

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS - UNIEVANGÉLICA
MESTRADO EM SOCIEDADE, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE.

MARA RÚBIA MAGALHÃES

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E NA PRODUTIVIDADE
SUSTENTÁVEL DE *Hancornia speciosa* Gomes (APOCYNACEAE) -
MANGABA NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS**

ANÁPOLIS - GOIÁS

2013

MARA RÚBIA MAGALHÃES

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E NA PRODUTIVIDADE
SUSTENTÁVEL DE *Hancornia speciosa* Gomes (APOCYNACEAE) -
MANGABA NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação stricto sensu - Mestrado em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente do Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA, como requisito final para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Tecnologia e Meio Ambiente.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Josana de Castro Peixoto

Co-orientador: Prof. Dr. João Carlos Nabout

ANÁPOLIS - GOIÁS
2013

M188

Magalhães, Mara Rúbia.

Avaliação do impacto das mudanças climáticas na distribuição geográfica e na produtividade sustentável de *Hancornia speciosa* Gomes (APOCYNACEAE) – mangaba nos municípios brasileiros / Mara Rúbia Magalhães – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis UniEvangélica, 2013.

75 p.

Orientador: Profa. Dra. Josana de Castro Peixoto.

Dissertação (mestrado) – Programa de pós-graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente – Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, 2013.

1. Nicho ecológico 2. Cerrado 3. Meio ambiente 4. Modelos ecológicos
I. Peixoto, Josana de Castro II. Título.

CDU 504

Catálogo na Fonte

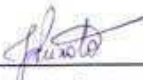
Elaborado por Hellen Lisboa de Souza CRB1/1570

MARA RÚBIA MAGALHÃES

Dissertação de Mestrado intitulada "Avaliação do impacto das mudanças climáticas na distribuição geográfica e na produtividade sustentável de *Hancornia speciosa* Gomes (APOCYNACEAE) - mangaba nos municípios brasileiros", apresentada ao Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, como requisito para obtenção do título de Mestre em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente.

Defendida em: Anápolis, 05 de abril de 2013

BANCA EXAMINADORA:



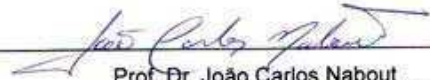
Profª Drª Josana de Castro Peixoto
Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA
Orientadora



Prof. Dr. Edvaldo Evangelista de Souza Júnior
Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Goiás
(SEMARH)
Professor Convidado



Prof. Dr. Sandro Dutra e Silva
Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA
Professor Convidado



Prof. Dr. João Carlos Nabout
Universidade Estadual de Goiás – UEG
Professor Co-Orientador- Suplente

*Aos meus pais Terezinha e Idélcio e meus irmãos Leonardo e
Idélcio Filho.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e aos meus pais, Terezinha e Idelcio, pelo carinho e pelos sacrifícios que fizeram ao longo da vida para garantir a mim uma boa formação educacional. Agradeço também aos meus irmãos Leonardo e Idelcio Filho pela compreensão.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. João Carlos Nabout pelo apoio e atenção no desenvolvimento desta dissertação. Agradeço-o também por me apresentar modelos de distribuição de espécies, pelas diversas oportunidades para aprimorar o meu conhecimento e pelas palavras motivadoras durante todo esse tempo. Sem sua ajuda e presteza, eu certamente teria desistido no meio do caminho. Por isso, meus sinceros agradecimento e reconhecimento.

Ao meu primeiro orientador Prof. Dr. Roberto Prado (*in memorian*) pela dedicação e preocupação até mesmo nos momentos mais difíceis de sua doença. Infelizmente não conseguimos finalizar esse projeto juntos, mas continuo com o mesmo carinho e admiração pela sua pessoa. E a minha orientadora Prof^a Dr^a Josana de Castro, que aceitou continuar a orientação de um “barco andando” e não deixou que naufragasse.

Aos colegas, funcionários e professores da Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente da UniEvangélica. Em especial a Eunice, secretária do PPG, por estar sempre tão disposta a ajudar, pelo carinho com que sempre nos atendeu e pelo sorriso nos momentos de tanta angustia.

Aos amigos Eude, Gislene, Juliana, Nayane, Noeli e Priscila Coutinho obrigada pela paciência e pelos ouvidos: saibam que foram de grande valia. E ao meu namorado e amigo Wilson pela companhia e apoio em todos os momentos.

A todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A mangaba (*Hancornia speciosa*) é uma das espécies de planta do Cerrado que apresenta um valor comercial em potencial, contribuindo para a renda familiar rural de moradores de municípios de médio e pequeno porte na região centro-oeste brasileira, além de ter uma representatividade social, econômica e cultural nas áreas em que ocorre. Neste sentido, essa pesquisa teve como objetivo avaliar o impacto das mudanças climáticas globais sobre a distribuição geográfica potencial e produtividade da mangaba nos municípios brasileiros. A técnica utilizada foi a modelagem de distribuição de espécies cuja finalidade é estimar modelos baseados em nichos ecológicos, considerando o cenário climático pessimista (A2a) atual e futuro, com valores estimados para o ano de 2050, a fim de determinar em quais municípios a adequabilidade ambiental irá aumentar ou diminuir em relação a atual. Inicialmente os dados de ocorrência da mangaba foram obtidos da literatura e de um banco de dados, sendo observados 367 pontos de ocorrência de mangaba, em 75 municípios nos últimos 21 anos (período disponível na base SIDRA, do IBGE). As variáveis climáticas que demonstraram ter maior importância para o modelo (isotermalidade, sazonalidade da temperatura, amplitude da temperatura média anual, temperatura média do trimestre mais quente e sazonalidade da precipitação) foram convertidas para uma malha com resolução de 0,0417 graus. O método de modelagem empregado para estimar a distribuição geográfica atual e futura da mangaba foi o Maximum Entropy (Maxent) e os testes estatísticos foram feitos no programa SAM v.4. Apenas 9 estados apresentam municípios com atividades relacionadas a extração de mangaba, sendo a Bahia o estado com o maior número de municípios (33) e a produção média de todos os 75 municípios analisados foi de 38,87 kg/km². Realizou-se também a correlação entre valor de produtividade da mangaba com a adequabilidade climática, obtendo valor positivo ($r=0.29$; $p=0.01$). Esses primeiros resultados indicam que a produtividade da mangaba tem oscilado ao longo do tempo, de tal forma que a maior parte dos municípios apresentou aumento na produtividade no decorrer dos anos. Porém, a análise da adequabilidade climática futura dos municípios produtores de mangaba revelou que a maioria irá perder adequabilidade ambiental. No cenário atual, grande parte dos municípios tinha adequabilidade ambiental entre 0,5-0,6; entretanto, no cenário futuro, terá adequabilidade entre 0,4-0,5. Além disso, 37 municípios terão adequabilidade próxima de zero (0), ou seja, em um cenário futuro, não apresentarão condições climáticas favoráveis para a ocorrência da mangaba.

Palavras Chave: Nicho ecológico. Cerrado. Meio ambiente. Modelos ecológicos.

ABSTRACT

Mangaba (*Hancornia speciosa*) is a species of the Cerrado plant which has a potential commercial value, contributing to the family income of rural residents from municipalities of medium and small size in the center-west Brazil, besides having a social representation, economic and cultural areas in which it occurs. Therefore, this research aimed to evaluate the impact of global climate change on the geographical distribution and potential mangaba's productivity in Brazilian municipalities. The technique was used to model species distributions which the purpose is to estimate models based on ecological niches, considering the pessimistic climate scenario (A2a) current and future, with estimated values for the year 2050 in order to determine which municipalities the suitability environment will increase or decrease relative to the current one. Initially the occurrence of mangaba's data were obtained from the literature and from a database, observed 367 points where mangaba have been occurring in 75 counties in the last 21 years (base period available at SIDRA, IBGE). The climatic variables that showed greater importance to the model (isothermality, seasonality of temperature, amplitude of average annual temperature, mean temperature of warmest quarter and seasonality of precipitation) were converted to a mesh with a resolution of 0.0417 degrees. The modeling method used to estimate the current and future geographic distribution of mangaba was the Maximum Entropy (Maxent) and statistical tests were done in the SAM program v.4. Only 9 states have cities with activities related to mangaba's extraction, Bahia being the state with the largest number of municipalities (33) and average production of all 75 municipalities analyzed was 38.87 kg/km². We also conducted a value of correlation between mangaba's productivity with the appropriate weather, obtaining a positive value ($r = 0.29$, $p = 0.01$). These early results indicate that the mangaba's productivity has varied over time, such that most municipalities showed an increase in productivity over the years. However, the analysis of the appropriate weather for the future of mangaba's producing, revealed that most of It will lose environmental suitability. In the current scenario, most municipalities had environmental suitability of 0.5-0.6, however, in the future scenario; they will have suitability between 0.4 to 0.5. In addition, 37 municipalities will have suitability close to zero (0), in other words, in a future scenario; they will not present favorable climatic conditions for the occurrence of mangaba.

