ocorreu em 2010.

A área de estudo C (Estrutural) é limítrofe a uma área de grande impacto ambiental e tensão social. É uma região próxima ao lixão de Brasília e à Cidade Estrutural. A topografia é plana e predominam os latossolos. A cobertura vegetal original foi substituída por uma vegetação bastante alterada e com a presença de espécies exóticas invasoras e com potencial invasor, como: *Melinis minutiflora* (capim-gordura), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Tithonia diversifolia* (girassol-mexicano), *Pennisetum purpureum* (capim-elefante). A área foi queimada em agosto de 2016. Não há registro da origem do fogo, mas foi constatado que ele não foi feito intencionalmente como forma de manejo.

O lixão está localizado na margem direita da Via Estrutural, separado do PNB apenas pela DF097 (Estrada Parque Acampamento – EPAC), uma estrada vicinal. O local recebe resíduos sólidos domésticos e industriais e não tem qualquer medida de proteção ambiental. O despejo que chega ao local diariamente é aterrado de forma inadequada gerando um amontoado de lixo e uma deficiente ocupação do espaço físico (FUNATURA; IBAMA, 1998).

A proximidade com o PNB causa vários problemas. O lixo decomposto serve de alimento a animais, principalmente aos carniceiros, gerando um desequilíbrio na

cadeia alimentar e um crescimento excessivo das suas populações. Têm crescido também as populações de ratos, cães, garças, urubus e carcarás (FUNATURA; IBAMA, 1998).

Pesquisa de campo constatou que aparece uma população de leucena que acompanha o limite do lixão, composta visualmente por indivíduos adultos de grande porte. Não há registro sobre a introdução dos primeiros indivíduos, mas essa população pode ser o foco primário de dispersão da espécie no interior do PNB, devido à sua proximidade. Assim, foi considerado como ponto de introdução a cerca que faz a divisa do limite do lixão com o parque.

4.2 Delineamento amostral

Para compreender a dinâmica populacional nas áreas selecionadas, de acordo com as características de cada uma, a área B foi classificada como ambiente preservado e a área C como ambiente alterado. Na área B foram marcadas 31 parcelas, cada uma com 100 m². Na área C foram demarcadas 33 parcelas com as mesmas medidas das parcelas da área B. As parcelas foram selecionadas aleatoriamente a partir de caminhamento, partindo de locais próximos do ponto de introdução da espécie e de outros pontos mais distantes. Na área B as parcelas foram marcadas nas áreas de mata e de Cerrado *stricto sensu*. Na área C elas foram marcadas na área de cerrado alterado.

Cada parcela recebeu uma placa com uma numeração de ordem para identificação. Fichas de observação preformuladas (Anexo 1) orientaram os levantamentos e os registros de dados. Nas fichas foram registradas informações sobre o local e as condições da parcela de ocorrência e sobre os indivíduos da espécie encontrados. Cada indivíduo recebeu uma placa com numeração de ordem aleatória. A localização geográfica de cada parcela foi marcada com o uso do GPS Garmin Etrex 10 e anotada. A marcação das coordenadas geográficas foi feita no ponto central da parcela.

As distâncias entre o local de introdução da espécie e o ponto central de cada uma das parcelas mais distantes foram medidas com o auxílio da ferramenta “régua” do Google Earth. As distâncias entre o local de introdução da espécie e o ponto central de cada uma das parcelas mais próximas foram medidas com uma trena de 20 m.

As populações foram acompanhadas em duas amostragens: a primeira foi feita entre novembro de 2015 e janeiro de 2016 (t). O segundo censo foi feito entre novembro de 2016 e janeiro de 2017 (t+1). No SAAN, em 2015, foram numeradas 1.388 plantas; em 2016 esse número cresceu para 1.765 plantas. Na área da Estrutural foram marcadas 983 plantas em 2015, número que cresceu para 11.137 em 2016. O inventário ocorreu de acordo com a localização da parcela: distância do centro da parcela ao local de introdução; número de indivíduos e o estágio de vida de cada um; e número de frutos dos indivíduos adultos.

4.3 Análise dos dados

Em cada área, os indivíduos encontrados foram analisados e classificados em oito estágios de vida, com base no tamanho em que se encontravam nos anos de 2015 e 2016 e na presença ou não de estruturas reprodutivas. A Tabela 1 apresenta os estágios de indivíduos. Foram considerados adultos os indivíduos que apresentavam qualquer número de frutos. A altura dos indivíduos classificados como plântula foi medida com o uso de uma régua plástica com 50 cm de comprimento. Para os indivíduos classificados como juvenil 1, juvenil 2 e adulto 1 foi usada uma trena de madeira com 2 m de comprimento. A altura dos indivíduos classificados como adulto 2, adulto 3, adulto 4 e adulto 5 foi medida com o uso da trena a laser Bosch Professional GLM 20.

Tabela 1 – Estágios de indivíduos e alturas correspondentes.

Estágios de indivíduos	Símbolo	Altura
Plântula	P	$\leq 0,5$ m
Juvenil 1	J1	$0,51 \geq x \leq 1$ m
Juvenil 2	J2	$1,01 \geq x \leq 1,5$ m
Adulto 1	A1	$1,51 \geq x \leq 2$ m
Adulto 2	A2	$2,01 \geq x \leq 3$ m
Adulto 3	A3	$3,01 \geq x \leq 4$ m
Adulto 4	A4	$4,01 \geq x \leq 5$ m
Adulto 5	A5	$>5,01$ m

Foi contado também o número de frutos produzidos por indivíduo adulto em 2015 e 2016 e o número de indivíduos jovens (P) incorporados à população. A contagem do número de frutos dos adultos 1 e 2 foi feita na própria planta; todos os frutos presentes foram contados. Para os indivíduos adultos 3, 4 e 5 foi feita uma

média do número de frutos existentes em cada cacho, sendo considerado que cada cacho é formado por 8 frutos. A copa da árvore foi dividida em 4 faces e foram contados os cachos de frutos de apenas uma das faces. O número de cachos foi multiplicado por quatro e o resultado foi multiplicado por oito, dando, assim, o número de frutos para cada indivíduo. Nesse estudo, foi considerado que cada fruto produz 23 sementes. Esse número é o resultado da média arredondada entre o número mínimo (15) e o número máximo (30) de sementes por fruto constante na literatura (Lima, 2005).

Para a longevidade das sementes de leucena no solo foi considerado o valor de 10 a 20 anos (*Global Invasive Species Database – GISD*). A taxa de sobrevivência utilizada foi de 90% descrita por Lima (1982). A taxa de germinação usada foi de 86%, valor médio entre a taxa de 80% descrita por Guimarães et al. (2009) e a taxa de 92% relatada por Castro; Dutra (1997).

O fato de se tratar de sementes dotadas de alta viabilidade indica a formação de um banco de sementes permanente. A germinação de sementes a partir do banco afeta de forma significativa a dinâmica populacional e, por isso, o estágio de semente foi incluído no modelo matricial. Para o banco de sementes, foi considerado para a área C (alterada) o valor de 875 sementes.m⁻², conforme descrito por Ray; Brown (1994). Não foram encontrados dados na literatura sobre o banco de sementes para a área preservada. Considerando que o banco de sementes e as sementes recém-amadurecidas contribuem igualmente para o grupo de recrutas observado no próximo censo (Stubben; Milligan, 2007), foi estabelecido o seguinte valor para o banco de sementes: a metade do número de recrutas do segundo censo, ou seja, 186 sementes.m⁻².

Somente os indivíduos classificados como adultos (A1 a A5) têm capacidade reprodutiva. Baseada nessa classificação, foi estimado que a reprodução potencial, entendida como a capacidade de produção de sementes, é diretamente proporcional ao crescimento do tamanho dos indivíduos e ao crescimento no número de galhos onde são gerados as flores e os frutos. Desta forma, considerou-se que a capacidade reprodutiva aumentou com o incremento de indivíduos em cada estágio.

Uma planilha foi montada com todos os dados referentes às duas populações. Para propiciar as análises, uma matriz de transição (Caswell, 2001) foi construída para cada população estudada. Para a construção da matriz foram considerados nove estágios de vida, inclusive o estágio de semente, e foi assumido que cada fruto produziu 23 sementes. Foram adicionados à matriz os valores de estimativa de sobrevivência da semente (0,9) (Lima, 1982) e de germinação (0,86), de acordo com Guimarães et al., (2009) e Castro; Dutra (1997).

Em cada matriz foi calculada a probabilidade de transição entre estágios entre os tempos t e $t+1$. Foi calculado o auto vetor dominante de cada matriz (λ). Esse valor representa a taxa de crescimento da população. Usando-se o método de reamostragem “Bootstrapping” com 10.000 interações, foi calculado o intervalo de confiança de 95% para cada valor de λ . A análise dos dados foi feita no programa RStudio, integrado à linguagem R de programação (R Core Team),²¹ com o uso do pacote “popbio” (Stubben; Milligan, 2007).²²

5 RESULTADOS

5.1 Representação das populações de *Leucaena leucocephala* por área estudada

Os estágios de vida das populações de leucena localizadas na área do SAAN e na área da Estrutural estão representados na Figura 2, que mostra o diagrama de ciclo de vida da espécie.

²¹ R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: URL <<https://www.R-project.org/>>. Acesso agosto/ 2015.

²² Stubben, Chris; Milligan, Brook (2007). Package “popbio”: Construction and Analysis of Matrix Population Models. R package version 2.4.3. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/popbio/popbio.pdf>>. Acesso em agosto/2015.

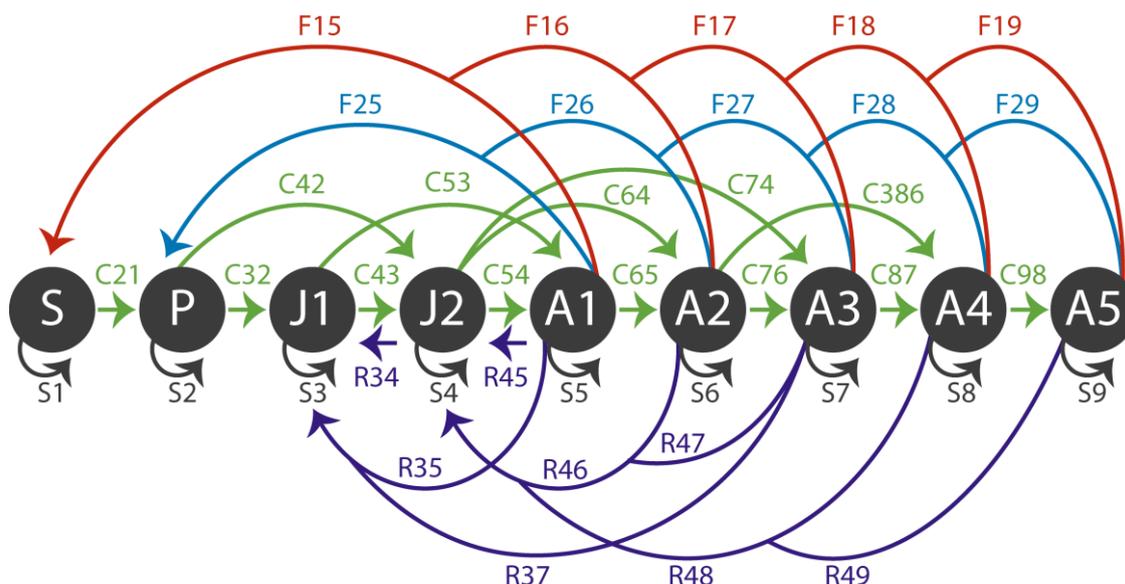


Figura 2 - Diagrama do ciclo de vida de *Leucaena leucocephala*, com as taxas vitais que compõem a matriz populacional da espécie.

Os círculos representam os estágios (S, P, J1, J2, A1, A2, A3, A4, A5). Cada seta representa uma taxa vital identificada por cores e letras: S – preto e significa sobrevivência e permanência no mesmo estágio de vida; F – vermelho e azul claro e se refere à fertilidade; C – verde e está relacionada ao crescimento para estágios maiores; R – azul escuro significa que houve retrogressão, ou seja, redução de tamanho dos indivíduos. Os números que acompanham as letras representam as possíveis transições entre os estágios de vida.

Fonte: elaborada pela autora.

A Tabela 2 apresenta dados para a população da área do SAAN, a matriz populacional de *Leucaena leucocephala* e as transições observadas das taxas vitais: S: permanência, R: retrogressão, F: fertilidade e C: crescimento. O Quadro 2 traz a descrição das taxas vitais que compõem a matriz de transição de *Leucaena leucocephala*.

Tabela 2 - Matriz populacional de *Leucaena leucocephala* e taxas vitais: área SAAN.

	S (1)	P (2)	J1 (3)	J2 (4)	A1 (5)	A2 (6)	A3 (7)	A4 (8)
S (1)	S ₁				F ₁₅	F ₁₆	F ₁₇	F ₁₈
P (2)	C ₂₁	S ₂			F ₂₅	F ₂₆	F ₂₇	F ₂₈
J1 (3)		C ₃₂	S ₃	R ₃₄				
J2 (4)		C ₄₂	C ₄₃	S ₄				
A1 (5)			C ₅₃	C ₅₄	S ₅			
A2 (6)				C ₆₄		S ₆		
A3 (7)				C ₇₄		C ₇₆	S ₇	
A4 (8)							C ₈₇	S ₈

Taxas vitais: S (permanência), C (crescimento), R (retrogressão), F (fertilidade).

Quadro 2 - Descrição das taxas vitais que compõem a matriz de transição de *Leucaena leucocephala*: área SAAN.

Taxa vital	Processo
S ₁	Sobrevivência da semente
S ₂	Sobrevivência da plântula
S ₃	Sobrevivência do J1
S ₄	Sobrevivência do J2
S ₅	Sobrevivência do A1
S ₆	Sobrevivência do A2
S ₇	Sobrevivência do A3
S ₈	Sobrevivência do A4
C ₂₁	Crescimento da S para P
C ₃₂	Crescimento de P para J1
C ₄₂	Crescimento de P para J2
C ₄₃	Crescimento de J1 para J2
C ₅₃	Crescimento de J1 para A1
C ₅₄	Crescimento de J2 para A1
C ₆₄	Crescimento de J2 para A2
C ₇₄	Crescimento de J2 para A3
C ₇₆	Crescimento de A2 para A3
C ₈₇	Crescimento de A3 para A4
R ₃₄	Retrogressão de J2 para J1
F ₁₅	Fertilidade de 1,5
F ₁₆	Fertilidade de 1,6
F ₁₇	Fertilidade de 1,7
F ₁₈	Fertilidade de 1,8
F ₂₅	Fertilidade de 2,5
F ₂₆	Fertilidade de 2,6
F ₂₇	Fertilidade de 2,7
F ₂₈	Fertilidade de 2,8

A Tabela 3 apresenta dados para a população da área da Estrutural: a matriz populacional de *Leucaena leucocephala* e as transições observadas das taxas vitais: S: permanência, R: retrogressão, F: fertilidade e C: crescimento. O Quadro 3 traz a descrição das taxas vitais que compõem a matriz de transição de *Leucaena leucocephala*.

Tabela 3 - Matriz populacional de *Leucaena leucocephala* e taxas vitais: área Estrutural.

	S (1)	P (2)	J1 (3)	J2 (4)	A1 (5)	A2 (6)	A3 (7)	A4 (8)	A5 (9)
S (1)	S ₁				F ₁₅	F ₁₆	F ₁₇	F ₁₈	F ₁₉
P (2)	C ₂₁	S ₂			F ₂₅	F ₂₆	F ₂₇	F ₂₈	F ₂₉
J1 (3)		C ₃₂	S ₃	R ₃₄	R ₃₅		R ₃₇	R ₃₈	
J2 (4)		C ₄₂	C ₄₃	S ₄	R ₄₅	R ₄₆	R ₄₇	R ₄₈	R ₄₉
A1 (5)				C ₅₄	S ₅				
A2 (6)					C ₆₅	S ₆			
A3 (7)							S ₇		
A4 (8)						C ₈₆	C ₈₇	S ₈	
A5(9)								C ₉₈	S ₉

Taxas vitais: S (permanência), C (crescimento), R (retrogressão), F (fertilidade).

Quadro 3 - Descrição das taxas vitais que compõem a matriz de transição de *Leucaena leucocephala*: área Estrutural.