Key Words: Ecological niche. Cerrado. Environment. Ecological models.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Impacto das mudanças climáticas no Brasil..... 19
- Figura 2 - Esquema ilustrando o processo de criação de um modelo de distribuição de espécie. Os pontos de ocorrências (A) são associados a diversos fatores ambientais (B) que por meio de uma técnica de modelagem projeta a distribuição geográfica potencial da espécie (C)..... 24
- Figura 3 - Processo de modelagem de distribuição de espécies..... 26
- Figura 4 - Etapas da modelagem de distribuição de espécies..... 28
- Figura 5 - Brasil e o bioma Cerrado..... 31
- Figura 6 - Indivíduo da espécie *H. speciosa* Gomes ocorrente em remanescente de *cerrado* sensu strictu no município de Bom Jardim de Goiás, estado de Goiás: (A) indivíduo da espécie, (B) inflorescência, (C) ramo, (D) folha, (E) fruto e (F) tonalidade dos frutos..... 36
- Figura 7 - Pontos de ocorrência utilizados para a modelagem de nicho da mangaba (*H. speciosa*)..... 46
- Figura 8 – Gráfico do número de municípios por Estado que apresentaram atividades relacionadas a extração de mangaba (*H. speciosa*) nos últimos 21 anos (1990-2010), de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE..... 50
- Figura 9 - Municípios brasileiros que apresentam dados de extração de mangaba (*H. speciosa*). Cada círculo indica a posição central do município. O tamanho dos círculos demonstra a extração de mangaba por município..... 51
- Figura 10 - Histograma do coeficiente de correlação de Pearson para cada município produtor de mangaba (*H. speciosa*)..... 52
- Figura 11 - Mapa de distribuição geográfica potencial de mangaba (*H. speciosa*), considerando cenário climático atual (A) e futuro (B), evidenciando regiões onde ganharão (valores positivos; cor escura) e perderão (valores negativos; cor clara) adequabilidade ambiental..... 55
- Figura 12 - Relação entre adequabilidade climática e produtividade da mangaba (*H. speciosa*) para os 75 municípios investigados..... 57
- Figura 13 - Histograma evidenciando a adequabilidade ambiental registrada nos municípios que extraem mangaba (*H. speciosa*), considerando os cenários climáticos atual e futuro..... 58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alguns exemplos de aplicações dos modelos de distribuição potencial de espécies (MDP) retirados da literatura recente.....	29
Tabela 2 - Produção anual de frutos de mangabeira (toneladas) nos estados produtores, de 1990 a 1999.....	42
Tabela 3 - Produção anual de frutos de mangabeira (toneladas) nos estados produtores, de 2000 a 2010.....	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
1.1. O problema e sua importância	11
1.2. Hipótese	12
1.3. Objetivos	13
2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS	14
2.1. Considerações Iniciais.....	14
2.2. Impactos ambientais e suas consequências	17
3. MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICO.....	23
3.1. Modelos de distribuição e registros de ocorrências da espécie	24
3.2. Aplicação dos modelos de distribuição de espécie e técnicas de modelagem... 27	
4. BIOMA CERRADO E PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DA MANGABEIRA.....	30
4.1. O Cerrado.....	30
4.1.1. Aspectos gerais e biodiversidade	30
4.2. Mangaba: <i>Hancornia speciosa</i> Gomes	33
4.2.1. Literatura científica internacional.....	33
4.2.2. Descrição botânica e ecológica.....	34
4.2.3. Importância econômica, dados de produção e situação de cultivo	39
5. MATERIAL E MÉTODOS	44
5.1. A espécie.....	44
5.1.1. <i>Hancornia speciosa</i> Gomes (APOCYNACEAE).....	44
5.1.2. Produtividade nos municípios exploradores de mangaba	44
5.2. Modelo de distribuição geográfica potencial.....	45
5.2.1. Dados de ocorrência da espécie	45
5.2.2. Dados climáticos	46
5.2.3. Método de modelagem.....	47
5.3. Análise de dados.....	48
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS.....	63
APÊNDICE	74

1. INTRODUÇÃO

O estudo das mudanças climáticas tem ganhado grande notoriedade tanto na comunidade acadêmica quanto nos meios de comunicação em massa, embora não seja um tópico recente na comunidade científica (PARMESAN, 2009; NABOUT et al., 2012). Esse interesse se justifica por inúmeros trabalhos que tem avaliado o impacto das mudanças climáticas globais, como o aquecimento global, sobre a distribuição geográfica das espécies (DINIZ-FILHO et al., 2010; NABOUT et al., 2009) e conservação biológica (DINIZ-FILHO et al., 2009). Além desses problemas relativos à distribuição das espécies, trabalhos recentes têm discutido o impacto das mudanças climáticas relacionados diretamente a humanidade, como a disseminação de doenças (LAFFERTY, 2009) e impacto na agricultura e segurança alimentar (LOPES et al., 2011; ASSAD et al., 2010).

Os impactos das mudanças climáticas sobre as espécies, tais como alterações na distribuição geográfica ou nas características biológicas (como a intensidade de frutificação, floração, dentre outros) pode diretamente afetar populações humanas, pois diversas espécies nativas de plantas e animais são utilizadas como exploração sustentável, contribuindo para a manutenção da biodiversidade e na atividade econômica familiar. Até o momento grande parte dos estudos acadêmicos tem avaliado o impacto das mudanças climáticas sobre características biológicas e de distribuição geográfica das espécies (ELITH e LEATHWICK, 2009), porém poucos trabalhos têm investigado o efeito dessas alterações em espécies de uso sustentável e a magnitude desses impactos sobre comunidades agrícolas (e.g. NABOUT et al., 2011).

O extrativismo sustentável é uma prática que tem ganhado grande espaço e apoio das entidades governamentais, principalmente porque no extrativismo sustentável é possível auxiliar na manutenção e conservação da biodiversidade e contribuir nas atividades econômicas rurais (SCHERR e MCNEELY, 2007). No Brasil, leis como Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC, Lei 9.985/00), ações políticas e atividades práticas das comunidades rurais locais têm contribuído, embora timidamente, na conservação biológica das espécies de biomas brasileiros. Dentre os biomas fortemente ameaçados, destaca-se o Cerrado, que inclusive foi classificado como um hotspot mundial de biodiversidade, ou seja, uma

área prioritária para conservação (MYERS et al., 2000). Ainda assim, o Cerrado apresenta inúmeras espécies de plantas nativas que são utilizadas como um recurso sustentável por comunidades agroextrativistas. Essas comunidades têm utilizado a flora nativa do Cerrado para venda de frutos, óleos, sabonetes e inúmeras outras aplicações (ALMEIDA et al., 1998).

No Cerrado, dentre as espécies nativas utilizadas na exploração sustentável, destaca-se *Hancornia speciosa* Gomes (APOCYNACEAE), popularmente conhecida como mangaba. Este termo em tupi-guarani significa “coisa boa de comer”, e também grude, em referência ao látex abundante, inclusive nos frutos comestíveis. Além da denominação “mangaba”, há muitas outras variantes usadas para nomear o fruto e a árvore no Brasil, sendo os nomes populares mais conhecidos: mangabeira, mangabiba, mangaíba, mangaiba-uva, mangabeira-de-minas, mangaúva, mangava, manguba, tembiú, tembiucatinga e catu (ALMEIDA et al., 1998).

A região dos cerrados, com seus 204 milhões de hectares – aproximadamente 25% do território nacional – apresenta grande diversificação faunística e florística em suas diferentes fisionomias vegetais (AVIDOS e FERREIRA, 2003), sendo que a área core está localizada essencialmente no Planalto Central (CHAVES, 2003). E a mangaba está entre a diversidade florística acima citada e sua exploração sustentável tem ocorrido de inúmeras formas, apresentando uma contribuição significativa na renda familiar rural (FERREIRA e MARINHO, 2007). Atualmente, a sua exploração ainda é feita de modo extrativista devido ao fato da cultura continuar sendo mantida no seu habitat natural.

Apesar de que ainda apenas os frutos apresentam um valor comercial representativo, o potencial para o aproveitamento da mangabeira inteira é muito bom, pois a espécie apresenta potencial econômico do tronco até a árvore, usada como planta ornamental. Do tronco, pode-se extrair o látex, substituto do látex da seringueira e a madeira é empregada para caixotaria, lenha e carvão; o chá da folha é comumente usado para cólica menstrual e o decocto (cozimento) da raiz é usado junto com o quiabinho (*Manihot tripartita* Müll.Arg.) para tratar luxações e hipertensão (ALMEIDA et al., 1998). Os frutos, ricos em vitaminas A, B₁, B₂ e C, além de ferro, fósforo, cálcio e proteínas, são também aromáticos e nutritivos, com ampla aceitação de mercado, tanto para o consumo in natura quanto para a indústria

de doce, sorvete, suco, licor, vinho e vinagre (ALMEIDA et al., 1998).

Dessa forma, tendo como base a importância econômica da mangaba (*H. speciosa*) para o uso sustentável e economia de populações locais do bioma Cerrado, faz-se necessário estudar e conhecer como os impactos das mudanças climáticas globais poderão alterar a distribuição geográfica potencial da mangaba nos biomas brasileiros em que a espécie se faz presente.

1.1. O problema e sua importância

A mangaba (*H. speciosa*) é uma das espécies de planta do Cerrado que possui representatividade social, econômica e cultural nas áreas em que ocorre. Como é uma espécie de planta encontrada no Cerrado Brasileiro e cuja distribuição geográfica se faz presente nos estados de Alagoas, Amapá, Amazonas, Bahia, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, São Paulo, Tocantins (ALMEIDA et al., 1998), é importante que se saiba como será a ocupação e manutenção dessa espécie nos próximos anos, uma vez que a planta encontrada no Cerrado tem potencial valor comercial considerável, contribuindo para a renda familiar rural de moradores de municípios de médio e pequeno porte na região centro-oeste brasileira.

A comercialização da mangaba ocorre quase que exclusivamente em mercados regionais com produção extrativista, oriundas de áreas de Cerrado nativo (SHANLEY et al., 2002). Pequenas indústrias agroindustriais já têm explorado a fruta como matéria prima para a produção de sucos, sorvetes, licor, vinho, vinagre, além do látex e madeira para produção de lenha e carvão (MOTA, SCHMITZ e SILVA JÚNIOR, 2008)

O mercado consumidor dos produtos processados a partir da mangaba está mais restrito à região nordeste do Brasil (MOTA et al., 2009). A abertura de novos mercados e, portanto, de novas fontes de renda familiar só poderão ocorrer se for associada a um amplo incentivo relacionado às pesquisas científicas, além de novos estudos da planta.

Recentemente, técnicas de modelagem de nicho, baseado no conceito teórico de Nicho (HUTCHINSON, 1957) têm sido empregadas para investigar a distribuição geográfica potencial de espécies e consequente impacto das alterações climáticas sobre a distribuição das espécies. Na literatura encontram-se inúmeras dessas técnicas de modelagem de nicho, tais como: Maxent, GARP, Randon Forest, GLM, Bioclim e Domain.

De forma geral, os modelos de nicho são capazes de indicar a distribuição geográfica potencial de uma espécie, bem como, quais regiões são climaticamente mais (ou menos) favoráveis para a ocorrência da espécie, ou seja, os modelos de nicho indicam a “adequabilidade ambiental” (Suitability em inglês) das regiões de ocorrência da espécie. Apesar da aparente certeza, os modelos podem conter falhas, indicadas principalmente por erros de omissão e comissão (ELITH e LEATHWICK, 2009). Além disso, os modelos de nicho empregam somente condições ambientais, ou seja, indicam somente o nicho grineliiano das espécies (SOBERÓN, 2007). É importante salientar que outras características além do ambiente determinam a distribuição geográfica das espécies, tais como interações biológicas e processos históricos (ARAÚJO e LUOTO, 2007).

1.2. Hipótese

Os modelos de nicho indicam as regiões do Brasil favoráveis e não favoráveis, climaticamente, para a ocorrência da mangaba, portanto, será que o modelo de nicho é um bom preditor para a produtividade da mangaba?

Além disso, considerando que com este modelo é possível projetar a distribuição geográfica da mangaba em cenários futuros de mudanças climáticas, quais municípios que atualmente produzem a mangaba, mas podem futuramente não ter condições climáticas para a ocorrência dessa espécie?

1.3. Objetivo Geral

Avaliar o impacto das mudanças climáticas globais sobre a distribuição geográfica potencial e na produtividade da espécie *Hancornia speciosa* Gomes (APOCYNACEAE) nos municípios brasileiros.

1.3.1. Objetivos Específicos

1. Investigar a produtividade da mangaba nos municípios brasileiros nos últimos 20 anos;
2. Determinar a distribuição geográfica potencial atual da mangaba (*H. speciosa*) com base no modelo de nicho;
3. Projetar a distribuição geográfica potencial da mangaba (*H. speciosa*) e sua adequabilidade ambiental para o cenário futuro (Ano 2050);
4. Relacionar o modelo de nicho atual com a produtividade agrícola da mangaba dos municípios que utilizam essa espécie, identificando se as condições climáticas são indicadores da produtividade da mangaba;
5. Determinar os municípios que extraem mangaba, se haverá aumento ou diminuição em relação à adequabilidade ambiental atual, contribuindo para o delineamento de medidas pró-ativas para conservação e uso sustentável destas populações naturais.

2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS

2.1. Considerações iniciais

Nas últimas décadas, com a intensificação dos fenômenos naturais – ondas de calor, furacões, enchentes e aumento do nível do mar - comunidade científica e sociedade de modo geral voltaram os olhares para as alterações provocadas pelas mudanças climáticas. O aumento da temperatura média, a alteração no padrão de precipitação, a área coberta por neve, a alteração do nível do mar, são algumas das diversas alterações sentidas pela humanidade e um dos fatores responsáveis por tornarem as mudanças climáticas alvo de diversas discussões e pesquisas científicas (SAMPAIO, MARENGO e NOBRE, 2008).

Para melhor compreensão do tema em estudo faz-se necessário definir o termo mudança climática, por vezes também denominada “mudança biosférica” ou “mudança global”, já que envolvem o conceito de que interações complexas estão ocorrendo entre o ambiente físico e o biológico (COAKLEY, 1995).

Para Conti (2000), mudança climática é toda e qualquer manifestação de inconstância climática, independente de sua natureza estatística, escala temporal ou causas físicas. Já o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC - 2007), define mudança climática como qualquer mudança no clima ocorrida ao longo do tempo, devido à variabilidade natural ou em decorrência da atividade humana.

Por sua vez a Convenção das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC, 2012), define o termo mudança climática como qualquer alteração no clima que tenha, direta ou indiretamente, interferência da atividade humana, o que modifica a composição da atmosfera global, e que seja adicional à variabilidade climática natural observada em períodos de tempos comparáveis.

Ainda neste contexto, Treut e Somerville (2006) entendem que o sistema climático é um sistema complexo, um sistema interativo que compreende a atmosfera, superfície terrestre, neve e gelo, os oceanos e outros corpos de água, além dos seres vivos. O sistema climático, evolui no tempo sob a influência de sua

própria dinâmica interna devido as mudanças nos fatores externos, que afetam o clima incluindo os fenômenos naturais, como erupções vulcânicas e variações solares, bem como as alterações induzidas pelo homem.

Segundo artigo publicado por Nóbrega (2010) de modo geral, tem-se observado que os critérios utilizados nos principais sistemas de classificações climáticas variam entre a precipitação, temperatura, vegetação e massas de ar, sejam como variáveis independentes ou com diferentes combinações. Neste contexto, o componente atmosférico do sistema climático mais evidentemente caracterizado é o clima, pois este é considerado um elemento essencial para a vida no planeta, além de ser fator importante na distribuição da vegetação e suas características em um contexto global.

Neste mesmo artigo, o autor afirma que o clima é geralmente descrito em termos de significado e variação da temperatura, precipitação e vento acima de um período de tempo, ocorrendo em intervalos de meses a milhões de anos (NÓBREGA, 2010). Embora muitos fatores influenciem o clima, como latitude, altitude, massas de ar, corrente marítima, dentre outros, são as diversas atividades humanas as responsáveis por nele interferir. Cientistas determinaram que as atividades humanas tornaram-se uma força dominante, e são responsáveis pela maioria do aquecimento observado durante os últimos 50 anos (TREUT e SOMERVILLE, 2006).

Frente a crescente importância e preocupação com o tema foi criado, em 1988, pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pela United Nations Environment Programme (UNEP), o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês). O IPCC é um órgão composto por delegações de 130 governos e tem como objetivo estudar e divulgar abertamente as informações técnicas e socioeconômicas e os impactos relevantes aos riscos à humanidade, visando criar mecanismos para a adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais (ÁVILA, 2007).

Desde a sua criação, o IPCC tem publicado diversos documentos e pareceres técnicos, sendo que até os dias atuais quatro relatórios foram disponibilizados à comunidade científica e demais interessados provendo avaliações regulares sobre mudanças climáticas. O primeiro Relatório de Avaliação sobre o

Meio Ambiente (Assessment Report, ou simplesmente AR) foi publicado em 1990 e reuniu argumentos em favor da criação da Convenção do Quadro das Nações Unidas para Mudanças do Clima (em inglês, UNFCCC).