Taxa vital	Processo
S ₁	Sobrevivência da semente
S ₂	Sobrevivência da plântula
S ₃	Sobrevivência do J1
S ₄	Sobrevivência do J2
S ₅	Sobrevivência do A1
S ₆	Sobrevivência do A2
S ₇	Sobrevivência do A3
S ₈	Sobrevivência do A4
S ₉	Sobrevivência do A5
C ₂₁	Crescimento da S para P
C ₃₂	Crescimento de P para J1
C ₄₂	Crescimento de P para J2
C ₄₃	Crescimento de J1 para J2
C ₅₄	Crescimento de J2 para A1
C ₆₅	Crescimento de A1 para A2
C ₇₄	Crescimento de J2 para A3
C ₆₅	Crescimento de A1 para A2
C ₈₆	Crescimento de A2 para A4
C ₈₇	Crescimento de A3 para A4
C ₉₈	Crescimento de A4 para A5
R ₃₄	Retrogressão de J2 para J1
R ₃₅	Retrogressão de A1 para J1
R ₃₇	Retrogressão de A3 para J1
R ₃₈	Retrogressão de A4 para J1
R ₄₅	Retrogressão de A1 para J2
R ₄₆	Retrogressão de A2 para J2
R ₄₇	Retrogressão de A3 para J2
R ₄₈	Retrogressão de A4 para J2
R ₄₉	Retrogressão de A5 para J2
F ₁₅	Fertilidade de 1,5
F ₁₆	Fertilidade de 1,6
F ₁₇	Fertilidade de 1,7
F ₁₈	Fertilidade de 1,8
F ₁₉	Fertilidade de 1,9
F ₂₅	Fertilidade de 2,5
F ₂₆	Fertilidade de 2,6
F ₂₇	Fertilidade de 2,7
F ₂₈	Fertilidade de 2,8
F ₂₉	Fertilidade de 2,9

As populações de *Leucaena leucocephala* nas áreas do SAAN e da Estrutural apresentam padrões de distribuição de tamanhos na forma de um J invertido (Figuras 3 e 4). Esse padrão de distribuição significa que a população apresenta muitos indivíduos nos estágios iniciais e poucos nos estágios finais de seu ciclo de vida. A estrutura populacional revelou-se distinta em cada área estudada. A estrutura inicial (2015) e final (2016) da população da área do SAAN está representada na Figura 3.

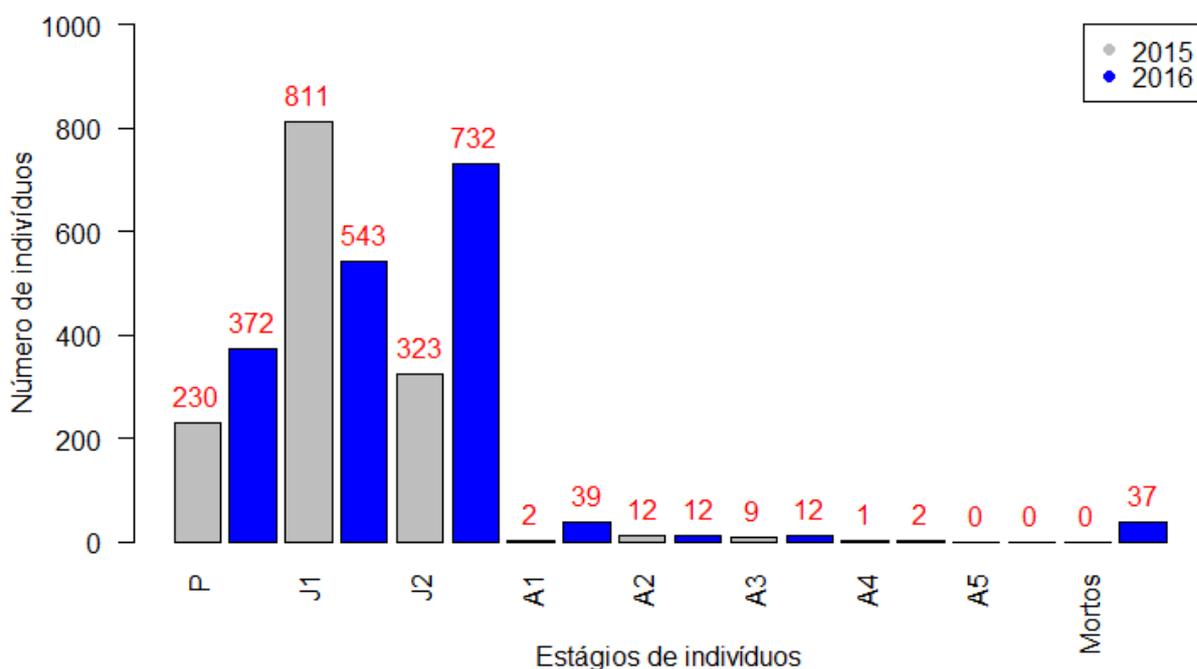


Figura 3 - Estrutura populacional de *Leucaena leucocephala* na área do SAAN: 2015 e 2016. Fonte: elaborada pela autora.

Comparando a estrutura da população em 2015 e 2016 percebe-se que a população cresceu na área do SAAN. Todos os estágios apresentaram crescimento no número indivíduos, com exceção dos estágios J1 (diminuição de 811 para 543 indivíduos) e A2 (permaneceu com o mesmo número: 12). Entretanto, a redução no número de J1 significa um incremento de indivíduos J2, mais próximos do estágio adulto. Ocorreu um aumento significativo no número de indivíduos A1 e nenhum indivíduo no estágio A5 foi encontrado. O número de mortos foi pequeno: apenas 2,7% dos indivíduos morreram no intervalo de um ano.

A estrutura inicial (2015) e final (2016) da população da área da Estrutural está representada na Figura 4.

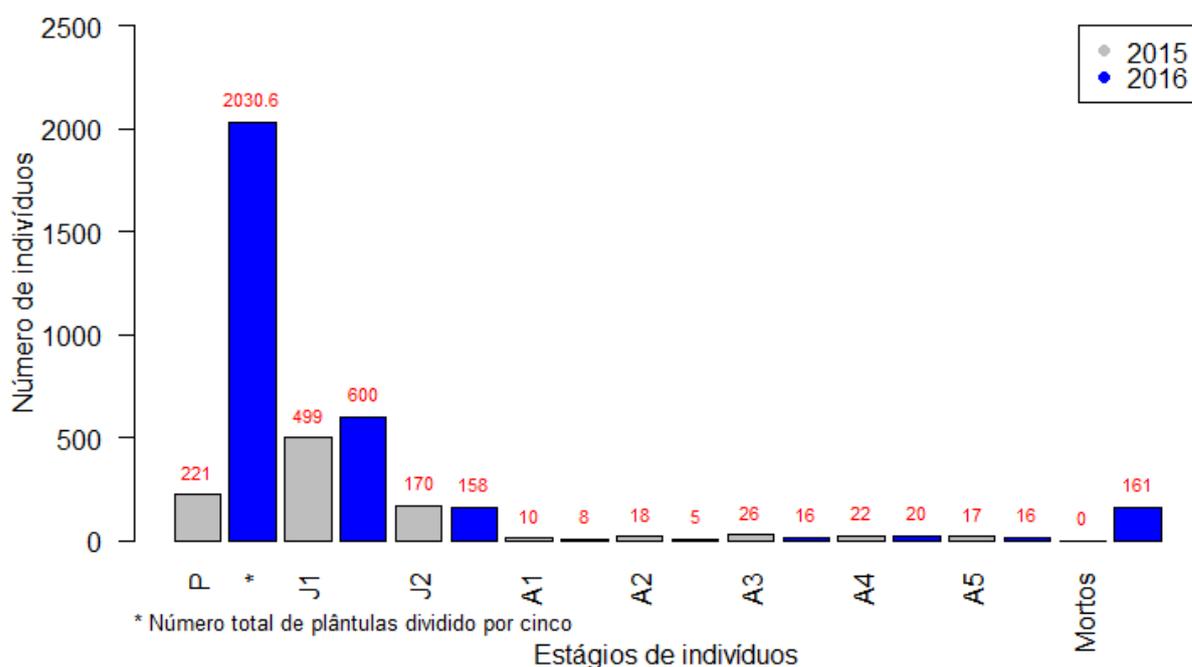


Figura 4 - Estrutura populacional de *Leucaena leucocephala* na área da estrutural: 2015 e 2016.

Fonte: elaborada pela autora.

Comparando a estrutura da população em 2015 e 2016 percebe-se que a área da Estrutural apresentou uma instabilidade no número de indivíduos, provavelmente provocada pelo fogo. O crescimento no número de indivíduos no estágio de plântula (P) é o que mais chama a atenção. Houve um pequeno crescimento no número de indivíduos J1 e o estágio J2 permaneceu praticamente com o mesmo contingente. Todos os estágios de adultos tiveram redução no número de indivíduos. O número de mortos foi significativo: 16,3% dos indivíduos morreram no intervalo de um ano. Não é possível afirmar a causa da morte, mas durante o segundo censo foi constatado que todos os mortos tinham sido queimados.

5.2 Comparação das populações de *Leucaena leucocephala* nas áreas estudadas

A estrutura populacional do primeiro ano (2015) de *Leucaena leucocephala* de cada área estudada revelou-se distinta. A estrutura inicial da população das áreas do SAAN e da Estrutural está representada na Figura 5.

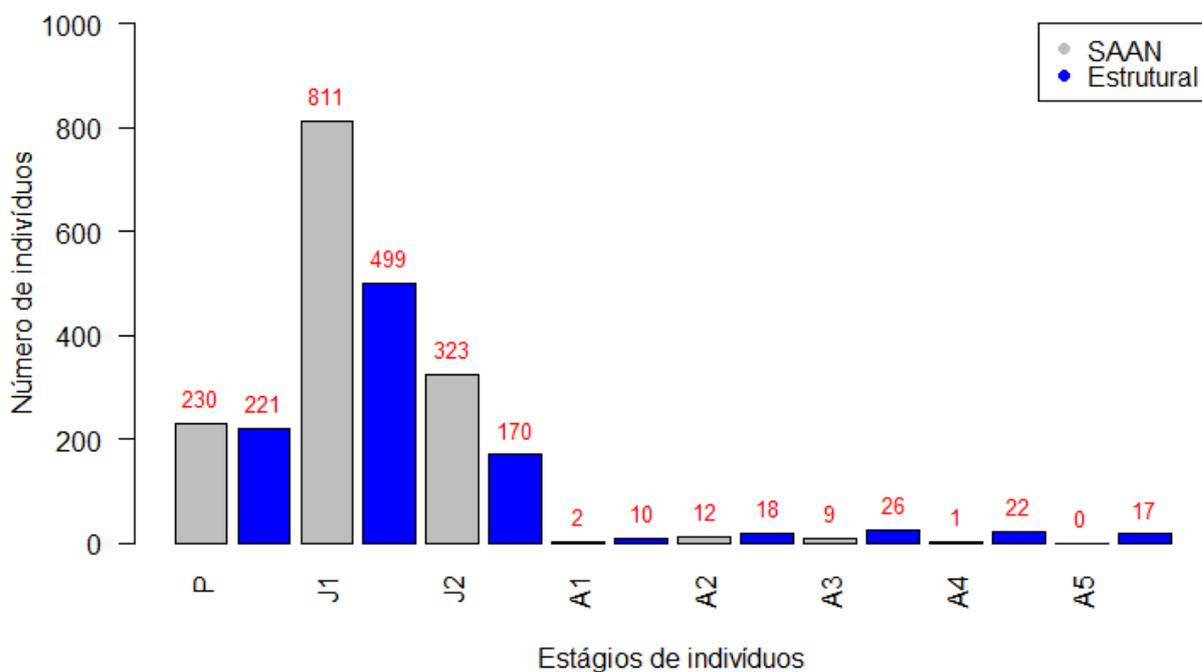


Figura 5 - Estrutura populacional de *Leucaena leucocephala* das áreas do SAAN e da Estrutural em 2015.

Fonte: elaborada pela autora.

Comparando a estrutura do primeiro ano das populações percebe-se que a população na área do SAAN apresentou mais indivíduos nos estágios iniciais P, J1 e J2. Quando se trata dos indivíduos adultos (A1, A2, A3, A4 e A5), a população da Estrutural apresenta uma maior quantidade de indivíduos.

A estrutura populacional do segundo ano (2016) de *Leucaena leucocephala* de cada área estudada também se revelou distinta. A estrutura de segundo ano da população das áreas do SAAN e da Estrutural está representada na Figura 6.

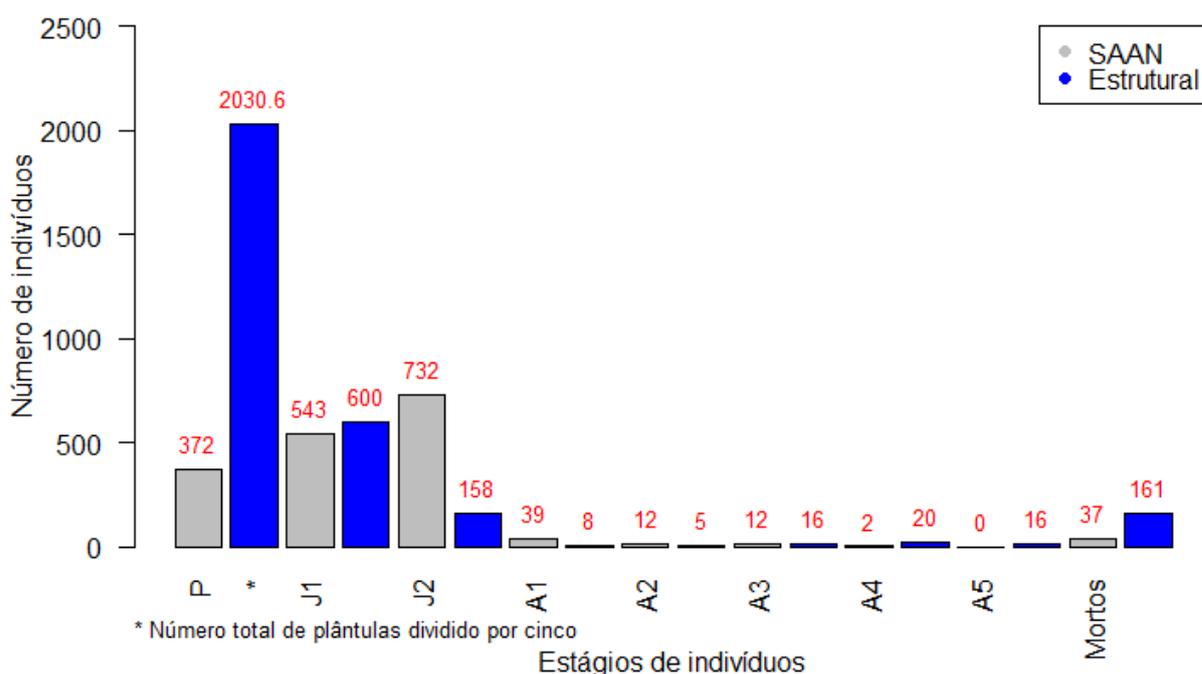


Figura 6 - Estrutura populacional de *Leucaena leucocephala* das áreas do SAAN e da Estrutural em 2016.

Fonte: elaborada pela autora.

Analisando a estrutura do segundo ano das populações percebe-se que a população na área do SAAN apresentou uma quantidade consideravelmente menor de indivíduos no estágio de plântula (P). A quantidade de indivíduos J1 também decresceu, mas o número de juvenis 2 (J2) cresceu. Quando se trata dos indivíduos adultos (A1, A2, A3, A4 e A5), a população do SAAN apresenta maior número de indivíduos nos estágios iniciais (A1 e A2) e a população da Estrutural apresenta uma maior quantidade de indivíduos adultos nos estágios finais (A3, A4 e A5). Quanto aos indivíduos que morreram, a população da Estrutural ostenta um número maior de indivíduos mortos. A Figura 7 apresenta a quantidade de indivíduos mortos por área e por estágio de vida.

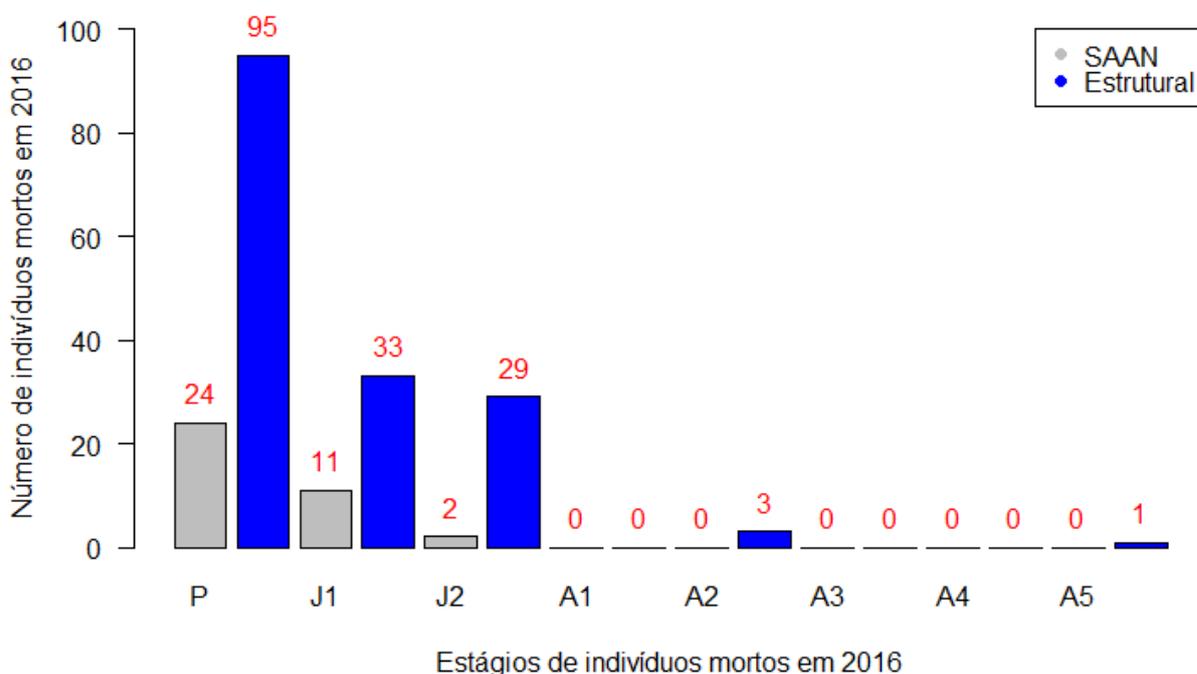


Figura 7 - Número de indivíduos de *Leucaena leucocephala* mortos, por área e por estágio de vida, nas áreas do SAAN e da Estrutural em 2016.

Fonte: elaborada pela autora.

A mortalidade foi maior nos indivíduos dos estágios de vida iniciais. A população da área da Estrutural apresentou mais indivíduos mortos, provavelmente vitimados pelo fogo. A população do SAAN teve uma mortalidade baixa.

A porcentagem de indivíduos reprodutivos em relação ao total de indivíduos nas populações variou por população e por ano. A Tabela 4 apresenta os percentuais de indivíduos reprodutivos para cada população, por ano de amostragem.

Tabela 4 - Percentuais de indivíduos reprodutivos para cada população em 2015 e 2016.

População	Indivíduos reprodutivos %	
	2015	2016
SAAN	1,8	3,7
Estrutural	9,5	0,6

A população do SAAN tinha 1,8% de indivíduos reprodutivos em 2015. Em 2016 essa cifra cresceu para 3,7%. A população da estrutural apresentava 9,5% de indivíduos reprodutivos em 2015; essa cifra caiu para apenas 0,6% em 2016. Isso se deve ao crescimento no número de indivíduos, provocado pela alta germinação e formação de plântulas.

O recrutamento (número de novos indivíduos adicionados à população – recrutas) observado foi apenas de indivíduos no estágio de plântula. A Figura 8 apresenta o número de recrutas por população e por ano.

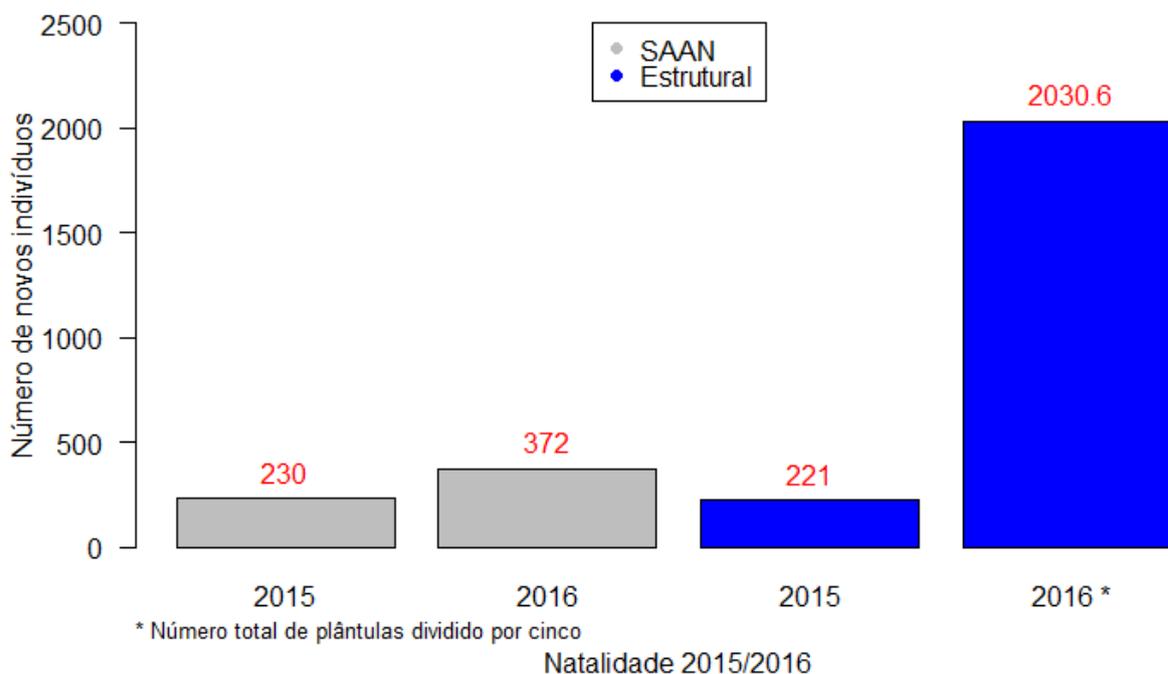


Figura 8 - Número de indivíduos de *Leucaena leucocephala* germinados por área: SAAN e Estrutural, em 2015 e 2016.

Fonte: elaborada pela autora.

Na população do SAAN foram contados 230 indivíduos no estágio de plântula em 2015. Em 2016 esse número cresceu para 372. Na população da estrutural foram amostrados 221 indivíduos no estágio de plântula em 2015 e esse número cresceu para 10.153 em 2016.

5.3 Avaliação da taxa de crescimento populacional

A taxa de crescimento populacional foi diferente entre as populações. A população da área do SAAN apresentou o valor de $\lambda = 1,74$, significativamente superior a um, indicando uma tendência de crescimento populacional. A população da área da Estrutural exibiu um valor de $\lambda = 1,09$, também revelando uma tendência de crescimento da população. A Figura 9 representa a taxa de crescimento populacional (λ) e intervalo de confiança (IC) das populações nas áreas do SAAN e da Estrutural.

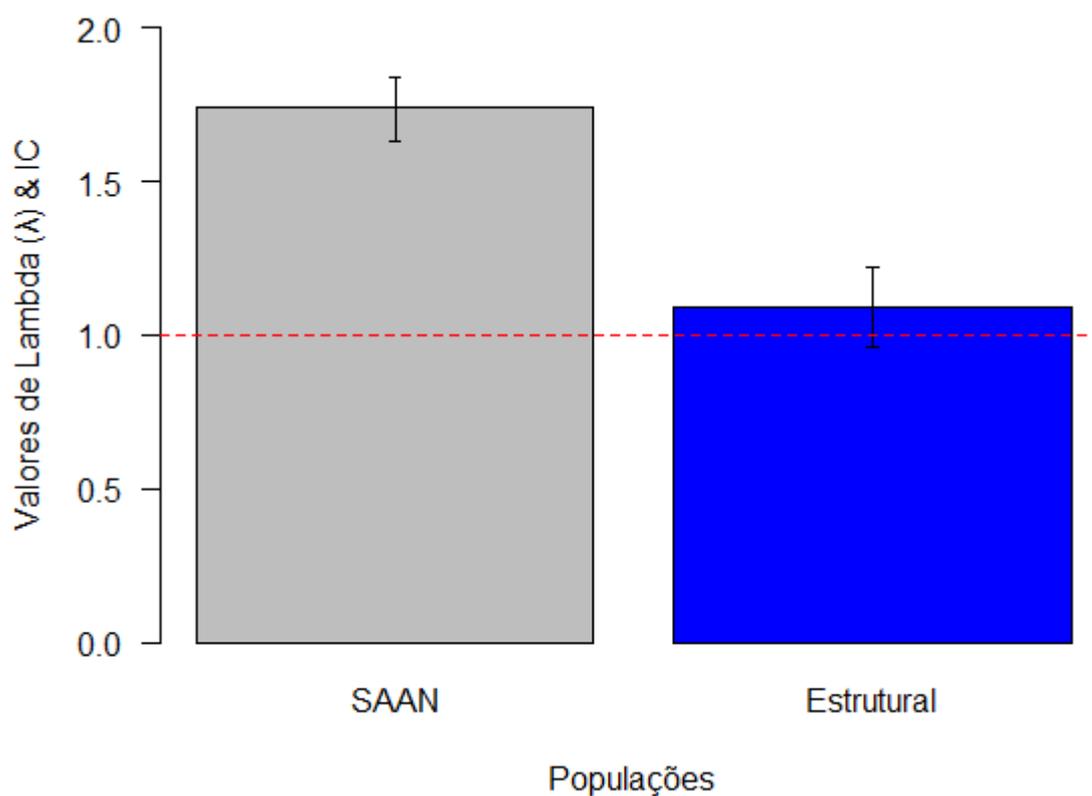


Figura 9 - Taxa de crescimento populacional (λ) e 95% intervalo de confiança (IC) das populações nas áreas do SAAN e Estrutural, 2015 - 2016.
Fonte: elaborada pela autora.

A Tabela 5 apresenta os dados referentes às populações da área do SAAN e da Estrutural.

Tabela 5 – Valor de Lambda (λ), matrizes construídas para as populações de *Leucaena leucocephala* em nove estágios de vida (S, P, J1, J2, A1, A2, A3, A4 e A5), estrutura populacional e valor reprodutivo.

População	Matrizes										Parâmetros populacionais		
	S	P	J1	J2	A1	A2	A3	A4	A5	estrut. pop.	valor reprodutivo (v)	SSD (w)	
SAAN $\lambda=1,742532$	S	0,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0017	0,0037	0,0073	0,0027	0,0000		1,00	0,9276
	P	0,0018	0,6521	0,0000	0,0000	5,5186	0,1189	0,2327	8,7136	0,0000	372	267,28	0,0034
	J1	0,0000	0,8043	0,4315	0,0123	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	543	518,18	0,0021
	J2	0,0000	0,026	0,5536	0,8576	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	732	1.208,53	0,0014
	A1	0,0000	0,0000	0,0012	0,1176	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	39	8.297,53	0,0000
	A2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0030	0,0000	0,7500	0,0000	0,0000	0,0000	12	11.236,19	0,0001
	A3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0030	0,0000	0,2500	0,8888	0,0000	0,0000	12	16.817,22	0,0000
	A4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1111	1,0000	0,0000	2	6.853,65	0,0000
	A5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	0,00	0,0000
Estrutural $\lambda=1,090684$	S	0,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0019	0,0020	0,0001	0,0008	0,0000		1,00	0,9122
	P	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	2,0577	3,6936	0,2119	0,0158	0,0354	10.153	100,76	0,0020
	J1	0,0000	0,3031	0,8677	0,5411	0,3000	0,0000	0,0000	0,0909	0,0000	600	91,33	0,0050
	J2	0,0000	0,2669	0,0661	0,2529	0,4000	0,5555	0,0769	0,0454	0,1176	158	307,92	0,0010
	A1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0353	0,2000	0,0000	0,2307	0,0000	0,0000	8	5.908,46	0,0000
	A2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1000	0,2222	0,0000	0,0000	0,0000	5	38.190,59	0,0000
	A3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	16	117.544,02	0,0000
	A4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5555	0,0769	0,0769	0,0000	20	552.154,05	0,0000
	A5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8235	16	832.966,36	0,0000

Os dados da Tabela 5 mostram que as duas populações apresentaram valores de λ maiores que um, indicando crescimento populacional. A população da área do SAAN apresenta uma taxa de crescimento maior, pois não sofreu ação estressante no período de tempo estudado. A população da Estrutural sofreu uma queima no período, mas ela não interrompeu o crescimento da população.

Nas duas populações houve episódios de permanência, crescimento e retrogressão nos estágios de vida. A retrogressão foi mais evidente na população da Estrutural, que sofreu o estresse da queima.

O valor reprodutivo (v) cresceu entre os estágios nas duas áreas estudadas. Na população do SAAN ocorreu um aumento considerável do valor de v entre os estágios J2 e A1, alcançando um pico no estágio A3, quando os valores caíram. Na área da Estrutural cresceu o valor de v entre os mesmos estágios verificados no SAAN: J2 e A1, alcançando um pico no estágio A5.

A análise da fecundidade não considerou a influência do tamanho do indivíduo na quantidade de frutos e de sementes produzidas. Assim, todos os adultos de diferentes estágios foram tratados como se tivessem chances iguais de serem a matriz de uma plântula recrutada. A reprodução passou a ocorrer a partir do estágio A1. As maiores taxas de fecundidade foram observadas no estágio A3 na área do SAAN e no estágio A1 na área da Estrutural.

As taxas vitais também apresentaram comportamentos diferentes em cada população. A Figura 10 ilustra a ocorrência das taxas vitais de retrogressão, permanência e crescimento para cada estágio de vida em cada população.

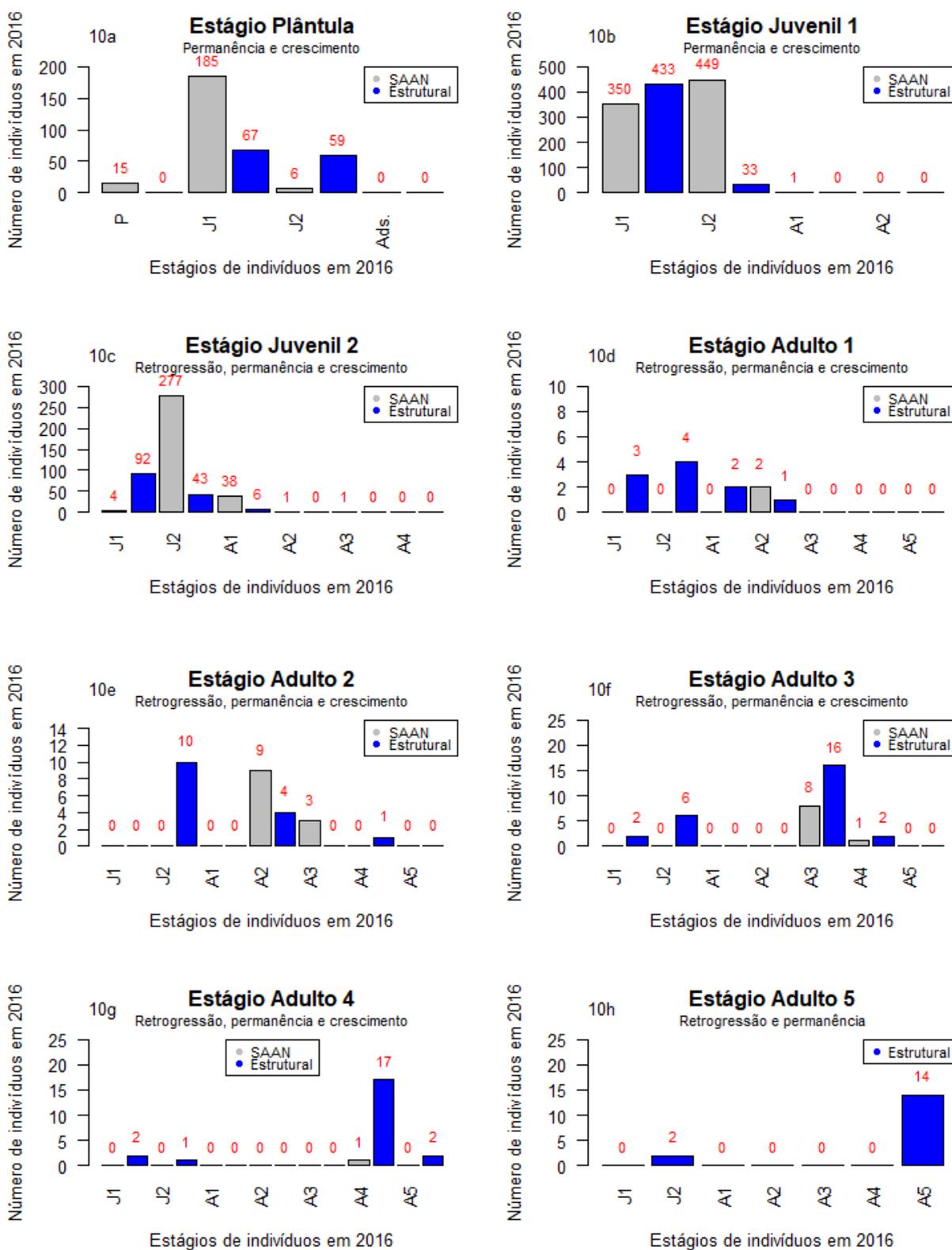


Figura 10 - Ocorrência das taxas vitais de retrogressão, permanência e crescimento para cada estágio de vida em cada população, de 2015 para 2016.
Fonte: elaborada pela autora.