O segundo relatório, publicado em 1995, acrescentou novos elementos às discussões que resultaram na adoção do Protocolo de Kyoto; consecutivamente em 2001 e 2007, foram publicados, respectivamente, o terceiro e quarto relatório (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2012).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas em seu Quarto Relatório de Avaliação (Fourth Assessment Report - AR4), divulgado em 2007, concluiu que é muito provável – com probabilidade acima de 90%, ao passo que no Terceiro Relatório de Avaliação (Third Assessment Report - TAR), divulgado em 2001 essa probabilidade era superior a 66% – que a maior parte do crescimento observado nas temperaturas médias globais desde meados do século XX seja devido ao acúmulo de gases de efeito estufa gerados pelas atividades humanas (HAMADA et al., 2011).

Segundo estudo realizado por Ávila (2007), o aumento de confiabilidade das conclusões entre os dois Relatórios em evidenciar a influência humana sobre o clima deveu-se à maior quantidade de informações disponíveis, inclusive para lugares que não foram cobertos por avaliações anteriores. De acordo com Hamada et al. (2011) as informações analisadas foram possibilitadas graças à melhoria e ampliação das análises dos dados, à análise mais ampla da cobertura vegetal ao desenvolvimento de modelos climáticos e ambientais mais complexos, à melhor compreensão das incertezas e à maior variedade de medições.

Assim, como a ciência e o clima da Terra continuaram a evoluir ao longo das últimas décadas, foi encontrado, um significativo aumento de evidências e influências antrópicas sobre a mudança climática. As mudanças climáticas são expressas, portanto, em termos de forçantes radiativas¹, as quais são usadas para comparar como a contribuição humana e os fatores naturais influenciam no aquecimento ou no resfriamento do sistema climático (ÁVILA, 2007).

¹ Forçante radiativa é a medida de influência que um fator tem de alterar o balanço de energia que entra ou sai no sistema terra-atmosfera e é um índice de importância do fator como um potencial mecanismo de mudança climática. (ÁVILA, 2007).

Dada a importância do tema aqui tratado, é compreensível o fato de estudos sobre mudanças climáticas ser um dos temas recorrentes e com grande repercussão tanto na comunidade acadêmica quanto nos meios de comunicação em massa (NABOUT et al., 2012). De acordo com Geerts (1999), entre 1965 e 1995, o número de artigos publicados por ano em revistas de ciência atmosférica triplicou, sendo que 95% de toda a literatura referente a mudança climática foi publicada após 1951.

Corroborando com esta afirmativa o estudo realizado por Siqueira, Padial e Bini (2009), que ao analisarem 1198 artigos relacionados ao tema, percebeu que 83% deles foram publicados entre os anos 2000 e 2007, reafirmando que as tendências de aumento da produção científica sobre mudanças climáticas têm motivado a comunidade científica, constituindo um dos temas mais polêmicos e preocupantes da atualidade.

Portanto, trabalhos envolvendo a questão das mudanças climáticas, tanto a nível global como regional e local, têm tido especial interesse por aqueles que se dedicam às ciências da natureza em todo o mundo (CONTI, 2000). Esse interesse se justifica pela necessidade de conhecer, analisar e avaliar como as mudanças climáticas interferem em determinados tipos de eventos climáticos, dentre eles o aquecimento global, o aumento da temperatura média da Terra, alteração no sistema de chuvas, de tempestades, inundações, secas, estiagens, geadas, derretimento de neve e gelo com elevação do nível do mar e outros fenômenos que podem provocar graves consequências econômicas, sociais e ambientais.

2.2. Impactos ambientais e suas consequências

As mudanças climáticas têm se manifestado de diversas formas, dentre elas são observadas, com maior frequência e intensidade, eventos climáticos extremos, alterações no regime de chuvas, perturbações nas correntes marítimas, retração de geleiras e elevação do nível dos oceanos (GHINI, HAMADA e BETTIOL, 2011). Embora as mudanças climáticas globais possam ter origem em causas naturais (ciclo solar, esfriamento global, glaciações, fenômenos como El Niño e La Niña), são as causas antrópicas que mais preocupam comunidade científica e pesquisadores.

Dentre as manifestações de maior consequência para a humanidade certamente o aquecimento global prevalece. O termo aquecimento global, segundo Lacerda e Nobre (2010), é usado para identificar o fenômeno do aumento da temperatura terrestre, causado pela intensificação do efeito estufa que é potencializado pelas atividades humanas. Estudos científicos apontam que, devido ao aumento da concentração na atmosfera de gases de efeito estufa (GEE), a temperatura do planeta subiu quase 1 grau centígrado nos últimos 100 anos (IPCC, 2007).

De fato, desde meados do século XVIII, com a Revolução Industrial e com uma economia mundial estruturada no fornecimento de energia por meio da queima de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão mineral, a humanidade passou a produzir um excesso de aproximadamente 3,8 bilhões de toneladas de dióxido de carbono por ano (LACERDA e NOBRE, 2010).

Conforme Pellegrino et al. (2007), as evidências de que ocorrerão mudanças climáticas globais, em função do aumento da concentração de gases de efeito estufa como o gás carbônico (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), além do próprio vapor d'água (H_2O), têm se apresentado cada vez mais consolidado e com boa aceitação pela comunidade científica internacional. O dióxido de carbono (CO_2) é o mais importante gás de efeito estufa provocado pelas atividades humanas, ao passo que o metano e o óxido nitroso são provenientes principalmente da agricultura (ÁVILA, 2007). Juntos esses são os principais gases responsáveis pela retenção do calor irradiado pela Terra.

Segundo estudo de Ávila (2007) sobre a síntese do quarto relatório do IPCC, o entendimento da influência das atividades humanas no aquecimento ou no resfriamento do clima aumentou desde o último relatório, levando a uma certeza maior de que as atividades humanas desde 1750 têm contribuído com o aumento da concentração de gases na atmosfera. Confirmando a afirmativa da autora, estudos realizados e divulgados pela Embrapa (PINTO e ASSAD, 2008), apontam que as queimadas e a utilização de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão, e o desmatamento, contribuem significativamente para as emissões de GEE's, sendo justamente a derrubada de florestas que coloca o Brasil na posição de quarto maior emissor de gás carbônico do mundo (PINTO e ASSAD, 2008).

A maior parte dos especialistas em clima concorda que a temperatura do planeta está mais elevada, tendo a temperatura média da superfície do planeta aumentado em 0,2°C por década nos últimos 30 anos (HANSEN et al., 2006) e projeções de longo prazo indicam que a temperatura média do planeta poderá aumentar entre 1,8 °C e 4,0 °C nos próximos 100 anos (MARIN et al., 2009).

Contudo, a alteração no clima não é projetada somente considerando a alteração dos valores de temperatura (provocados pelos GEE's), mas também no ritmo esperado de outras variáveis climáticas (precipitação pluviométrica, umidade, ventos, por exemplo). Evidências científicas contemporâneas têm advertido que os impactos das mudanças climáticas (Figura 1) não serão iguais em todas as regiões do Brasil (TORRES et al., 2012; MARENGO e SOARES, 2003) o que poderá ter consequências diretas nas atividades humanas e, especialmente, naquelas relacionadas à produção agrícola (PINTO e ASSAD, 2008).

Figura 1 - Impacto das mudanças climáticas no Brasil.



Fonte: Portal Mudanças Climáticas.

Disponível em: <<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/147>>. Acesso em: junho 2012.

Juntamente com o derretimento das geleiras, o aquecimento dos oceanos e da atmosfera causa aumento na dinâmica atmosférica, podendo interferir na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos o que, conseqüentemente,

pode aumentar a instabilidade do ecossistema, acelerar as taxas de extinção de espécies naturais e alterar o cenário agrícola, pois enchentes e secas se tornarão mais frequentes (GHINI et al., 2008).

Cunha (2011) afirma que o grau ao qual um sistema é suscetível aos efeitos adversos da mudança climática (incluindo a variabilidade do clima e eventos extremos) é chamado de vulnerabilidade. O nível de vulnerabilidade das diferentes regiões, setores econômicos e grupos sociais é determinado por fatores ambientais e socioeconômicos. Os fatores socioeconômicos incluem o nível de desenvolvimento tecnológico, a infra-estrutura, as instituições e a organização política, enquanto que os fatores ambientais estão relacionados às características, à magnitude e taxa de variação climática ao qual o sistema está exposto e à disponibilidade de recursos naturais. A capacidade adaptativa das regiões, também determinada por esses dois conjuntos de fatores, igualmente interfere no grau de exposição às mudanças climáticas (IPCC, 2007).

A maior vulnerabilidade ou a baixa capacidade dos países em desenvolvimento de se defender dos impactos das mudanças climáticas torna-se mais agravante quando se trata dos seus impactos sobre a agricultura que são, de maneira geral, fortemente dependentes da atividade agrícola, seja ela de subsistência ou base da economia nacional (PELLEGRINO et al., 2007; SAMPAIO et al., 2008). O setor agrícola, por depender diretamente de temperatura e precipitação, pode ser um dos mais afetados pelas mudanças climáticas, uma vez que, mesmo com todos os avanços tecnológicos, as condições ambientais ainda são fatores chave para a produtividade agrícola.