No estágio plântula, apenas na área do SAAN houve indivíduos que permaneceram nesse estágio. Nas duas áreas, a maior parte das plântulas cresceu e atingiu os estágios J1 e J2. As plântulas não atingiram o estágio adulto nas duas áreas.

Os indivíduos permaneceram no estágio J1 nas duas áreas. Considerando o crescimento para o estágio J2, a população da área do SAAN apresentou um incremento bem superior comparada com o da população da área da Estrutural. Apenas um indivíduo na área do SAAN cresceu para o estágio A1 e não houve crescimento de J1 para A2 nas duas áreas.

No estágio J2, ocorreram os primeiros casos de retrogressão de estágio. Na área do SAAN, quatro indivíduos retrogrediram para J1 e na área da Estrutural 92 juvenis dois retrogrediram para J1. Com relação à permanência no estágio J2, 277 indivíduos permaneceram nesse estágio na área do SAAN e 48 ficaram nesse estágio na área da Estrutural. Quanto ao crescimento para os estágios adultos, 38 indivíduos J2 evoluíram para A1, um para A2 e mais um para A3 no SAAN. Na Estrutural, apenas seis indivíduos cresceram de J2 para A1.

No estágio A1, houve novos casos de retrogressão de estágio apenas na área da Estrutural. Nessa população, três indivíduos retrogrediram para J1 e quatro para J2. Com relação à permanência no estágio A1, dois indivíduos permaneceram nesse estágio na área da Estrutural. Quanto ao crescimento entre os estágios adultos, 2 indivíduos cresceram para o estágio A2 no SAAN. Na Estrutural ocorreu o crescimento de apenas um indivíduo A1 para o estágio A2. Nenhum indivíduo cresceu para os estágios A3, A4 e A5 nas áreas estudadas.

Considerando o estágio A2, foram observados dez episódios de retrogressão para o estágio J2 na área da Estrutural. Com relação à permanência no estágio A2, nove indivíduos permaneceram nesse estágio na área do SAAN e quatro na Estrutural. Quanto ao crescimento entre os estágios adultos, três indivíduos cresceram para o estágio A3 no SAAN. Na Estrutural, ocorreu o crescimento de apenas um indivíduo A2 para o estágio A4. Nenhum indivíduo cresceu para o estágio A5 nas áreas estudadas.

Analisando o estágio A3, houve episódios de retrogressão apenas na área da Estrutural. Dois indivíduos retrogrediram para o estágio J1 e seis para o estágio J2. Oito indivíduos permaneceram no estágio A3 na área do SAAN e 16 na Estrutural. Quanto ao crescimento entre os estágios adultos, um indivíduo cresceu para o estágio A4 no SAAN e na Estrutural ocorreu o crescimento de dois indivíduos A3 para o estágio A4. Nenhum indivíduo cresceu para o estágio A5 nas áreas estudadas.

Considerando o estágio A4, houve casos de retrogressão apenas na área da Estrutural, onde dois indivíduos retrogrediram para o estágio J1 e um para o estágio J2. Um indivíduo permaneceu no estágio A4 na área do SAAN e 17 na Estrutural. Quanto ao crescimento entre os estágios adultos, na Estrutural ocorreu o crescimento de dois indivíduos A4 para o estágio A5. Quanto ao estágio A5, houve casos de retrogressão apenas na área da Estrutural, onde dois indivíduos retrogrediram para o estágio J2. Com relação à permanência no estágio A5, 14 indivíduos permaneceram nesse estágio na área da Estrutural.

A análise de elasticidade mostrou de forma mais clara a influência das mudanças dos parâmetros nos elementos da matriz. A Figura 11 apresenta os dados de elasticidade para a população da área do SAAN e a Figura 12 apresenta os dados de elasticidade para a população da área da Estrutural.

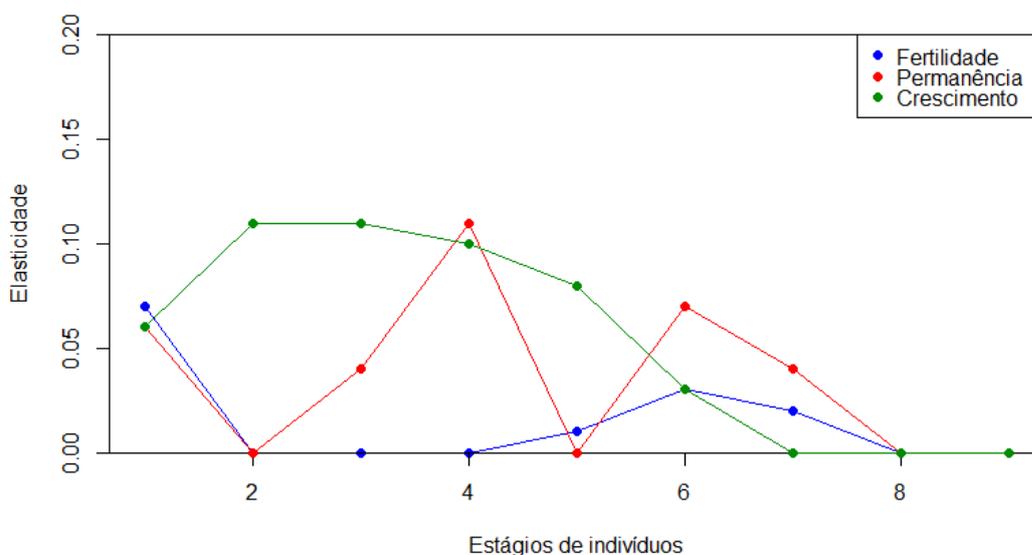


Figura 11 - Elasticidade de λ às mudanças nas probabilidades de sobreviver e permanecer na mesma classe (Permanência), sobreviver e passar para a classe seguinte (Crescimento) e para a fecundidade (Fertilidade) nos estágios: SAAN.

Estágios: 1 para S, 2 para P, 3 para J1, 4 para J2, 5 para A1, 6 para A2, 7 para A3, 8 para A4, 9 para A5.

Fonte: elaborada pela autora.

A probabilidade de sobreviver e permanecer (Permanência) afetou λ mais fortemente não só no estágio S, mas também nos J2 e nos adultos A2. A transição entre as classes (Crescimento) inicialmente apresentou valores crescentes entre os estágios e depois decresceu. Teve a sua maior influência no λ ocorrendo nos estágios P e J1. A fecundidade (Fertilidade) teve uma pequena contribuição para o λ , sendo percebida no estágio S e a partir do estágio A1.

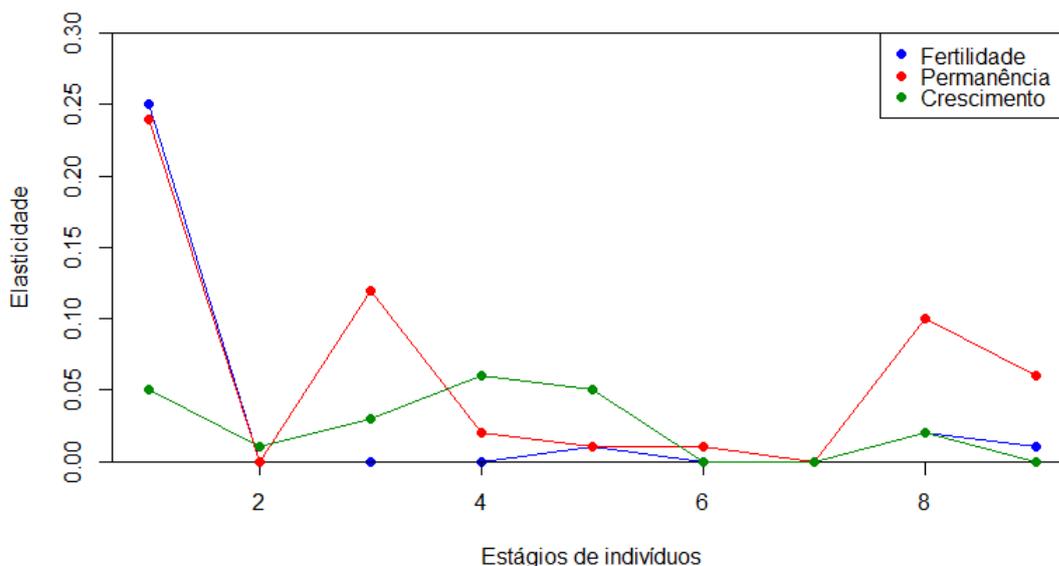


Figura 12 - Elasticidade de λ às mudanças nas probabilidades de sobreviver e permanecer na mesma classe (Permanência), sobreviver e passar para a classe seguinte (Crescimento) e para a fecundidade (Fertilidade) nos estágios: Estrutural.

Estágios: 1 para S, 2 para P, 3 para J1, 4 para J2, 5 para A1, 6 para A2, 7 para A3, 8 para A4, 9 para A5.

Fonte: elaborada pela autora.

A probabilidade de sobreviver e permanecer (Permanência) afetou λ mais fortemente não só no estágio S, mas também no J1 e nos adultos A4. A transição entre as classes (Crescimento) inicialmente apresentou valores crescentes entre os estágios e depois decresceu. Teve a sua maior influência no λ ocorrendo no estágio J2. A fecundidade (Fertilidade) apresentou uma pequena contribuição para o λ , sendo percebida a partir do estágio A1.

5.4 Análise do efeito do fogo sobre a população da área da Estrutural

Analisando a ação do fogo sofrida pela população da área da Estrutural em agosto de 2016, foi constatado que a maior parte dos indivíduos atingidos rebrotou, o que confirma a característica invasora da espécie, apreciadora de áreas perturbadas.

A Figura 13 representa a situação dos indivíduos que compunham a população da Estrutural em 2015 após a queima. Não foram computados os novos indivíduos germinados em 2016.

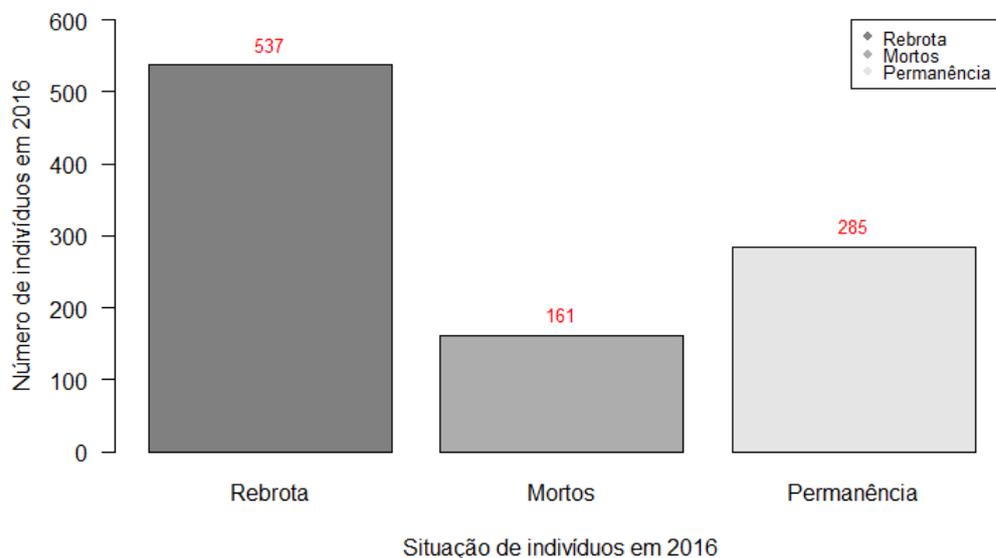


Figura 13 - Situação dos indivíduos que compunham a população da Estrutural em 2015 após a queima em agosto de 2016.
Fonte: elaborada pela autora.

A Figura 13 demonstra que a ação do fogo sobre os indivíduos da população não foi destrutiva. A maior parte dos indivíduos atingidos (537) rebrotou, gerando as retrogressões visualizadas na Figura 10. A Figura 14 apresenta o quantitativo de indivíduos que rebrotaram e os estágios em que se encontravam no segundo censo.

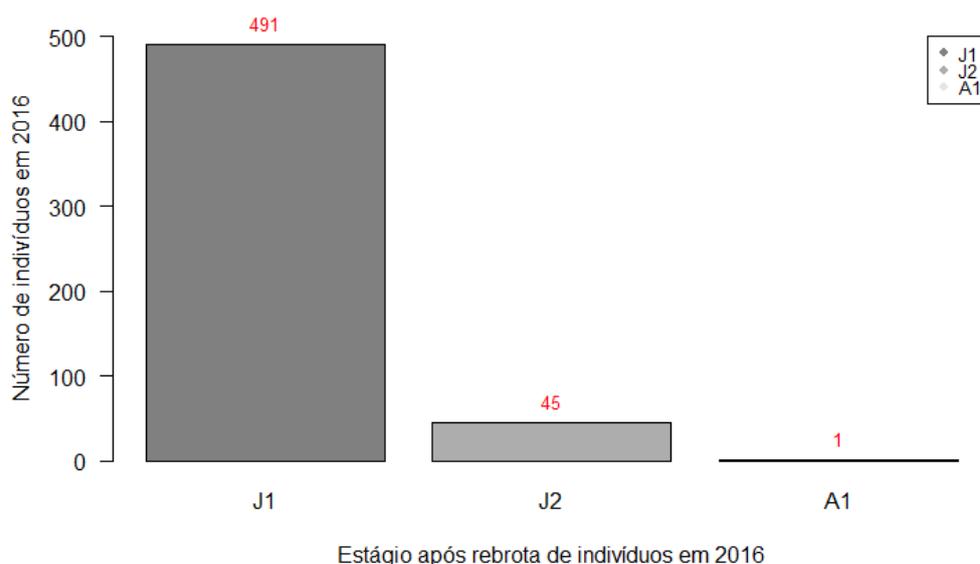


Figura 14 - Quantitativo de indivíduos que rebrotaram e os estágios em que se encontravam no segundo censo: 2016.
Fonte: elaborada pela autora.

Passados três meses após a queima, ocorrida em agosto de 2016, foram observadas rebrotas em três estágios de vida: J1, J2 e A1. 537 indivíduos rebrotaram, sendo que o maior quantitativo de rebrotas está no estágio J1, com 491 indivíduos. O estágio J2 apresenta 45 indivíduos rebrotados e o estágio A1 apenas um indivíduo rebrotado. As Figuras 15 a e 15 b apresentam alguns indivíduos que rebrotaram.

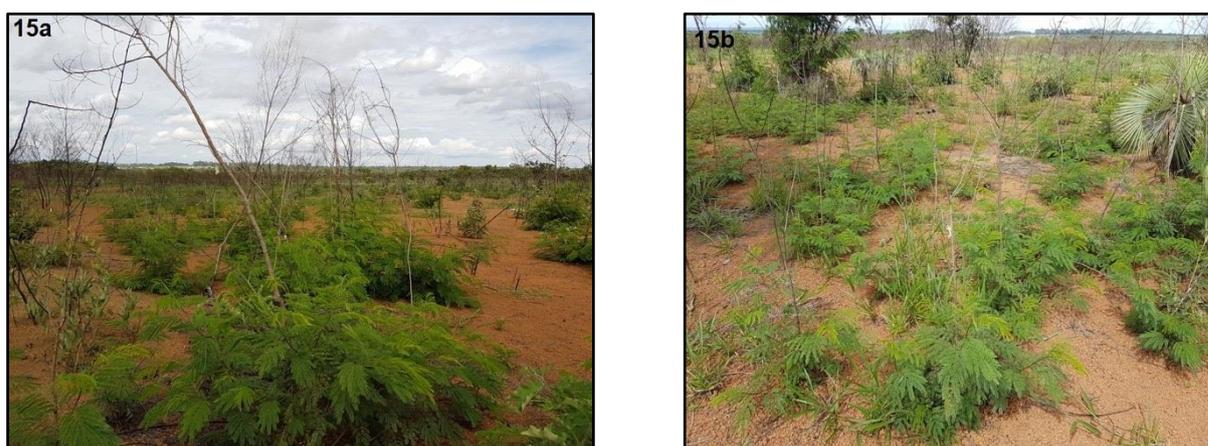


Figura 15 - Rebrotas de indivíduos classificados no estágio J1 após queima ocorrida em agosto de 2016.

Fotos: Marília Machado, novembro de 2016.

6 DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que as duas populações estudadas cresceram, pois apresentaram valores de λ superiores a 1: população do SAAN com $\lambda = 1,74$ e população da Estrutural com $\lambda = 1,09$. Esse resultado corrobora a hipótese de que as taxas de crescimento populacional são diferentes entre as populações, mas não valida a hipótese de que a taxa de crescimento populacional em ambiente perturbado é maior do que em ambiente preservado.