Considerando os prognósticos de aumento das temperaturas, é provável que a configuração da produção agrícola brasileira, como é conhecida hoje, mude significativamente nos próximos anos (ASSAD et al., 2004). Caso haja diminuição das áreas que apresentam adequabilidade climática para o cultivo de determinadas culturas, o impacto econômico pode ser enorme para o Brasil, pois áreas diminutas podem provocar escassez de grãos, tendendo a elevação no preço dos produtos e agravando ainda mais o problema da fome no mundo.

Além dos efeitos à agricultura, as mudanças climáticas também têm demonstrado alta influência nos biomas brasileiros e, conseqüentemente, na

biodiversidade mundial, pois de acordo com Aleixo et al. (2010), os biomas brasileiros abrigam uma porção significativa da biodiversidade mundial devido a combinação de altos níveis de riqueza e endemismo. No entanto, de acordo com os mesmos autores, essa rica biodiversidade vem sendo crescentemente ameaçada por atividades antrópicas, principalmente aquelas ligadas à conversão das paisagens naturais em áreas de produção agropecuária e ocupação imobiliária.

Trabalhos realizados por Nobre (2005) e Nobre et al. (2005) sobre o comportamento dos biomas brasileiros por meio da aplicação dos cenários do IPCC para 2091-2100 constataram que, em maior ou menor grau, há uma tendência a desertificação do semi-árido nordestino e uma “savanização” da Amazônia, como se refere o autor. O semi-árido nordestino poderá, num clima mais quente no futuro, transformar-se em região árida, afetando a agricultura de subsistência regional (ÁVILA, 2007). Embora a valoração dessas alterações seja impraticável, já se antevê uma perda significativa de biodiversidade pela dificuldade de adaptação desses biomas a mudanças climáticas da ordem de poucas décadas (MEDLYN e MCMURTRIE, 2005).

Os altos níveis de devastação ambiental estão causando enormes alterações sobre os ecossistemas naturais da Terra (ALEIXO et al., 2010). O impacto das mudanças climáticas sobre a biodiversidade é um dos efeitos indiretos que tem sido bastante discutido e apresenta uma grande oportunidade de avaliar o conhecimento sobre os mecanismos envolvidos na distribuição geográfica das espécies (DINIZ-FILHO et al., 2009). O monitoramento dos efeitos sobre a biodiversidade é de crucial importância, pois visa garantir desde a manutenção de populações que dependem dos produtos da floresta e dos diversos biomas brasileiros para a sua sobrevivência até a manutenção de recursos genéticos, e diversos serviços que podem ajudar a garantir o sucesso da adaptação às novas condições ambientais (ALEIXO et al., 2010).

Diante de tais eventos pode-se inferir de que é pouco provável que as mudanças climáticas globais dos últimos anos possam ser explicadas sem a influência do componente humano e, evidentemente, que não é devido exclusivamente às causas naturais. Por isso, é necessário haver integração entre comunidade científica, acadêmica e órgão público afim de que o país busque

alternativas para promover o desenvolvimento e, ao mesmo tempo, mitigar os impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas, permitindo o planejamento de ações e a obtenção de tecnologias necessárias para enfrentar as mudanças climáticas.

3. MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS

Atualmente as mudanças climáticas têm sido alvo de diversas discussões e pesquisas científicas. Essa preocupação, por parte da comunidade científica e da sociedade civil como um todo, se justifica sobretudo pelas consequências que os impactos ambientais poderão ter sobre a população e recursos naturais (DINIZ-FILHO et al., 2009). Dentre as prováveis consequências está o desaparecimento de recursos de ecossistemas, a destruição de importantes habitats com risco a sobrevivência de algumas espécies, provocando assim, aumento da perda da biodiversidade, que afeta diretamente os meios de subsistência do ser humano (RODRIGUES, 2012).

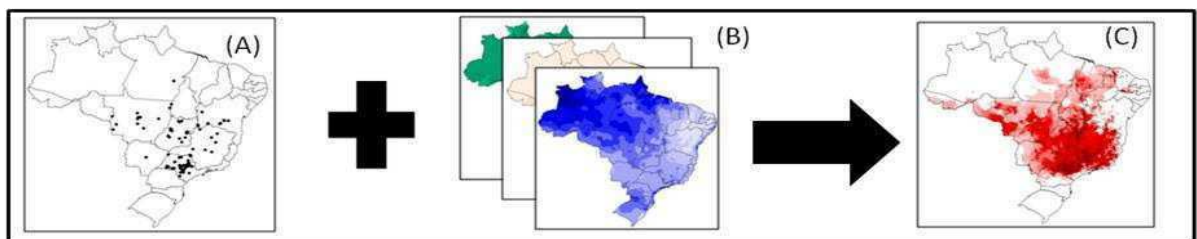
De acordo com Rodrigues (2012), biodiversidade não se refere apenas a diversidade biológica, mas também as interações complexas entre as diferentes formas de vida e as funções ecológicas desempenhadas por elas, além disso, todos os recursos genéticos podem ser entendidos como biodiversidade. Por isso é importante definir estratégias que ajudem na preservação e conservação da biodiversidade e de recursos naturais, já que esta fornece recursos diretos (alimentos, remédios, energia) e colabora indiretamente em diversos setores econômicos (SAMPAIO, MARENGO e NOBRE, 2008). Dentre as técnicas adotadas para auxiliar na solução dos problemas oriundos das alterações climáticas, destaca-se a modelagem de distribuição de espécies, cuja finalidade é estimar modelos baseados em nichos ecológicos das espécies.

Segundo Hutchinson (1957) o termo nicho ecológico é definido por “maneiras pelas quais tolerâncias e necessidades interagem na definição de condições e recursos necessários a um indivíduo (ou espécie) a fim de cumprir o seu modo de vida”. Ou seja, nicho ecológico é o conjunto de condições e recursos nos quais os indivíduos de uma espécie são capazes de sobreviver, crescer e reproduzir.

3.1. Modelos de Distribuição e Registros de Ocorrência da Espécie

Modelos de distribuição geográfica de espécies ou modelos bioclimáticos, ou ainda modelos de nicho ecológico são criados a partir de técnica de modelagem que relaciona registros de ocorrência da espécie com um conjunto de fatores ambientais para encontrar ambientes adequados, onde uma população possa se manter viável (GUISAN e ZIMMERMANN, 2000). O objetivo da modelagem é extrair a melhor explicação para um conjunto de dados e representá-la de forma precisa e compacta, fornecendo probabilidades de onde a espécie poderá ou não estar presente (GUISAN e THUILLER, 2005). A modelagem de distribuição de espécie é, portanto, a construção de um modelo que represente a distribuição geográfica de uma determinada espécie (Figura 2).

Figura 2 - Esquema ilustrando o processo de criação de um modelo de distribuição de espécie. Os pontos de ocorrências (A) são associados a diversos fatores ambientais (B) que por meio de uma técnica de modelagem projeta a distribuição geográfica potencial da espécie (C).



Fonte: Autora (2012)

Para Guisan e Zimmermann (2000), modelos de distribuição potencial de espécies são ferramentas que surgiram com a proposta de preencher as lacunas de conhecimento sobre os limites geográficos de espécies de interesse, e ainda ajudam na formulação de novas hipóteses sobre os mecanismos que determinam na distribuição destas espécies, ou seja, conseguem prever áreas geográficas com maior grau de adequabilidade ambiental à presença da mesma. Para que isso ocorra, os algoritmos utilizados nesses modelos tentam estabelecer relações não-aleatórias entre os dados de ocorrência com dados ecológicos/ambientais relevantes para a espécie tais como, temperatura, geologia, relevo, tipo de solo, precipitação, entre outras (SIQUEIRA, 2002; PETERSON et al., 2011).

Segundo Soberón e Peterson (2005), a distribuição geográfica de uma espécie é considerada uma unidade dinâmica e complexa resultante da interação de fatores que atuam em diferentes intensidades e escalas, sendo as condições abióticas, as interações bióticas, as regiões que são acessíveis a dispersão de espécies advindas de outra área e a capacidade evolutiva das populações adaptarem a novos ambientes. Assim, pode-se dizer que a distribuição geográfica de uma espécie depende das condições ambientais da região e está relacionada com seu nicho ecológico (BARBOSA, 2011).

De acordo ainda com Soberón e Peterson (2005) o nicho de uma espécie pode ser estimado de duas maneiras. A primeira, denominada abordagem mecanicista, no qual são usadas informações ecofisiológica das espécies para serem associados aos dados ambientais e projetar a distribuição geográfica. Outro tipo de modelagem é a abordagem correlativa, são utilizados dados de ocorrência de espécies com um conjunto de variáveis ambientais. Esse último tem sido mais frequentemente usado em espécies nativas. Os algoritmos, utilizados no modelo correlativo, tentam estabelecer relações não-aleatórias entre os dados de ocorrência da espécie com dados de variáveis ambientais relevantes. Os métodos em sua essência extrapolam associações entre ponto de ocorrência e conjunto de dados ambientais para identificar áreas de presença predita pelo mapa (PEREIRA e SIQUEIRA, 2007).

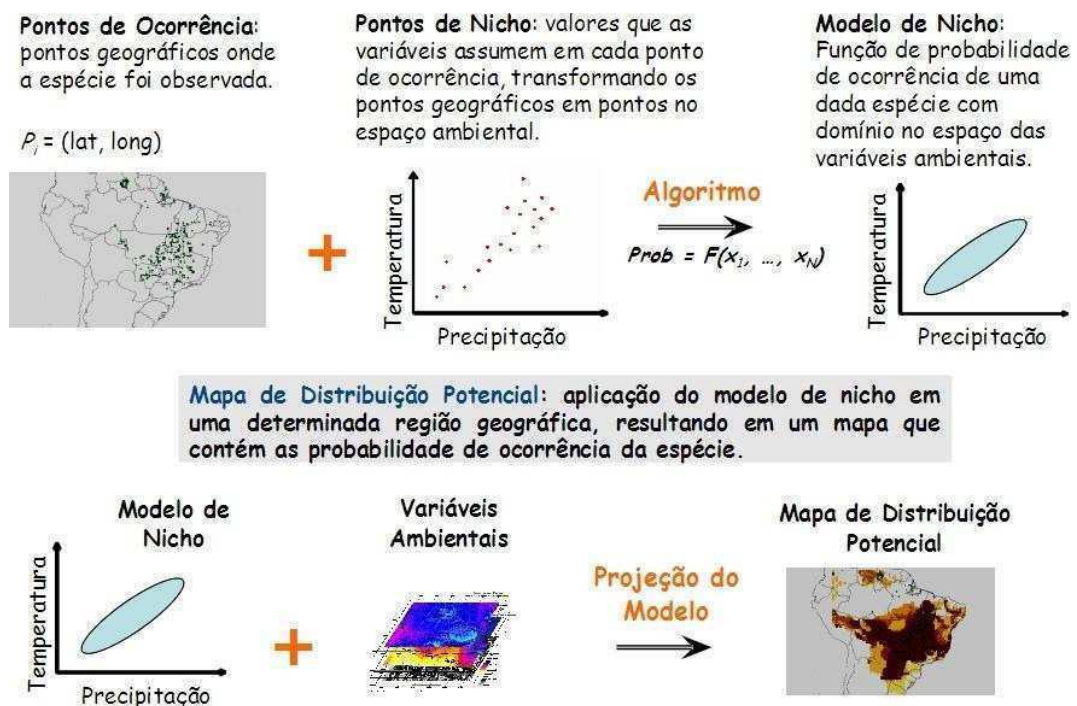
Somente são encontrados indivíduos de uma dada espécie em locais que oferecem as condições necessárias e recursos suficientes para sua sobrevivência, crescimento e reprodução. Combinações de variáveis ambientais associadas com a presença observada da espécie podem ser identificadas e projetadas num espaço geográfico. Estas regiões são ecologicamente similares àquelas onde as espécies ocorrem realmente, considerando as variáveis utilizadas para gerar o modelo (RODRIGUES, 2012).

Na modelagem de distribuição de espécies, portanto, são utilizados dados de ocorrência das espécies e dados de variáveis ambientais. Por dados de ocorrência das espécies entendem-se pontos georreferenciados ou coordenadas geográficas, ou seja, latitude e longitude, onde as espécies foram observadas e registradas, enquanto que as variáveis ambientais envolvem temperatura,

precipitação, altitude, tipo de vegetação, características do solo, radiação solar (MARCO JÚNIOR e SIQUEIRA, 2009). Normalmente, no caso das plantas, os dados de presença são compilados de fichas de exsicatas, de revisões taxonômicas, de levantamentos florísticos, estudos fitossociológicos, de acervos de coleções de herbários e museus ou ainda de observações de campo (BARBOSA, 2011).

Para melhor compreensão do funcionamento existente em todo processo de modelagem de distribuição de espécies, Siqueira (2005) estabeleceu uma figura (Figura 3) especificando cada uma das etapas envolvidas. Os pontos georreferenciados de ocorrência das espécies, latitude e longitude, em conjunto com os pontos de nicho são utilizados como dados de entrada do algoritmo. A partir dos dados de entrada, o algoritmo procura por relações entre as variáveis ambientais nos pontos de ocorrência, estabelecendo as condições ambientais adequadas para a espécie. Estas relações são expressas em forma de funções de probabilidade de ocorrência, produzindo, assim, um modelo baseado em nicho. O modelo estimado é, então, projetado em um determinado cenário, que pode ser referente às condições ambientais atuais, do passado ou do futuro. Esta projeção resulta em um mapa de distribuição potencial da espécie (RODRIGUES, 2012).

Figura 3 - Processo de modelagem de distribuição de espécies.



Fonte: Rodrigues (2012, p.31) apud Siqueira (2005).

3.2. Aplicações dos Modelos de Distribuição de Espécies e Técnicas de Modelagem

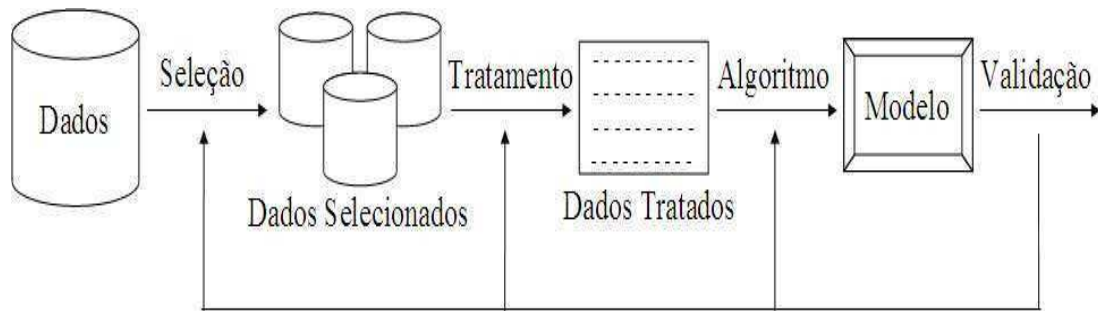
Os modelos de distribuição de espécies têm sido aplicados em inúmeras questões ecológicas, biogeográficas, evolutivas e estudos de conservação (GUISAN e THUILLER, 2005). Tais modelos extrapolam pontos conhecidos de ocorrência da espécie para áreas desconhecidas (PETERSON et al., 2002), sendo estes já utilizados em estudos de distribuição geográfica de espécies, compreensão do impacto das mudanças climáticas globais na distribuição de espécies, seleção de habitat, conservação de espécies endêmicas, raras e ameaçadas e priorização de áreas de conservação (GUISAN e ZIMMERMANN, 2000; MARINI et al., 2009; SIQUEIRA e PETERSON, 2003).

Para predizer a distribuição de uma espécie, há uma variedade de formas de modelagem. Uma primeira classificação apropriada seria distinguir modelos que foram originalmente delineados para dados de presença/ausência daqueles que foram construídos apenas para dados de presença. Todos esses modelos, originalmente baseados em presença e ausência real, podem ser utilizados com dados reais de presença e dados de ausência simulados, ou como são usualmente referidos na literatura, pseudoausência (MARCO JUNIOR e SIQUEIRA, 2009).

Por sua vez, os métodos de distâncias (ou modelos de similaridade ambiental) são as representações mais simples da lógica de nicho ecológico, por estarem baseados na existência de um ponto de ótimo ecológico para cada espécie definido pelo centróide dos pontos de ocorrência no espaço ecológico. A distância entre esse ótimo estimado e os valores observados para cada célula da grade ambiental para a área geográfica estudada é inversamente relacionada à adequabilidade do ambiente naquele local (MARCO JUNIOR e SIQUEIRA, 2009).

Conforme descrito anteriormente, a quantidade de dados disponíveis e o método de modelagem são inúmeros e diversos e interferem tanto na qualidade do modelo estimado como no resultado da modelagem (SOBERÓN e PETERSON, 2005). Por isso, para a construção dos modelos de adequabilidade ambiental é indispensável as etapas de avaliação e validação, conforme esquema representado na Figura 4.

Figura 4 - Etapas da modelagem de distribuição de espécies.



Fonte: Rodrigues (2012)

A etapa de avaliação é usada como ferramenta de pré-processamento e pode auxiliar, por exemplo, na escolha de um conjunto adequado de variáveis ambientais de acordo com a espécie estudada (RODRIGUES, 2012). Exemplo de um método de reamostragem comumente utilizada na pré-análise é o Jackknife, que permite estimar a significância de uma variável ambiental individualmente na análise da distribuição de cada espécie estudada.