A forma de J invertido para as populações de *Leucaena leucocephala* deve-se ao grande número de indivíduos nos primeiros estágios e à elevada taxa de permanência dos indivíduos nos estágios iniciais do desenvolvimento, com exceção das plântulas que, em áreas intactas, podem apresentar taxa de 100% de mortalidade (Green et al., 2004).

Os indivíduos de maior valor reprodutivo são os adultos: no SAAN são os indivíduos A3 e na Estrutural são os indivíduos classificados como A1. Todos os indivíduos adultos observados e marcados estavam produzindo sementes em grande

quantidade, dispersas principalmente em locais próximos aos parentais (Costa et al., 2015), mas não exclusivamente. A espécie é capaz de formar um banco de sementes persistente (GISD; Marques et al., 2014). Este banco de sementes e o núcleo de dispersão formado pelos indivíduos adultos contribuem de maneira significativa para o potencial invasivo da espécie (Costa et al., 2015).

Os resultados indicam que essas populações tenderão a crescer com o passar do tempo e que serão capazes de se auto sustentar por meio da reprodução dos indivíduos que já se estabeleceram. A longevidade das sementes (GISD) permite que elas germinem em grande quantidade, mesmo após um evento de estresse, como no caso da queimada. Apesar da existência de um banco de sementes longo e de uma alta produção de sementes em cada evento de frutificação, a taxa de germinação nas duas populações ficou em torno de 7% na área do SAAN e em 10% na área da Estrutural. Isso corrobora os argumentos de Kluthcouski (1982) e Marques et al. (2014) que consideram que as sementes de leucena plantadas sem tratamento prévio para a quebra de dormência resultam em um índice de germinação inferior a 50%. Esses baixos índices de germinação contrariam os valores adotados nesse estudo relatados por Guimarães et al. (2009) e por Castro; Dutra (1997). Entretanto, vale ressaltar que devido à grande quantidade de plântulas encontradas na Estrutural, elas foram contadas por amostragem.

As populações apresentaram estrutura de altura semelhante, com grande quantidade de indivíduos jovens e um número menor de adultos estabelecidos (Costa et al., 2015). As duas populações investiram maior esforço no crescimento e na permanência.

Para Martinez-Ramos; Álvarez-Buylla (1995) o λ se modificaria se ocorresse algum fenômeno ambiental que alterasse as taxas de mortalidade dos adultos e a probabilidade de transição dos estágios pré-adultos (J1 e J2) para os estágios adultos. Assim, o alto λ da população de *Leucaena leucocephala* na área da Estrutural pode ser resposta à queima ocorrida em agosto de 2016, mas talvez não reflita o valor que teria caso a população não tivesse sido atingida pelo fogo.

Nas condições estudadas, o recrutamento de *Leucaena leucocephala* na população do SAAN foi, em média, de apenas 0,12 indivíduos.m⁻². Na população da

Estrutural ele foi de 3,07 indivíduos.m⁻². Esse resultado não implica que o recrutamento poderá ser um fator limitante para a longevidade dessas populações, uma vez que, quando comparados os valores absolutos de recrutamento nas duas áreas, eles apresentaram crescimento. Sementes germinaram nas duas áreas, sendo que na área da Estrutural a população teve um alto recrutamento, com sementes germinadas em grande número. Algumas estratégias germinativas das espécies vegetais, como a forma e o tamanho da semente, e as respostas germinativas em função dos ciclos sazonais de temperatura do solo, têm sido apontadas como fatores que contribuem para o sucesso do processo de invasão (Baker, 1974; Mack, 1996; Colautti et al. 2006; Mihulka et al. 2006; Braccini, 2011).

A grande quantidade de sementes germinadas na área da Estrutural pode ser resultado da ação do fogo, que pode ter agido como um tratamento prévio para a quebra da dormência da semente que, segundo Carpanezzi et al. (1990) pode ser superada ordinariamente pelo aquecimento solar ou por queimadas. Além disso, o fogo queimou toda a cobertura vegetal formada por gramíneas exóticas deixando o solo nu e recebendo grande insolação.

Para Kluthcouski (1982) as sementes de leucena são duras e apresentam baixo índice de germinação, inferior à 50%, quando não passam por um tratamento prévio para superação da dormência. Apesar de outros métodos terem sido relatados como quebradores de dormência, entre eles está o uso de água quente que é o que mais se assemelha à ação do fogo (Kluthcouski, 1982). A indução da germinação do banco de sementes pelo fogo é observada em outras leguminosas como *Mimosa scabrella* que possui sementes com dormência tegumentar que é rompida pelo calor em ambientes naturais (Carpanezzi et al.; 1990).

A temperatura não parece ter sido um fator limitante para a germinação das sementes. Em ambiente controlado, o início da germinação de sementes de leucena pode ocorrer em média, em até três dias a uma temperatura de 40° C (Fonseca; Jacobi, 2011).

A razão da mortalidade das plântulas não foi avaliada, mas acredita-se que a alta mortalidade registrada na Estrutural (42%) tenha sido provocada pelo fogo. Wolfe; Van Bloen (2012) encontraram valores próximos de mortalidade de mudas de leucena

(50%) após incêndios provocados a sudoeste de Porto Rico em áreas dominadas por gramíneas africanas e manejadas pelo fogo. No SAAN a mortalidade foi baixa (10,43%), considerando que a germinação ocorreu tanto nas parcelas iluminadas quanto nas sombreadas, já que a baixa incidência de luz solar é um limitante para a germinação de sementes de leucena (Green et al., 2004).

Outro fator que implica no recrutamento é que todos os indivíduos adultos estão investindo em fertilidade, com a produção de sementes, de forma que os indivíduos recrutados ocorreram em maior densidade nas áreas onde havia uma maior concentração de indivíduos adultos, embora não exclusivamente. Os recrutas apareceram tanto nas faixas periféricas quanto nas parcelas consideradas internas nas áreas estudadas. Isso respalda o resultado encontrado por Dislich et al. (2002), que demonstrou que algumas características são comuns aos taxa com potencial invasor e bem sucedidos em seu estabelecimento, tais como: o hábito pioneiro (Rejmánek, 1996; Sakai et al., 2001); o curto tempo de geração; a alta fecundidade (Newsome; Noble, 1986; Noble, 1989; Costa, J.; Durigan, 2010); a alta taxa de crescimento (Sakai et al., 2001); e a sobrevivência com populações formadas por indivíduos de longa duração e resistentes à mortalidade (Newsome; Noble, 1986).

O fogo também não foi preponderante na redução de crescimento da população na Estrutural. O número de mortos (161) foi menor do que o número dos que permaneceram em seu estágio (285) e dos que rebrotaram (537). A rebrota constante, que já era relatada após o corte em árvores de leucena (Brewbaker; Sorensson, 1994), também ocorre após a queima (Carpanezzi et al., 1990).

A disponibilidade de propágulos da espécie é constante, devido à proximidade das fontes primárias das áreas estudadas. As áreas limítrofes, tanto do SAAN quanto da Estrutural, apresentam vários indivíduos adultos de *Leucaena leucocephala*. Eles funcionam como fonte de propágulos para a invasão tanto quanto os indivíduos adultos já presentes no interior do PNB (Dislich et al., 2002), colaborando inclusive para a formação do banco de sementes, podendo influenciar a dinâmica populacional.

Tendo em vista que a ausência de herbivoria, patógenos e predadores podem explicar o processo de invasão e de espalhamento de espécies vegetais (DeWalt et al., 2004; Vilà et al., 2005) e aliada à alta taxa de crescimento populacional de

Leucaena leucocephala, as densidades já alcançadas, a tendência de crescimento futuro da população e a sua aparente capacidade de estabelecimento tanto em ambiente preservado quanto em ambiente alterado, a espécie apresenta uma tendência de impactar a vegetação nativa das áreas estudadas no interior do PNB.

7 CONCLUSÃO

Esse é um estudo inovador por abordar a dinâmica populacional da espécie com potencial invasor *Leucaena leucocephala* tanto em ambiente preservado quanto em ambiente alterado no interior de uma unidade de conservação de proteção integral. Ele aponta que as populações estudadas de leucena estão crescendo nos dois tipos de ambiente. No caso do PNB, o corte dos indivíduos da espécie na área do SAAN, mesmo que não avaliado, e a queima na área da Estrutural não conseguiram evitar o crescimento e o espalhamento da espécie no interior do parque.

Os resultados obtidos demonstraram que as duas populações apresentam estrutura de altura semelhante e que investem fortemente na sobrevivência e no crescimento. Assim, o manejo dos estágios mais jovens pode impedir o aumento da população dificultando a chegada deles aos estágios adultos. O tipo de ambiente não se mostrou limitante do crescimento populacional. Os resultados alcançados mostraram que a população em ambiente preservado apresenta um crescimento maior do que em ambiente alterado, mas esse resultado pode ter sido influenciado pela ação da queima ocorrida na área alterada.

A erradicação e o controle de espécies invasoras após o estabelecimento é caro e de difícil implantação. O corte de indivíduos juvenis e adultos realizado em 2010 não se mostrou eficiente, uma vez que uma grande quantidade de indivíduos rebrotou. O fogo, mesmo que não intencional, também não se mostrou eficiente para a contenção da população, ao contrário, se mostrou como um agente de quebra de dormência das sementes e facilitador da germinação. Sendo assim, sugere-se continuidade de pesquisas sobre formas de erradicação das populações da espécie no interior do PNB, uma vez que as estratégias de corte e fogo não se mostraram eficientes. O trabalho de erradicação se mostra urgente e deve ser acompanhado por um plano de restauração florestal, principalmente na área da Estrutural. Os projetos de restauração devem ser parcerias entre gestores ambiental e biólogos da

conservação, e as atividades de controle da espécie devem ser feitas dentro de um plano de restauração abrangente para o ecossistema. A utilização de ações adicionais como a modificação de processos ecossistêmicos com o uso do fogo deve ser feita com cautela.

A simples retirada das árvores de leucena sem o plano de restauração não resolverá o problema. Mesmo que ao adultos sejam retirados o banco de sementes permanecerá por muitos anos. Essa retirada pode deixar o solo ainda mais exposto o que pode permitir a chegada e o estabelecimento de novos invasores. O plantio de mudas que provoquem o sombreamento da área e auxiliem na regeneração natural são ações que podem prejudicar a dominância da leucena no local. As mudas de leucena crescem mais rápido que as mudas nativas. O crescimento lento e a alta mortalidade de mudas nativas em áreas invadidas por plantas invasoras contribuem para o domínio da leucena na vegetação que se regenera nesses locais. Apesar do seu potencial invasor e da sua prevalência sobre as espécies nativas, Wolfe; Van Bloen (2012) sugerem que a leucena pode desempenhar um papel benéfico na restauração de florestas secas.

Assim, recomenda-se a continuidade da pesquisa na área da Estrutural para verificar os efeitos da ação do fogo na germinação das sementes de leucena. São sugeridos também novos estudos sobre a dinâmica populacional após a restauração dos indivíduos na área e com a simulação de queimas periódicas para verificar o comportamento da população.

8 REFERÊNCIAS

BAKER, H. The evolution of weeds. *Annual Review of Ecology and Systematics*. v. 5, p. 1-24, 1974.

BLOSSEY, B.; NÖTZOLD, R. Evolution and increased competitive ability in invasive nonindigenous plants: a hypothesis. *Journal of Ecology*. v. 83, p. 887-889, 1995.

BRACCINI, A. de L. Banco de Sementes e Mecanismos de Dormência em Sementes de Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA Jr., R. S. et al. (eds). *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. P. 37-66, 2011.

BREWBAKER, J. L.; SORENSSON, C. Domestication of lesser-known species of *Leucaena*. In: LEAKEY, R.; NEWTON, A. (eds) *Tropical trees: the potential for domestication*. Edinburgh: Institute of Terrestrial Ecology, 1994. p.195-204.

- CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: a observação de laboratórios naturais. Comissão Técnica 5 – Funções Múltiplas das Florestas: Conservação e Recuperação do Meio Ambiente. In: VI Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão, São Paulo. *Anais...* Campos do Jordão, 1990, p. 216-221.
- CASTRO, J. R.; DUTRA, A. S. Influência do tamanho das sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit) cv. Cunningham na germinação e no vigor. *Revista Brasileira de Sementes*. v. 19, n. 1, p. 88-90, 1997.
- CASWELL, H. *Matrix Population Models – construction, analysis, and interpretation*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers, 2006. 722 p.
- CHONG, G. W.; OTSUKI, Y.; STOHLGREN, T. J.; GUENTHER, D.; EVANGELISTA, P.; VILLA, C.; WATERS, A. Evaluating plant invasions from both habitat and species perspectives. *Western North American Naturalist*. v. 66, n.1, 8, p. 92-105, 2006.
- COSTA, J. N. M. N.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): INVASORA OU RUDERAL? *Revista Árvore*. v. 34, n. 5, p. 825-833, 2010.
- COSTA, J. T.; FONSECA, I. B. C.; BIANCHINI, E. Population structure of the invasive species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in a seasonal semi-deciduous forest, southern Brazil. *Australian Journal of Botany*. p. a-g, 2015.
- COLAUTTI, R. I.; GRIGOROVICH, I. A.; MACISAAC, H. J. Propagule pressure: a null model for biological invasions. *Biological Invasions*. v. 8, p. 1023-1037, 2006.
- CRONE, E.E.; MENGES, E.S.; ELLIS, M.M.; BELL, T.; BIERZYCHUDEK, P.; EHRLÉN, J.; KAYE, T. N.; KNIGHT, T.M.; LESICA, P.; MORRIS, W.F.; OOSTERMEIJER, G.; QUINTANA-ASCENCIO, P.F.; STANLEY, A.; TICKTIN, T.; VALVERDE, T.; WILLIAMS, J.L. How do plant ecologists use matrix population models? *Ecology Letters*. v. 14, p. 1–8, 2011.
- DAEHLER, C.C. Performance comparisons of co-occurring native and alien invasive plants: implications for conservation and restoration. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*. v. 34, p. 183–211, 2003.
- DAVIS, J.; GRIME P.; THOMPSON K. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. *Journal of Ecology*. v. 88, p. 528-534, 2000.
- DeWALT, S.J. Population dynamics and potential for biological control of an exotic invasive shrub in Hawaiian rainforests. *Biological Invasions*. v. 8, p. 1145–1158, 2006.
- DISLICH, R.; KISSER, N.; PIVELLO, V. R. A invasão de um fragmento florestal em São Paulo (SP) pela palmeira australiana *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude. *Revista Brasileira de Botânica*. v.25, n.1, p.55-64, 2002.
- DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. Leucena (*Leucaena leucocephala*): leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. *Comunicado Técnico*, 262: Embrapa Florestas, Colombo, PR; 142: Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, 2010. 8p.

EMERY, S.M.; LUKE FLORY, S.; CLAY, K.; ROBB, J.R.; WINTERS, B. Demographic responses of the invasive annual grass *Microstegium vimineum* to prescribed fires and herbicide. *Forest Ecology and Management*. v. 308, p. 207–213, 2013.

FISCH, S. T. V. *Dinâmica de Euterpe edulis Mart. na Floresta Ombrófila Densa Atlântica Em Pindamonhangaba - SP*. 1998. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. *Leucaena leucocephala* – uma leguminosa com múltiplas utilidades para os trópicos. *Comunicado Técnico*. EMBRAPA, 1986. p. 1-7.

FONSECA, N. G.; JACOBI, C. M. Desempenho germinativo da invasora *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. e comparação com *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. e *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. (Fabaceae). *Acta Botanica Brasílica*. v. 25, n. 1, p. 191-197, 2011.

FUNATURA/IBAMA (Fundação Pró-Natureza/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). *Plano de Manejo do Parque Nacional de Brasília*. IBAMA. v. 1, s/n. p.

GISD - Global Invasive Species Database. Disponível em:<<http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=23&lang=FR>>. Acesso em agosto/2015).

GONÇALVES, E.G.; LORENZI, H. *Morfologia Vegetal – Organografia e Dicionário Ilustrado de Morfologia das Plantas Vasculares*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007. 416 p.

GREEN, P.T.; LAKE, P.S.; O'DOWD, D.J. Resistance of Island Rainforest to Invasion by Alien Plants: Influence of Microhabitat and Herbivory on Seedling Performance. *Biological Invasions*. v. 61, p.1-9, 2004.

GUIMARÃES, A. R. M.; COSTA, C. F. A.; GARCIA, Q. S. Dinâmica do banco de sementes da espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. do Parque Ecológico da Pampulha, BH Brasil. In: IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço – MG. *Anais*. 2009. p. 1-4.

HOFFMANN, W.A.; HARIDASAN, M. The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration in a Neotropical savanna. *Austral Ecology*. v. 33, p. 29–36, 2008.

HOROWITZ, C.; MARTINS, C. R.; MACHADO, T. *Espécies exóticas arbóreas, arbustivas e herbáceas que ocorrem nas zonas de uso especial e de uso intensivo do Parque Nacional de Brasília: diagnósticos e manejo*. MMA, Brasília, 2007.

HOROWITZ, C.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, V.; PACHECO, G.; SOBRINHO, R. I. Manejo da Flora Exótica Invasora no Parque Nacional de Brasília: Contexto Histórico e Atual. *Biodiversidade Brasileira*. v. 3, n. 2, p. 2017-236, 2013.

KLUTHCOUSKI, J. Leucena: alternativa para a pequena e média agricultura. *Circular Técnica*, 6. Brasília: EMBRAPA-CNPAF, 1982.

LIMA, P. C. F. *Comportamento de Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. comparado com Prosopis juliflora (SW) DC e Eucalyptus alba Reinw ex Blume em Petrolina (PE), região semi-árida do Brasil.* 1992. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LIMA, P. C. F. Leucena. In: KIILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Orgs.). *Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido.* Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 157-205, 2005.

LONSDALE, W.M. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology.* v. 80, p. 1522-1536, 1999.

LORENZI, H; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. 2003. *Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas.* Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

MACK, R.N. Predicting the identity and fate of plant invaders: emergent and emerging approaches. *Biological Conservation.* v. 78, p. 107-121, 1996.

MARQUES, A. R.; COSTA, C. F.; ATMAN, A. P. F.; GARCIA, Q. S. Germination characteristics and seedbank, of the alien species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in Brazilian forest: ecological implications. *Weed Research – An International Journal of Weed Biology, Ecology and Vegetation Management.* v. 54, p. 576-583, 2014.

MARTINEZ-RAMOS, M.; ÁLVAREZ-BUYLLA, E. Ecología de poblaciones de plantas en una selva húmeda de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México.* v. 56, p. 121- 153, 1995.

MELO-SILVA, C.; PERES, M. P.; MESQUITA NETO, J. N.; GONÇALVES, B. B.; LEAL, I. A. B. Biologia reprodutiva de *L. leucocephala* (Lam.) R. de Wit (Fabaceae: Mimosoideae): sucesso de uma espécie invasora. *Neotropical Biology and Conservation,* v. 2, n. 9, pág. 91-97, 2014.

MIHULKA, S.; PYSEK, P.; MARTINKOVA, J.; JAROSIK, V. Invasiveness of *Oenothera* congeners alien to Europe: Jack of all trades, master of invasion? *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics.* v. 8, p. 83-96, 2006.

MOTTA, C. P. *Dinâmica populacional de uma gramínea invasora e um arbusto nativo: Implicações para a restauração ecológica no Cerrado.* 2017. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília.

NEWSOME, A. E.; NOBLE, I. R. Ecological and physiological characters of invading species. In: GROVES, R. H.; BURDON, J. J. (eds). *Ecology of Biological Invasions.* Cambridge: Cambridge Univ. Press, p. 1–20, 1986. 166 p.

NOBLE, I.R. Attributes of invaders and the invading process: terrestrial and vascular plants. In: DRAKE, J. A.; MOONEY, H. A.; di CASTRI, F.; GROVES, R. H.; KRUGER, F. J.; REJMÁNEK, M.; WILLIAMSON, M. H. (eds). *Biological invasions: a global perspective.* Wiley, Chichester, p.301-313, 1989.

PARKER, I.M. Invasion dynamics of *Cytisus scoparius*: a matrix model approach. *Ecological Applications.* v. 10, p. 726–743, 2000.

RAY, G. J.; BROWN, B. J. Seed Ecology of Woody Species in a Caribbean Dry Forest. *Restoration Ecology*. v. 2, n. 3, p. 156-163, 1994.

REJMÁNEK, M.; A theory of seed plant invasiveness: the first sketch. *Biological Conservation*. v. 78, p. 171-181, 1996.

RICHARDSON, D. M.; PYŠEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M. G.; PANETTA, F. D.; WEST, C. J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*. v. 6, p. 93–107, 2000.

SAKAI, A. K.; ALLENDORF, F. W.; HOLT, J. S.; LODGE, D. M.; MOLOFSKY, J.; WITH, K. A.; BAUGHMAN, S.; CABIN, R. J.; COHEN, J. E.; ELLSTRAND, N. C.; McCAULEY, D. E.; O'NEIL, P.; PARKER, I. M.; THOMPSON, J. N.; WELLER, S. G. The Population Biology of Invasive Species. *Annual Review of Ecology and Systematics*. v. 32, p. 305–332, 2001.

SIMBERLOFF, D. Invasive species – what everyone needs to know. Oxford University Press, New York, pp. 329, 2013.

STUBBEN, C.; MILLIGAN, B. Estimating and Analyzing Demographic Models Using the popbio Package in R. *Journal of Statistical Software*. v. 22, n. 11, p. 1-23, 2007.

WALLACE, J.M.; PRATHER, T.S. Comparative demography of an exotic herbaceous annual among plant communities in invaded canyon grassland: Inferences for habitat suitability and population spread. *Biological Invasions*. v. 15, p. 2783–2797, 2013.

WALTON, C. S. *Leucaena (Leucaena leucocephala) in Queensland – Pest Status Review*. Series – Land Protection. Brisbane: Department of Natural Resources and Minas, 2003. 55 p.

WOLFE, B. T.; Van BLOEM, S. J. Subtropical dry forest regeneration in grass-invaded areas of Puerto Rico: Understanding why *Leucaena leucocephala* dominates and native species fail. *Forest Ecology and Management*. v. 267, p. 253-261, 2012.

ZÁRATE, S. Revisión del genero *Leucaena* in Mexico. *Anales del Instituto de Biología*, serie Botánica, Mexico City, v. 65, p. 83-162, 1994.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo se mostrou inovador em vários pontos sobre o estudo da espécie *Leucaena leucocephala*. Considerando a introdução da espécie em território brasileiro, foi verificado que ela já estava presente no Brasil antes da sua introdução mais antiga registrada por instituição de pesquisa que ocorreu em 1940, sendo o seu primeiro registro feito em 1831.

Outra novidade refere-se ao estudo da espécie em uma unidade de conservação federal. O Parque Nacional de Brasília é a Unidade de Conservação Federal com o maior número de espécies exóticas invasoras registradas. A partir do

trabalho de campo realizado nas áreas de estudo no PNB foi constatado que as duas populações de *Leucaena leucocephala* encontradas e estudadas se encontram estabelecidas em áreas preservada e alterada, e já ultrapassaram as barreiras iniciais do processo de invasão, apresentando reprodução e disseminação consolidada. Os resultados mostraram que as populações apresentam uma capacidade de estabelecimento tanto em ambiente preservado quanto em ambiente alterado modificando conclusões anteriores sobre o caráter invasivo da espécie e sobre a sua incapacidade de estabelecimento em áreas preservadas. Nas duas áreas as populações apresentam indivíduos em todas as classes de tamanho e adultos reprodutivos foram encontrados em distâncias superiores a 100 m do ponto de introdução demonstrando o caráter invasivo da espécie.

O manejo e controle das EEIs fazem parte da gestão das UCs. Resumidamente, por três categorias de ação: a prevenção, a erradicação e o controle. O PNB como Unidade de Conservação deve, como medida inicial, prevenir o estabelecimento de grupos de espécies exóticas que coloquem em risco a biodiversidade. Esse não é o caso da leucena, que apresenta-se estabelecida nas duas áreas estudadas. Assim, nessas áreas deve-se prosseguir com ações de erradicação e de controle.

O corte de árvores ocorrido em 2010 no SAAN como forma de manejo e o fogo em agosto de 2016 na Estrutural não se mostraram eficazes na contenção das populações. As populações demonstram acelerado processo de regeneração. Rebrotas ocorreram em um grande número de indivíduos além da presença de uma grande quantidade de indivíduos novos emergidos do banco de sementes. Isso demonstra que além da regeneração, os grupos estão se dispersando. Além disso, a disponibilidade de propágulos da espécie é constante, a partir das fontes primárias que estão próximas das áreas estudadas. Assim, salvo a contenção das populações no interior do PNB justifica-se o manejo das populações externas à UC e que funcionam como fonte primária de propágulos.

Os grupos estudados apresentam estrutura de altura semelhante e investem fortemente na sobrevivência e no crescimento, o que sugere que os estágios iniciais devem ser manejados para conter o espalhamento das plantas. As altas taxas de

crescimento populacional e as densidades alcançadas revelam uma tendência de impactar a vegetação nativa das áreas estudadas no interior do PNB. Apesar do crescimento mais lento do que o relatado na literatura, as árvores de leucena apresentam desenvolvimento mais rápido do que as árvores nativas do cerrado. Isso pode provocar uma competição por recursos dificultando o crescimento da flora nativa. Na área da Estrutural, que apresenta-se muito alterada, sugere-se o plantio de espécies arbóreas nativas perenifólias e que se adaptem a esse ambiente. Esse pode ser um consórcio que amenize a dispersão da espécie no longo prazo, pois quando essas árvores nativas crescerem, a sombra proporcionada pelas suas copas dificultará a germinação das sementes novas e do banco de sementes.

Esse estudo contemplou alguns aspectos invasivos da espécie. Novos estudos sobre a interação da leucena com espécies nativas devem ser feitos para um melhor entendimento de como essas populações invasoras podem interagir com populações nativas. Novos estudos devem ser feitos em ambientes diferentes e em períodos de tempo maiores para entender melhor a relação entre as populações de leucena e a flora nativa.

REFERÊNCIAS GERAIS

- AIKIO, S.; DUNCAN, R.P.; HULME, P.E. Lag-phases in alien plant invasions: separating the facts from the artefacts. *Oikos*, v. 119, p. 370–378, 2010.
- ALBERNAZ, A. L. K. M.; ÁVILA-PIRES, T. C. S. (org.). *Espécies Ameaçadas de Extinção e Áreas Críticas para Biodiversidade no Pará*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi / Conservation Internacional, 2009. 56p.
- ALLEN, J.A.; BROWN, C.S. & STOHLGREN, T.J. Non-native plant invasions of United States National Parks. *Biological Invasions*. v. 11, p. 2195–2207, 2009.
- ANDERSON, R. P.; HANDLEY, C.O. A new species of three-toed sloth (Mammalia: Xenarthra) from Panama, with a review of the genus *Bradypus*. The Biological Society of Washington, 2001, Washington. *Proceedings*, 2001. v. 114, n. 1, p. 1-33.
- ANDERSON, R. P.; LEWC, D.; PETERSON, A. T. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, n. 162, p. 211-232, 2003.
- BAKER, H. The evolution of weeds. *Annual Review of Ecology and Systematics*. v. 5, p. 1-24, 1974.

BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE ADOLPHO LUTZ. Disponível em: <http://www.bvsalutz.coc.fiocruz.br/>. Acesso em março/2017.

BIVAND, R.; LEWIN-KOH, N. *maptools: Tools for Reading and Handling Spatial Objects*. R package version 0.8-40. 2016. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=maptools>. Acesso em agosto/2016.

BLACKBURN, T. M.; PYŠEK, P.; BACHER, S.; CARLTON, J. T., DUNCAN, R. P.; JAROŠÍK, V.; WILSON, J. R. U.; RICHARDSON, D. M. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*. v. 26, p. 333–339, 2011.

BLOSSEY, B.; NÖTZOLD, R. Evolution and increased competitive ability in invasive nonindigenous plants: a hypothesis. *Journal of Ecology*, v. 83, p. 887-889, 1995.

BRACCINI, A. de L. Banco de Sementes e Mecanismos de Dormência em Sementes de Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA Jr., R. S. et al. (eds). *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. P. 37-66, 2011.

BRAGA, E. P.; ZENNI, R. D.; HAY, J. D. A new invasive species in South America: *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlttdl. *BioInvasions Records*. v. 3, n. 3, p. 207-211, 2014.

BRANDT, R; BARROS, F. *Regressão Linear e Ancova*. Disponível em: <http://renatabrandt.github.io/EBC2015/RegressaoLinear.html>. Acesso em 15/08/2017.

BREWBAKER, J. L. *Guide to the systematics of genus Leucaena (Mimosaceae)*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1978. 16p.

BREWBAKER, J. L.; SORENSSON, C. Domestication of lesser-known species of *Leucaena*. In: LEAKEY, R.; NEWTON, A. (Ed.) *Tropical trees: the potential for domestication*. Edinburgh: Institute of Terrestrial Ecology, 1994. p.195-204.

BREWBAKER, J. L. *Guide to the systematics of genus Leucaena (Mimosaceae)*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1978. 16p.

BURGMAN, M.; GRIMSON, R.; FERSON, S. Inferring threat from scientific collections. *Conservation Biology*, v. 9, p.923–928, 1995.

BUSWELL, J. M.; MOLES, A. T.; HARTLEY, S. Is rapid evolution common in introduced plant species? *Journal of Ecology*, v. 99, n. 1, p. 214-224, 2011.

CAMPOS, J. B.; TOSSULINO, M. G. P.; MÜLLER, C. R. C. *Unidades de Conservação: Ações para valorização da biodiversidade*. Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba, Paraná, 2005.

CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: a observação de laboratórios naturais. Comissão Técnica 5 – Funções Múltiplas das Florestas: Conservação e Recuperação do Meio Ambiente. In: VI Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão, São Paulo. *Anais...* Campos do Jordão, 1990, p. 216-221.

CASA DE OSWALDO CRUZ. *Dicionário Histórico-Biográfico das Ciências da Saúde no Brasil (1832-1930)*. Casa de Oswaldo Cruz / Fiocruz. Disponível em: <http://www.dichistoriasaude.coc.fiocruz.br>. Acesso em março/2017.

CASA DE RUI BARBOSA. Glaziou – o paisagista do Império. Disponível em: <http://www.casaruibarbosa.gov.br/glaziou/biografia.htm>. Acesso em março/2017.

CASAS, A.; CABALLERO, J. Traditional management and morphological variation in *Leucaena esculenta* (Fabaceae: Mimosoideae) in the Mixtec region of Guerrero, Mexico. *Economic Botany*, New York, v. 50, p. 167-181, 1996.

CASTRO, J. R.; DUTRA, A. S. Influência do tamanho das sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit) cv. Cunningham na germinação e no vigor. *Revista Brasileira de Sementes*. v. 19, n. 1, p. 88-90, 1997.

CASWELL, H. *Matrix Population Models – construction, analysis, and interpretation*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers, 2006. 722 p.

CATIE – Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza. *Leucaena, Leucaena leucocephala* (Lam. de Wit.): espécie de árbol de use múltiple em América Central. *Informe Técnico*, n. 166, 1991. 60 p.

CHEW, M. Ecologists, Environmentalists, Experts, and the Invasion of the ‘Second Greatest Threat’. *International Review of Environmental History*. v. 1, p. 7-40, 2015.

CHONG, G. W.; OTSUKI, Y.; STOHLGREN, T. J.; GUENTHER, D.; EVANGELISTA, P.; VILLA, C.; WATERS, A. Evaluating plant invasions from both habitat and species perspectives. *Western North American Naturalist*. v. 66, n.1, 8, p. 92-105, 2006.

COLAUTTI, R. I.; GRIGOROVICH, I. A.; MACISAAC, H. J. Propagule pressure: a null model for biological invasions. *Biological Invasions*. v. 8, p. 1023-1037, 2006.

COLAUTTI, R. I.; MacISAAC, H. J. A neutral terminology to define ‘invasive’ species. *Diversity and Distributions*. v. 10, p. 135-141, 2004.

COLLA, F. B.; WAECHTER, J. L. Flora Ilustrada no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 11, n. 1, p. 119-129, 2013.

COLON, S. M; LUGO, A. E. Recovery of a subtropical dry forest after abandonment of diferente land uses. *Biotropica*. v. 38, n. 3, p. 354-364, 2006.

CORREA, A. M. S.; FONSECA, K. Flora Polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, SP, Brasil). Família: 119-Oxalidaceae. *Hoehnea*, v. 42, n. 3, p. 597-602, 2011.

CORRÊA, P. L. P.; CARVALHAES, M. A.; SARAIVA, A. M.; RODRIGUES, F. A.; RODRIGUES, E. S. C.; ROCHA, R. L. A. *Computational techniques for biologic species distribution modeling*. In: *Computational Methods for Agricultural Research – Advances and Applications*. p. 308-325, 2011.

CORREA, S. M. S. Africanizando a paisagem sulina: a invasão de uma gramínea exótica. In: CORREA, S. M. S. (org.) *Bioses Africanas no Brasil: Notas de História Ambiental*. Itajaí – SC: Casa Aberta Editora. 2012. 213 p.

COSTA, A. L.; BRITO, P. F. A.; DA LUZ, E. A. T.; VALENTIM, J. F. Introdução e Avaliação de Leguminosas Forrageiras. Estado do Acre. *Comunicado Técnico*, 9: EMBRAPA, 1979. 14p.