Tão importante quanto os métodos de pré-análise são as técnicas de pós-análise para validação do modelo estimado. Exemplos de medidas de pós-análise são: acuidade, erro de omissão, erro de sobreposição, curva ROC (Receiver Operating Characteristics) e AUC (Area Under the Curver). Todas essas medidas são calculadas a partir da matriz de confusão, que é uma matriz bidimensional quadrada contendo o número de exemplos classificados corretamente e o número de classificações predita para cada classe (RODRIGUES, 2012).

É importante salientar que os resultados obtidos a partir dos estudos de modelagem de nicho ecológico não podem ser considerados como inequívocos (COSTA et al., 2007). Essa ressalva se faz necessária porque alguns problemas ainda são percebidos nos dados utilizados em modelos de distribuição de espécie (Tabela 1), conforme demonstra Marco Junior e Siqueira (2009).

Tabela 1 - Alguns exemplos de aplicações dos modelos de distribuição potencial de espécies (MDP) retirados da literatura recente.

ÁREA	MÉTODO*	EXEMPLOS
Predição de distribuição de espécies raras ou ameaçadas de extinção	Maxent, GARP	Engler <i>et al.</i> , 2004; Guisan <i>et al.</i> , 2006; Pearson <i>et al.</i> , 2007
Guiar levantamentos para detectar espécies novas ou raras e novos padrões de distribuição	GARP, Distância Euclidiana	Raxworthy <i>et al.</i> , 2003
Escolha de espécies para recuperação de áreas degradadas	GARP	Siqueira, 2005
Escolha de áreas prioritárias para conservação	GARP, ENFA, GLM	Araujo <i>et al.</i> , 2004; Martinez <i>et al.</i> , 2006
Determinação de áreas com maior risco de invasão por espécies exóticas	GARP, BIOCLIM, Maxent	Broennimann <i>et al.</i> , 2007; Herborg <i>et al.</i> , 2007; Loo <i>et al.</i> , 2007; Peterson, 2003; Rouget <i>et al.</i> , 2001; Sutherst e Maywald, 2005
Análise do efeito das mudanças climáticas globais sobre a biodiversidade	GARP, BIOCLIM, GLM	Heikkinen <i>et al.</i> , 2006; Hijmans e Graham, 2006; Parra-Olea <i>et al.</i> , 2005; Roura-Pascual <i>et al.</i> , 2004; Thuiller <i>et al.</i> , 2005
Predição de áreas ideais para plantio	GARP, Maxent, BIOCLIM, DOMAIN	Villordon <i>et al.</i> , 2006

Fonte: Marco Junior e Siqueira (2009)

4. BIOMA CERRADO E PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DA MANGABA

4.1. O Cerrado

4.1.1. Aspectos Gerais e biodiversidade

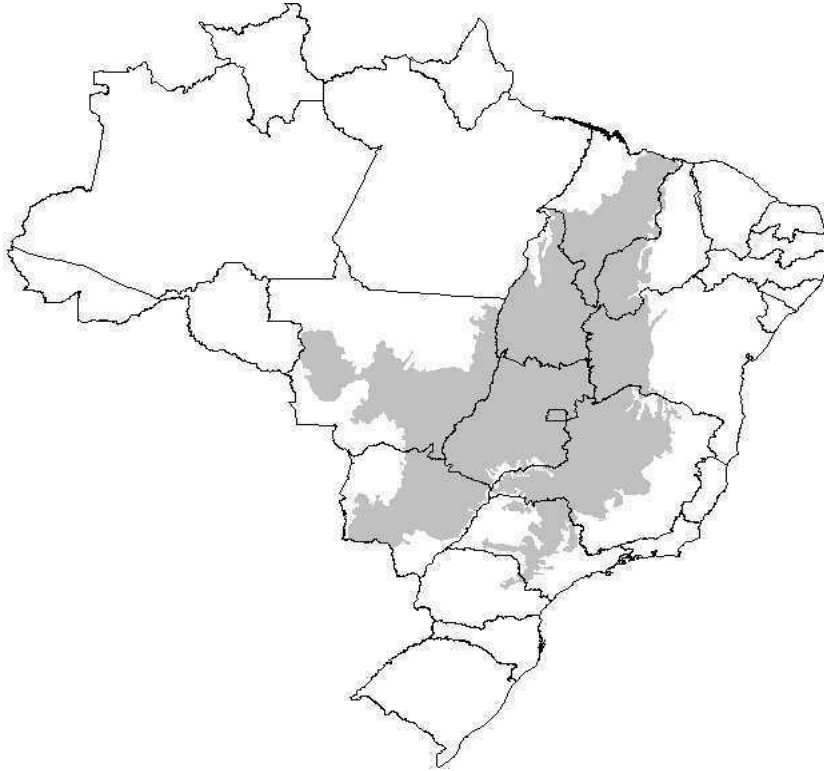
O Brasil é o país com maior diversidade biológica do planeta, possui cerca de 30% das espécies de plantas e de animais conhecidas no mundo, estão distribuídas em seus diferentes biomas (BRASIL, 2012). Dentre esses biomas, a região dos cerrados, que abrange principalmente os estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia, Maranhão, Piauí e Distrito Federal, com seus 207 milhões de hectares, equivalentes a, aproximadamente 24% do território nacional – apresenta grande diversificação faunística e florística em suas diferentes fisionomias vegetais (ÁVIDOS e FERREIRA, 2003).

O Cerrado é o segundo maior bioma do país, e uma das 25 áreas, no planeta, consideradas mais ricas e prioritárias para conservação. Esse bioma apresenta formações vegetais variando desde campos abertos até formações densas de florestas, que podem atingir 30 metros de altura (EMBRAPA, 2007).

A área do bioma Cerrado é caracterizada por apresentar clima estacional, com um período chuvoso de outubro a abril, seguido por um período seco, de maio a setembro e precipitação média de 1.660 mm anuais, sujeita a variações sazonais importantes, o que gera relativa baixa na disponibilidade de recursos hídricos (GEO BRASIL, 2007). Na época chuvosa, ocorrem curtos períodos de estiagem, denominados veranicos e as temperaturas variam, em média, 22°C a 27°C (EMBRAPA, 2007). Os solos são predominantemente antigos, fortemente intemperizados, ácidos, profundos, bem drenados, com baixa fertilidade natural e elevada concentração de alumínio.

O Cerrado faz fronteira e possui áreas de transição com outros grandes ecossistemas brasileiros (Figura 5), exercendo papel-chave no equilíbrio ambiental da Amazônia, da Mata Atlântica e da Caatinga (EMBRAPA, 2007).

Figura 5 - Brasil e o bioma Cerrado.



Fonte: Autora (2012).

Quanto à vegetação, o Cerrado apresenta relevos variados, embora haja o predomínio de amplos planaltos, metade do relevo situa-se entre 300 e 600 metros acima do nível do mar, e apenas 5,5% atingem uma altitude acima de 900 metros (SILVA et al., 1994). Troncos e ramos tortuosos, súber espesso, macrofilia e esclerofilia são características da vegetação arbórea e arbustiva, que por possuírem raízes profundas, desenvolveram capacidade de buscar água em camadas permanentemente úmidas do solo, até mesmo na época mais seca (FERRI, 1977).

Sendo assim, o Cerrado apresenta diversos ecossistemas, grande diversidade de ordem, famílias, gêneros e mais de 12.000 espécies de plantas, das quais muitas têm uso medicinal, alimentício e na produção de artesanatos (PIRES e SANTOS, 2000). Entretanto, cerca de 80% do Cerrado já foi modificado pelo homem, e somente 19% dele corresponde a áreas-fragmento nas quais a vegetação original ainda se encontra em bom estado. Dentre as principais ameaças ao ambiente natural destacam-se a erosão hídrica e eólica dos solos, degradação dos diversos tipos de vegetação, perda de biodiversidade e invasão biológica causada por dispersão de espécies exóticas (EMBRAPA, 2007).

Segundo a International Conservation (IC), o Cerrado já figura na relação dos 17 ecossistemas mais degradados do planeta (hotspots), precisando urgentemente de medidas que compatibilizem o desenvolvimento com a manutenção da sua biodiversidade (CONCEIÇÃO et al., 2011). Para o ecólogo inglês Norma Myers, hotspots é um termo criado para determinar quais as áreas de preservação são mais importantes para conservação da biodiversidade na Terra (MYERS et al., 2000).

Contudo, o Cerrado é responsável por aproximadamente 5% de toda biodiversidade mundial (RIGONATO e ALMEIDA, 2003). A diversidade biológica ou também denominada de biodiversidade, segundo Goedert (2007), é representada por todas as espécies de plantas, animais, microrganismos, em interação com os ecossistemas e os processos ecológicos dos quais essas espécies fazem parte. Essa diversidade constitui a base das atividades humanas nas áreas agrícolas, pecuária, pesqueira e florestal e, além de ter grande valor econômico, possui também valores ecológicos, científicos, culturais, dentre outros (BORÉM e SANTOS, 2007).

Apesar da importância que a biodiversidade apresenta para manutenção dos processos ecológicos naturais que ocorrem no planeta e para as atividades humanas, estudos têm evidenciado que as taxas de extinção de espécies estão aumentando de maneira considerável. As estimativas atuais apontam em torno de 30 mil espécies extintas a cada ano (BORÉM e SANTOS, 2007) e diversas são as causas que estão provocando esse fenômeno. Segundo Scariot e Sevilha (2007), dentre as principais ameaças à biodiversidade destacam-se o aquecimento global, exploração desordenada, mudanças climáticas, alteração dos ciclos biogeoquímicos, perda e fragmentação de habitats e ruptura da estrutura das comunidades nos habitats.

Devido à grande biodiversidade, à rápida e profunda alteração da paisagem do bioma, ao interesse e à importância socioeconômica e cultural de muitas das espécies vegetais do bioma Cerrado dentre elas o araticum, baru, barbatimão, cagaita, mangaba, macaúba, pequi (OLIVEIRA et al., 2008), é necessário e urgente estudos e ações que viabilizem a preservação e conservação das áreas que ainda restam do Cerrado.

O interesse pelas espécies do Cerrado tem atingido diversos segmentos da sociedade, especialmente após os anos 40 (ÁVIDOS e FERREIRA, 2003) e várias são as espécies que possuem utilização regional (ALMEIDA et al., 1998). A mangaba, por exemplo, foi intensivamente explorada para exploração de látex. O babaçu e a macaúba já se mostraram eficientes na utilização em motores de combustão, em substituição ao óleo diesel. O pequi já foi industrializado, sendo o seu óleo enlatado e comercializado. A polpa e o óleo da macaúba são utilizados na fabricação de sabão de coco. O palmito da guariroba, o palmito doce e os sorvetes de cagaita, araticum, pequi e mangaba são amplamente comercializados (ÁVIDOS e FERREIRA, 2003; ALMEIDA et al., 1998).

Enfim, percebe-se, portanto, que as mais de 58 espécies de frutas nativas dos cerrados conhecidas e utilizadas pela população apresenta, de fato, grande potencial alimentar, madeireiro, combustível, agroindustrial, forrageiro, medicinal e ornamental (ÁVIDOS e FERREIRA, 2003).

4.2. Mangaba: *Hancornia speciosa* Gomes

4.2.1. Literatura científica internacional

Uma análise breve feita em levantamento automático utilizando o nome da espécie de estudo (i.e. *Hancornia speciosa*) no banco de dados Web of Science (Thomson ISI) revelou um total de 66 artigos publicados entre os anos de 1991 a 2012. Esse número, de fato, indica que poucos artigos têm utilizado essa espécie, demonstrando a necessidade de trabalhos científicos utilizando a espécie *H. speciosa* como organismo modelo.

Além disso, uma análise das revistas que publicaram artigo com essa espécie, revelou que sete (7) estão publicados na Revista Brasileira de Fruticultura, seis (6) na Revista Ciência e Agrotecnologia, seis (6) na Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira e quatro (4) artigos no Journal of Entomopharmacology. Esse resultado indica um viés nos estudos com essa espécie de planta, uma vez que as

principais revistas que publicaram artigos são da área de ciências agrárias e farmacológica.

Por fim, essa rápida busca em bases internacionais indica a necessidade de mais estudos com essa espécie, e principalmente, estudos com foco ambiental e ecológico buscando, por exemplo, investigar os impactos das mudanças climáticas globais sobre a biologia (i.e. distribuição geográfica) da mangaba.

4.2.2. Descrição Botânica e Ecologia

A mangaba é uma espécie frutífera e laticífera nativa do Brasil que apresenta grande importância social, econômica e cultural nas áreas em que ocorre. Botanicamente é classificada nos seguintes táxons, conforme classificação de Cronquist (1988) e Almeida et al. (1998): Reino Plantae, Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, Subclasse Asteridae, Ordem Gentianales, Família Apocynaceae e Gênero *Hancornia*. O gênero *Hancornia* é considerado monotípico e, por isso, sua única espécie é *Hancornia speciosa* Gomes.

A família Apocynaceae inclui aproximadamente 400 gêneros e 3700 espécies, sendo que 95 gêneros e 850 espécies ocorrem no Brasil (CRONQUIST, 1988). Nessa família estão incluídas árvores fornecedoras de madeira de boa qualidade, como as perobas e guatambus e são ricas em látex e em substâncias utilizadas no tratamento do câncer (SOUZA e LORENZI, 2008).

De acordo com Monachino (1945), devido principalmente as características morfológicas das folhas e da flor, podem existir seis variedades botânicas de mangabeira, sendo elas: *Hancornia speciosa* var. *speciosa* Gomes (ou simplesmente *H. speciosa* Gomes), *Hancornia speciosa* var. *maximiliani*, *Hancornia speciosa* var. *cuyabensis*, *Hancornia speciosa* var. *lundii*, *Hancornia speciosa* var. *gardineri* e *Hancornia speciosa* var. *pubescens*.

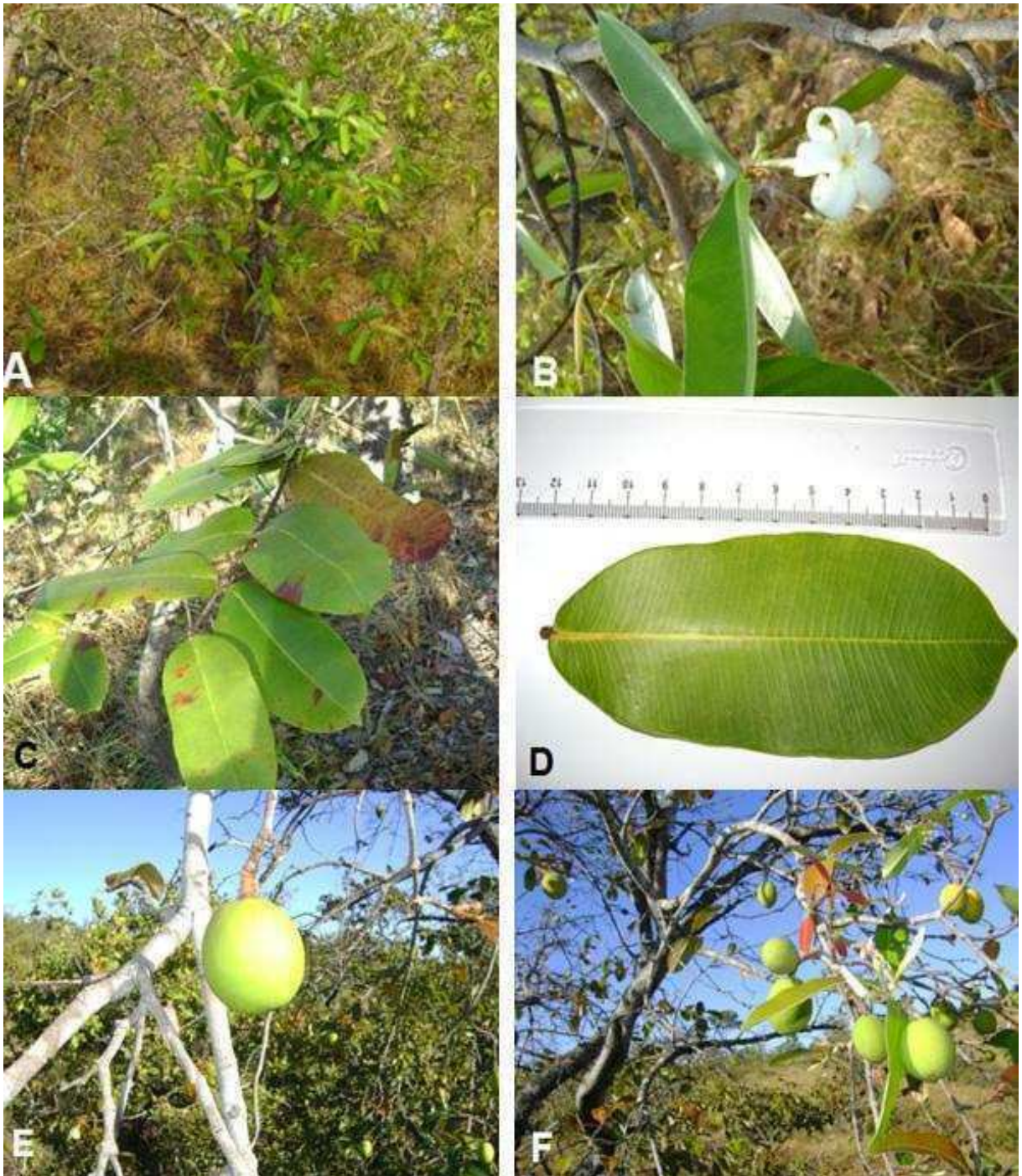
A palavra mangaba em tupi-guarani significa “coisa boa de comer”, e também grude, em referência ao látex abundante, inclusive nos saborosos frutos comestíveis (ALMEIDA et al., 1998). Além da denominação “mangaba”, existem