COSTA, J. N. M. N.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): INVASORA OU RUDERAL? *Revista Árvore*. v. 34, n. 5, p. 825-833, 2010.

COSTA, J. T.; FONSECA, I. B. C.; BIANCHINI, E. Population structure of the invasive species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in a seasonal semi-deciduous forest, southern Brazil. *Australian Journal of Botany*. p. a-g, 2015.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; MAGALHÃES, J. A.; TOWNSEN, C. R.; OLIVEIRA, J. R. C. Avaliação agronômica de genótipos de Leucena em Ariquemes, Rondônia. *Comunicado Técnico*, 288: EMBRAPA Rondônia, Porto Velho, RO, 2004. 4p.

COUSENS, R.; ADES, P.K.; MESGARAN, M.B.; OHADI, S. Reassessment of the invasion history of two species of *Cakile* (Brassicaceae) in Australia. *Cunninghamia*. v. 13, p. 275–290, 2013.

COUSENS, R.; MORTIMER, M. *Dynamics of weed populations*. Cambridge University Press, Cambridge, 1995. 348p.

CRONE, E.E.; MENGES, E.S.; ELLIS, M.M.; BELL, T.; BIERZYCHUDEK, P.; EHRLÉN, J.; KAYE, T. N.; KNIGHT, T.M.; LESICA, P.; MORRIS, W.F.; OOSTERMEIJER, G.; QUINTANA-ASCENCIO, P.F.; STANLEY, A.; TICKTIN, T.; VALVERDE, T.; WILLIAMS, J.L. How do plant ecologists use matrix population models? *Ecology Letters*. v. 14, p. 1–8, 2011.

DAEHLER, C.C. Performance comparisons of co-occurring native and alien invasive plants: implications for conservation and restoration. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*. v. 34, p. 183–211, 2003.

DALAPICOLLA, J. *Tutorial de modelos de distribuição de espécie: guia teórico*. 2016. Laboratório de Mastozoologia e Biogeografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <http://blog.ufes.br/lamab/tutoriais>. Acesso em 20/05/2017.

DALAPICOLLA, J. *Tutorial de modelos de distribuição de espécies: guia prático usando o MaxEnt e o ArcGIS 10*. 2016. Laboratório de Mastozoologia e Biogeografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <http://blog.ufes.br/lamab/tutoriais>. Acesso em 20/05/2017

D'ANTONIO, C.M.; MEYERSON, L. A. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration. *Restoration Ecology*. V.10, p. 703-713, 2002.

DAVIS, J.; GRIME P.; THOMPSON K. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. *Journal of Ecology*. v. 88, p. 528-534, 2000.

DEHNEN-SCHMUTZ, K.; WILLIAMSON, M. *Rhododendron ponticum* in Britain and Ireland: Social, Economic and Ecological Factors in its Successful Invasion. *Environment and History*. v. 12, p. 325-350, 2006.

DELARIVA, R. L.; AGOSTINHO, A. Introdução de espécies: uma síntese comentada. *Acta Scientiarum*. v. 21, n. 2, p. 255-262. 1999.

DeWALT, S.J. Population dynamics and potential for biological control of an exotic invasive shrub in Hawaiian rainforests. *Biological Invasions*. v. 8, p. 1145–1158, 2006.

DIJKMAN, M. J. *Leucaena* - a promising soil erosion control plant. *Economic Botany*, v. 4, pág. 337-349, 1950.

DISLICH, R.; KISSER, N.; PIVELLO, V. R. A invasão de um fragmento florestal em São Paulo (SP) pela palmeira australiana *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude. *Revista Brasileira de Botânica*. v.25, n.1, p.55-64, 2002. Disponível em: <https://www.nybg.org/>. Acesso em janeiro/março/2017.

DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. Leucena (*Leucaena leucocephala*): leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. *Comunicado Técnico*, 262: Embrapa Florestas, Colombo, PR; 142: Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, 2010. 8p.

EBRAHIMI, E.; ESLAMI, S. V. Effect of environmental factors on seed germination and seedling emergence of invasive *Ceratocarpus arenarius*. *Weed Research*. v. 52, p. 50-59, 2011.

ELITH, J.; GRAHAM, C. H. Do they? How do they? Why do they differ? On finding reasons for differing performances of species distribution models. *Ecography*, n. 32, p. 66-77, 2009.

ELITH, J.; PHILLIPS, S. J.; HASTIE, T.; DUDÍK, M.; CHEE, Y. E.; YATES, C. J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distribution*, v. 17, p. 43-57, 2011.

ELTON, C. S. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 196, 1958.

EMERY, S.M.; LUKE FLORY, S.; CLAY, K.; ROBB, J.R.; WINTERS, B. Demographic responses of the invasive annual grass *Microstegium vimineum* to prescribed fires and herbicide. *Forest Ecology and Management*. v. 308, p. 207–213, 2013.

EVANS, L. T. The domestication of crop plants. In: EVANS, L. T. *Crop evolution, adaptation and yield*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p. 62-112.

Faculdade de Ciências Agrárias – Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP). *Análise de Agrupamentos* (Cluster Analysis). Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/CienciadoSolo/gepag/3.agrupamentos.pdf>. Acesso em 01/08/2017.

FENNELL, M.; MURPHY, J. E.; GALLAGHER, T.; OSBORNE, B. Simulating the effects of climate change on the distribution of an invasive plant, using a high resolution

local scale, mechanistic approach: challenges and insights. *Global Change Biology*, v. 19, p. 1262-1274, 2013.

FERREIRA, D.F. *Estatística multivariada*. Lavras: Editora UFLA, 2008. p. 389- 391.

FISCH, S. T. V. *Dinâmica de Euterpe edulis Mart. na Floresta Ombrófila Densa Atlântica Em Pindamonhangaba - SP*. 1998. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FONSECA, N. G.; JACOBI, C. M. Desempenho germinativo da invasora *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. e comparação com *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. e *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. (Fabaceae). *Acta Botanica Brasilica*. v. 25, n. 1, p. 191-197, 2011.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. *Leucaena leucocephala* – uma leguminosa com múltiplas utilidades para os trópicos. *Comunicado Técnico*. EMBRAPA, 1986. p. 1-7.

FRANCO, J. L. A.; DRUMMOND, J. A. Frederico Carlos Hoehne: a atualidade de um pioneiro no campo da proteção à natureza no Brasil. *Ambiente e Sociedade*, v. 8, n. 1, p. 1-27, 2005.

FRANKLIN, J. *Mapping Species Distribution: Spatial inference and Prediction*. Cambridge University Press, 2010. 320p.

FUENTES, N.; UGARTE E.; KUHN I.; KLOTZ. S. Alien plants in Chile: inferring invasion periods from herbarium records. *Biological Invasions*. v. 10, p. 649–657, 2008.

FUNATURA/IBAMA (Fundação Pró-Natureza/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). *Plano de Manejo do Parque Nacional de Brasília*. IBAMA. v. 1, s/n p.

FUNK, J., VITOUSEK, P. M. Resource-use efficiency and plant invasion in low-resource systems. *Nature*. v. 446, p. 1079-1081, 2007.

FURINI, P. R. *Modelagem preditiva de distribuição passada e futura de Ficus adhatodifolia Schott., Ficus insipida Willd. E Ficus citrifolia Mil. (Moraceae)*. 2014. Dissertação (Mestrado em Biologia Comparada) – Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

GASSÓ, N.; SOL, D.; PINO, J.; DANA, E. D.; LLORET, F.; SANS-ELORZA, M.; SOBRINO, E.; VILÀ, M. Exploring species attributes and site characteristics to assess plant invasions in Spain. *Diversity and Distributions*. v. 15, p. 50-58, 2009.

GBIF - Global Biodiversity Information Facility. Disponível em:< <http://www.gbif.org/>>. Acesso de novembro/2016 a fevereiro/2017.

GIOVANELLI, J.; CANTAGALLO, C. Conservação Ambiental através das Reservas particulares do Patrimônio Natural (RPPN). *Revista Logos*. n. 13, p. 25-31, 2006.

GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE- GISD. Disponível em:<
<http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=23&lang=FR>>. Acesso em
março e agosto/2015).

GLOBAL INVASIVE SPECIES PROGRAMME-GISP. *Global strategy on invasive alien species*. IUCN, 50p, 2001.

GLOBAL INVASIVE SPECIES PROGRAMME-GISP. *Invasive alien species and protected áreas. A scoping report, part I*. 93p. 2007.
<http://www.issg.org/pdf/publications/gisp/resources/ias_protectedareas_scoping_i.pdf> (Acesso em 01/07/2014).

GONÇALVES, E.G.; LORENZI, H. *Morfologia Vegetal – Organografia e Dicionário Ilustrado de Morfologia das Plantas Vasculares*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007. 416 p.

GREEN, P.T.; LAKE, P.S.; O'DOWD, D.J. Resistance of Island Rainforest to Invasion by Alien Plants: Influence of Microhabitat and Herbivory on Seedling Performance. *Biological Invasions*. v. 61, p.1-9, 2004.

GUIMARÃES, A. R. M.; COSTA, C. F. A.; GARCIA, Q. S. Dinâmica do banco de sementes da espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. do Parque Ecológico da Pampulha, BH Brasil. In: IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço – MG. *Anais*. 2009. p. 1-4.

HARVARD UNIVERSITY HERBARIA & LIBRARIES. Collections – Botanists.
Disponível em:
<http://kiki.huh.harvard.edu/databases/botanist_search.php?id=10982>. Acesso em
20/03/2017.

HERBÁRIO DO ESTADO "Maria Eneyda P. Kaufmann Fidalgo" - Coleção de Fanerógamas (SP). Disponível em: rede speciesLink , <<http://www.splink.org.br>>. Acesso em março/2017.

HIJMANS, R. J.; ELITH, J. Species distribution modeling with R. 2017. Disponível em:
<https://cran.r-project.org/web/packages/dismo/vignettes/sdm.pdf>. Acesso em
janeiro/março/2017.

HIJMANS, R. J.; PHILLIPS, S.; LEATHWICK, J.; ELITH, J. dismo: Species Distribution Modeling. R package, version 1.1-1. 2016. Disponível em: < <https://CRAN.R-project.org/package=dismo>>. Acesso em março/2017.

HILL, G. D. *Leucaena leucocephala* for pastures in the tropics; a review article. *Herb. Abstr.*, Hurley, Bercks, v. 41, n. 2, p. 111-119, 1971 *apud* VILELA, E.; PEDREIRA, J. V. S. Efeito de densidades de semeadura e níveis de adubação nitrogenada no estabelecimento de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 33, n. 2, p. 251-280, 1976.

HODKINSON, D.J.; THOMPSON, K. Plant dispersal: the role of man. *Journal of Applied Ecology*, n. 34, p. 1484-1496, 1997.

HOFFMANN, W.A.; HARIDASAN, M. The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration in a Neotropical savanna. *Austral Ecology*. v. 33, p. 29–36, 2008.

HOROWITZ, C.; MARTINS, C. R.; MACHADO, T. *Espécies exóticas arbóreas, arbustivas e herbáceas que ocorrem nas zonas de uso especial e de uso intensivo do Parque Nacional de Brasília – Diagnósticos e Manejo*. IBAMA, MMA, 58 p, 2007.

HOROWITZ, C.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, V.; PACHECO, G.; SOBRINHO, R. I. Manejo da Flora Exótica Invasora no Parque Nacional de Brasília: Contexto Histórico e Atual. *Biodiversidade Brasileira*. v. 3, n. 2, p. 2017-236, 2013.

HUGHES, C. E. *Leucaena genetic resources: the OFI seed collections and a synopsis of species characteristics*. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1993. 117 p.

HUGHES, C. E.; HARRIS, S. A. A second spontaneous hybrid in the genus *Leucaena* (Leguminosae, Mimosoideae). *Plant Systematics and Evolution*. v. 212, p. 53-77, 1998.

HUGHES, C. E. *Leucaena: manual de recursos genéticos*. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1998. 280 p. (Tropical Papers, 37).

HUGHES, C. E. *Monograph of Leucaena (Leguminosae – Mimosoideae)*. Ann Harbor: The American Society of Plant Taxonomists, 1998b. 244p. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB2012106549>> Acesso em maio/2015.

HYNDMAM, R. J.; MESGARAN, M. B.; COUSENS, R. D. Statistical issues with using herbarium data for the estimation of invasion lag-phases. *Biological Invasions*, v. 17, p. 3371-3381, 2015.

ICMBio/MMA. *Parque Nacional de Brasília*. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente. 1 folder.

INSTITUTO HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. *Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras, I3N Brasil*. Disponível em: <<http://i3n.institutohorus.org.br>> (Acesso em 27/03/2015).

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *IPCC Data Distribution Centre*. Disponível em <http://www.ipcc.ch/>. Acesso em março/2017.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Cronologia – Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.jbrj.gov.br/sites/all/themes/corporateclean/content/publicacoes/cronologia.pdf>>. Acesso em março/2017.

JAUNI, M.; HYVÖNEN, T. Interactions between alien plants species traits and habitat characteristics in agricultural landscapes in Finland. *Biological Invasions*. v. 14, p. 47-63, 2012.

JSTOR GLOBAL PLANTS. *Global Plants*. Disponível em: <<http://plants.jstor.org>>. Acesso em: março/2017.

KAMINO, L. H. Y. *Modelos de Distribuição Geográfica Potencial: Aplicação com Espécies da Flora Ameaçada de Extinção da Floresta Atlântica*. 2009. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

KLUTHCOUSKI, J. Leucena: Alternativa para a pequena e média agricultura. *Circular Técnica*, 6. Brasília: EMBRAPA-CNPAP, 1992. 12 p.

KOSTER, H. W.; KHAN, E. J. A.; BOSSHART, R. P. *Programas e resultados preliminares dos estudos de pastagens na região de Paragominas, Pará e Nordeste de Mato Grosso*. Belém: SUDAM/Instituto de Pesquisa IRI, 1977.

KRICSFALUSY, V. V.; TREVISAN, N. Prioritizing regionally rare plant species for conservation using herbarium data. *Biodiversity and Conservation*, v. 23, n. 1, p. 39-61, 2014.

KRUPNIK, G. A.; KRESS, W. J.; WAGNER, W. L. Achieving target 2 of Global Strategy for plant conservation: building a preliminary assessment of vascular plant species using data from herbarium specimens. *Biodiversity Conservation*. v. 18, p. 1459–1474, 2009.

LEÃO, T. C. C.; ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M. S.; ZILLER, S. R. *Espécies exóticas invasoras no nordeste do Brasil: contextualização, manejo e políticas públicas*. CEPAN, Instituto Hórus. 99p, 2011.

LI, H.W.; MOYLE, P.B. Ecological analysis of species introductions into aquatic systems. *Trans. Amer. Fish. Soc.* v. 110, p. 772-782. 1981.

LIMA, P. C. F. *Comportamento de Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. comparado com Prosopis juliflora (SW) DC e Eucalyptus alba Reinw ex Blume em Petrolina (PE), região semi-árida do Brasil*. 1992. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LIMA, P. C. F. Leucena. In: KIILL, L. H. P; MENEZES, E. A. (Orgs.). *Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 157-205, 2005.

LOCKWOOD, J. Impact Synthesis. In: LOCKWOOD, J. (Org.). *Invasion Ecology*. Australia: Blackwell Publishing, 2007. p. 206-222.

LODGE, D. M. Biological invasions: lessons for ecology. *Trends in Ecology and Evolution*. v. 8, p. 133-137, 1993.

LONSDALE, W.M. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology*. v. 80, p. 1522-1536, 1999.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. 2003. *Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; De POORTER, M. *100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database*. Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN). 12p, 2004.

MacDONALD, I.A.W. The invasion of introduced species into nature reserves in tropical savannas and dry woodlands. *Biological Conservation*. v. 44, p. 67-93, 1988.

MacDOUGALL, A. S.; LOO, J. A.; CLAYDEN, S. R.; GOLTZ, J. G.; HINDS, H. R. Defining conservation priorities for plant taxa in southern New Brunswick, Canada, using herbarium records. *Biological Conservation*, v. 86, p. 325–338, 1998.

MACK R.N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W.M.; EVANS, H.; CLOUT, M. & BAZZAZ, F.A. Biological Invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications*. v. 10, p. 689-710, 2000.

MACK, R.N. Predicting the identity and fate of plant invaders: emergent and emerging approaches. *Biological Conservation*. v. 78, p. 107-121, 1996.

MARQUES, A. R.; COSTA, C. F.; ATMAN, A. P. F.; GARCIA, Q. S. Germination characteristics and seedbank, of the alien species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in Brazilian forest: ecological implications. *Weed Research – An International Journal of Weed Biology, Ecology and Vegetation Management*. v. 54, p. 576-583, 2014.

MARTINEZ-RAMOS, M.; ÁLVAREZ-BUYLLA, E. Ecología de poblaciones de plantas en una selva húmeda de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. v. 56, p. 121- 153, 1995.

MARTINS, C. R.; HAY, J. D.; WALTER, B. M. T.; PROENÇA, C. E. B.; VIVALDI, L. J. Impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do Cerrado sentido restrito. *Revista Brasil*. v. 34, n. 1, p. 73-90, 2011.

MARTINS, C. R.; HAY, J. D. V.; CARMONA, R.; LEITE, R. R.; SCALÉA, M.; VIVALDI, L. J.; PROENÇA, C. E. B. Monitoramento e controle da gramínea invasora *Melinis minutiflora* (capim-gordura) no Parque Nacional de Brasília, Distrito Federal. *IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação*. Seminário 2. Curitiba. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza: Rede Nacional Pró Unidade de Conservação. p. 5-96, 2004.

MATTOS, A. J. S. S. Uso de alimentos alternativos na criação da paca (*Cuniculus paca*). 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia.

McKINNEY, M. L. Influence of settlement time, human population, park shape and age, visitation and roads on the number of alien plant species in protected áreas in the USA. *Diversity and Distributions*, v. 8, p. 311-318, 2002.

MELO-SILVA, C.; PERES, M. P.; MESQUITA NETO, J. N.; GONÇALVES, B. B.; LEAL, I. A. B. Biologia reprodutiva de *L. leucocephala* (Lam.) R. de Wit (Fabaceae: Mimosoideae): sucesso de uma espécie invasora. *Neotropical Biology and Conservation*, v. 2, n. 9, pág. 91-97, 2014.

METZ, C. E. ROC methodology in radiologic imaging. *Investigative Radiology*. n. 21, p. 720-733, 1986.

MIHULKA, S.; PYSEK, P.; MARTINKOVA, J.; JAROSIK, V. Invasiveness of *Oenothera* congeners alien to Europe: Jack of all trades, master of invasion? *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*. v. 8, p. 83-96, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Informe Nacional sobre Espécies Invasoras*. MMA, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Panorama da Biodiversidade Global*, 3. 94p. 2010. <<http://www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-pt.pdf>> (Acesso em 02/07/2014).

MINKA, T. P.; DECKMYN, A. Original S code by Richard A. Becker, Allan R. Wilks. R version by Ray Brownrigg. Enhancements by Thomas P Minka and Alex Deckmyn. (2016). maps: Draw Geographical Maps. R package version 3.1.1. Disponível em:<<https://CRAN.R-project.org/package=maps>>. Acesso em agosto/2016.

MOTTA, C. P. *Dinâmica populacional de uma gramínea invasora e um arbusto nativo: Implicações para a restauração ecológica no Cerrado*. 2017. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília.

MUTKE, J.; BARTHLOTT, W. Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Biologiske Skrifter*, v. 55, p. 521-531, 2005.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. (Acesso em 31/05/2018).

NAS - National Academy of Science. *Leucaena: promising forage and tree crop for the tropics*. Washington, 1977.

NERVO, M. H.; WINDISCH, P. G.; LORSCHAITTER, M. L. Representatividade da base amostral da pteridoflora do estado do Rio Grande do Sul (Brasil) e novos registros de distribuição. *Pesquisas, Botânica*, n. 61, p. 245-258.

NEWSOME, A. E.; NOBLE, I. R. Ecological and physiological characters of invading species. In: GROVES, R. H.; BURDON, J. J. (eds). *Ecology of Biological Invasions*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, p. 1–20, 1986. 166 p.

NOBLE, I.R. Attributes of invaders and the invading process: terrestrial and vascular plants. In: DRAKE, J.A.; DICASTRI, F.; GROVES, R.H.; KRUGER, F.J.; MOONEY, H.A.; REJMÁNEK, M.; WILLIAMSON, M.H. Ed(s). *Biological Invasions: a global perspective*. New York: Willey, 1989. p. 301-313.

NYBG – The New York Botanical Garden. *List of Taxa in the Virtual Herbarium of The New York Botanical Garden*.

OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT. *Harmful Non-Indigenous Species in the United States*. OTA-F-565, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September, 1993.

OXFORD UNIVERSITY MUSEUM OF NATURAL HISTORY. *Learning more...William Burchell*. Disponível em: <http://www.oum.ox.ac.uk/learning/pdfs/burchell.pdf>. Acesso em março/2017.

PARKER, I.M. Invasion dynamics of *Cytisus scoparius*: a matrix model approach. *Ecological Applications*. v. 10, p. 726–743, 2000.

PAUCHARD, A.; ALABACK, P. B. Influence of Elevation, Land Use, and Landscape Context on Patterns of Alien Plant Invasions along roadsides in Protected Areas of South-Central Chile. *Conservation Biology*. v. 18, n. 1, p. 238-248, 2004.

PEARSON, R. G.; RAXWORTHY, C. J.; NAKAMURA, M.; PETERSON, A. T. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, N. 34, p. 102-117, 2007.

PETERSON, A. T.; SOBERÓN, J.; PEARSON, R. G.; ANDERSON, R. P.; MARTÍNEZ-MEYER, E.; NAKAMURA, M.; ARAÚJO, M. B. *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Princeton University Press. United Kingdom, 2011. 328p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Andrew_Peterson10/publication/230709994_Ecological_Niches_and_Geographic_Distributions/links/5860be4408ae8fce4903bc00/Ecological-Niches-and-Geographic-Distributions.pdf>. Acesso em março/abril/2017.

PHILLIPS, S. J. 2017. *A Brief Tutorial on Maxent*. Disponível em: <http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/>. Acesso em janeiro/abril/2017.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, v. 190/3, n.4 p. 231-259, 2006.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E. *A maximum entropy approach to species distribution modeling*. In: Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, p. 655-662, 2004.

PIVELLO, V. R. Invasões biológicas nos cerrados brasileiros: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. *Ecologia, INFO*. v. 33, 2011. <<http://www.ecologia.info/cerrado.htm>>(Acesso em 27/03/2015).

POLETTI, A. B. *Citogenética comparativa de peixes da família Cichlidae*. 2009. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Genética) - Universidade Estadual Paulista – Botucatu, São Paulo.

PRATI, R. Análise de Componentes Principais (PCA). Disponível em: <http://professor.ufabc.edu.br/~ronaldo.prati/DataMining/PCA.pdf>. Acesso em: 15/08/2017.

PYŠEK, P.; HULME, P.E. Spatio-temporal dynamics of plant invasions: linking patterns to process. *Écoscience*, v. 12, p.302–315, 2005.

PYŠEK, P.; JAROSIK, V. & KUCERA, T. Patterns of invasion in temperate nature reserves. *Biological Conservation*. v. 104, p. 13-24, 2002.

PYŠEK, P.; PRACH, K.; ŠMILAUER, P. Relating invasion success to plant traits: an analysis of the Czech alien flora. In: PYŠEK, P.; PRACH, K.; REJMANEK, M; WADE, M. (eds). *Plant invasions: general aspects and special problems*. SPB Academic Publishing. Amsterdam, p. 39-60, 1995.

PYŠEK, P.; RICHARDSON, D. M. Traits associated with invasiveness in alien plants: where do we stand? In: NENTWIG, W. (ed). *Biological invasions, ecological studies*. Berlin, v. 193, p. 97-126, 2007.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: < <https://www.R-project.org/>>. Acesso em: agosto/2015.

RAY, G. J.; BROWN, B. J. Seed Ecology of Woody Species in a Caribbean Dry Forest. *Restoration Ecology*. v. 2, n. 3, p. 156-163, 1994.

REFLORA - HERBÁRIO VIRTUAL. Disponível em: <<http://www.herbariovirtualreflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>>. Acesso em março/2017.

REJMANEK, M. Species richness and resistance to invasions. In: ORIANI, G.; DIRZO, R.; CUSHMAN, J.H. Ed(s). *Biodiversity and ecosystem processes in tropical forests*. New York: Springer. 1996. p. 153-172.

REJMANEK, M; A theory of seed plant invasiveness: the first sketch. *Biological Conservation*. v. 78, p. 171-181, 1996.

REJMANEK, M; RICHARDSON, D. M.; PYŠEK, P. Plant invasions and invasibility of plant communities. In: van der MAAREL, E. (ed). *Vegetation ecology*. Blackwell Science Ltd. USA, p.332-355, 2005.

RICHARDSON, D. M.; PYŠEK, P. Plant invasion: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography*. v. 30, p. 409-431, 2006.

RICHARDSON, D. M.; PYŠEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M. G.; PANETTA, F. D.; WEST, C. J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*. v. 6, p. 93–107, 2000.

SAKAI, A. K.; ALLENDORF, F. W.; HOLT, J. S.; LODGE, D. M.; MOLOFSKY, J.; WITH, K. A.; BAUGHMAN, S.; CABIN, R. J.; COHEN, J. E.; ELLSTRAND, N. C.; McCAULEY, D. E.; O'NEIL, P.; PARKER, I. M.; THOMPSON, J. N.; WELLER, S. G. The Population Biology of Invasive Species. *Annual Review of Ecology and Systematics*. v. 32, p. 305–332, 2001.

SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades De Conservação Federais no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*. v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.

SANDOVAL JR., P. (Coord.). *Manual de Criação de Caprinos e Ovinos*. Brasília: Codevasf, 2011. 142 p.

SANTOS, K. Brazilian plant species at the Regnellian herbarium: history an repatriation. *Rodriguésia*. v. 67, n. 4, p. 879-892, 2016.

SCHIFINO-WITTMANN, M. T. Leucena - Do México para o mundo, a globalização das árvores de mil e uma utilidades. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. Ed(s). *Origem e Evolução de Plantas Cultivadas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 437-463.

SCHMIDT, R.; LONGHI-WAGNER, H. M. A tribo Bambuseae (Poaceae, Bambusoideae) no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 7, n. 1, p. 71-128, 2009.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. M. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Árvore*. v. 27, n. 6, p. 791-798. 2003.

SCOTT, C. rgbif: Interface to the Global 'Biodiversity' Information Facility 'API'. R package version 0.9.6., 2016. Disponível em <https://CRAN.R-project.org/package=rgbif>. Acesso em agosto/2016.

SIMBERLOFF, D. Introduced Species: the threat to biodiversity & what can be done. 2000. *Actionbioscience*. <<http://www.actionbioscience.org/biodiversity/simberloff.html>> Acesso em 23/06/2015.

SIMBERLOFF, D. A rising tide of species and literature: a review of some recente books on Biological Invasions. *BioScience*. v. 54, n. 3, p. 247-254, 2004.

SIMBERLOFF, D. Invasive species – what everyone needs to know. Oxford University Press, New York, pp. 329, 2013.

SIQUEIRA, J. C. Amaranthaceae. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S.; BITTRICH, V.; KAMEYAMA, C. Ed(s). *Flora*

Fanerogâmica do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Botânica, v. 2, p. 11-30, 2002.

SIQUEIRA, J. C. S. Bioinvasão vegetal: dispersão e propagação de espécies nativas e invasoras exóticas no campus da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUCRio). *Pesquisas, Botânica*. v. 57, p. 319-330, 2006.

SOUZA, J. P.; SOUZA, V. C. Violaceae. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S.; BITTRICH, V.; KAMEYAMA, C. Ed(s). *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto de Botânica, v. 2, p. 353-364, 2002.

SPEAR, D.; FOXCROFT, L.C.; BEZUIDENHOUT, H. & MCGEOCH, M.A. Human population density explains alien species richness in protected areas. *Biological Conservation*. v. 159, p. 137-147, 2013.

SPECIESLINK - Sistema de Informação Distribuído para Coleções Biológicas: a Integração do Species Analyst e do SinBiota. FAPESP. Disponível em: <<http://splink.cria.org.br/>>. Acesso de novembro/2016 a fevereiro/2017.

STUBBEN, C.; MILLIGAN, B. Estimating and Analyzing Demographic Models Using the popbio Package in R. *Journal of Statistical Software*. v. 22, n. 11, p. 1-23, 2007.

TEIXEIRA NETO, J. F.; VEIGA, J. B. da; AZEVEDO, G. P. C. de; CAMARÃO, A. P. Produção de gramíneas e leguminosas forrageiras no Estado do Pará. In: *Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Belém: Anais, 1978. p. 377.

The C. V. Starr Virtual Herbarium - The New York Botanical Garden. Disponível em: <http://sweetgum.nybg.org/science/vh/specimen_list.php?SummaryData=leucaena+leucocephala&sortBy=DarCountry&rownum=1&ImagesOnly=*>. Acesso em 15/03/2017.

THOMPSON, K.; HODGSON, J.G.; RICH, T. C. G. Native and alien invasive plants: more of the same? *Ecography*. v. 18, p. 390-402, 1995.

TROPICAL GRASSLAND SOCIETY OF AUSTRALIA INC. Better Pastures for the Tropics and Subtropics. Leucaena. Disponível em: <<https://www.tropicalgrasslands.asn.au/pastures/leucaena.htm>>. Acesso em 19/09/2015.

UNEP. *Implications of the findings of the Millennium Ecosystem Assessment for the future work of the Convention – Addendum – Summary for decision makers of the biodiversity synthesis report*. UNEP, 2005.

VALÉRY, L.; FRITZ, H.; LEFEUVRE, J-C.; SIMBERLOFF, D. In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. *Biological Invasions*. v. 10, p. 1345-1351, 2008.

VILÀ, M.; ESPINAR J.L.; HEJDA, M.; HULME P.E.; JAROSIK, V.; MARON, J.L.; PERGL, J.; SCHAFFNER U.; SUN, Y. & PYSEK, P. Ecological impacts of invasive

alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters*. v.14, p. 702-708, 2011.

VILELA, E.; PEDREIRA, J. V. S. Efeito de densidades de semeadura e níveis de adubação nitrogenada no estabelecimento de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 33, n. 2, p. 251-280, 1976.

VITOUSEK, P. M.; D'ANTONIO, L. L.; LOOPE, M.; REJMÁNEK, M.; WESTBROOKS, R. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*. v. 21, p. 1-16, 1997.

WALLACE, J.M.; PRATHER, T.S. Comparative demography of an exotic herbaceous annual among plant communities in invaded canyon grassland: Inferences for habitat suitability and population spread. *Biological Invasions*. v. 15, p. 2783–2797, 2013.

WALTON, C. S. *Leucaena (Leucaena leucocephala) in Queensland – Pest Status Review*. Series – Land Protection. Brisbane: Department of Natural Resources and Minas, 2003.

WOLFE, B. T.; Van BLOEM, S. J. Subtropical dry forest regeneration in grass-invaded areas of Puerto Rico: Understanding why *Leucaena leucocephala* dominates and native species fail. *Forest Ecology and Management*. v. 267, p. 253-261, 2012.

ZÁRATE, S. Revisión del genero *Leucaena* in Mexico. *Anales del Instituto de Biología*, serie Botanica, Mexico City, v. 65, p. 83-162, 1994.

ZENNI, R. D. Analysis of introduction history of invasive plants in Brazil reveals patterns of association between biogeographical origin and reason for introduction. *Austral Ecology*. v. 39, p. 401-407, 2014.

ZENNI, R. D. The naturalized flora of Brazil: a step towards identifying future invasive non-native species. *Rodriguésia*, v. 66, p. 1137-1144, 2015.

ZENNI, R. D.; ZILLER, S. R. An overview of invasive plants in Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 34, n. 3, p. 431-446, 2011.

ZILLER, S. R.; DECHOUM, M. S. Plantas e Vertebrados Exóticos Invasores em UCs no Brasil. v. 3, n. 2, p. 4-31, 2013.

ZILLER, S.R. Espécies exóticas da flora invasoras em Unidades de Conservação. In: CAMPOS, J. B.; TOSSULINO, M. G. P.; MÜLLER, C. R. C.(eds.). Unidades de Conservação: Ações para valorização da biodiversidade. Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba, Paraná, p. 34-52, 2005.

ANEXO 1

Ficha de observação de espécie exótica

Local: _____	Nº _____ Parcela _____ Data: __/__/__ Coletor _____
Coord. _____	
Registro fotográfico: _____	
Condições/Aspectos do habitat ocupado:	
Luz: <input type="checkbox"/> Ensolarado <input type="checkbox"/> Sombreado Solo: <input type="checkbox"/> Latossolo <input type="checkbox"/> Hidromórfico <input type="checkbox"/> Litossolo:	
Fitofisionomia: _____	
Status: <input type="checkbox"/> Preservado <input type="checkbox"/> Perturbado <input type="checkbox"/> Alterado <input type="checkbox"/> Degradado	

Características:

Data do primeiro censo: __/__/__

Estágio: Plântula Juvenil Ad.1 Ad. 2 Ad. 3 Ad. 4 Ad. 5 Morto

Censo	Data	Estágio
2º censo	__/__/__	
3º censo	__/__/__	

Forma de colonização: Plantio Espontâneo
 Padrão de ocorrência: Isolado Homogêneo

Flora/Fauna-associada:
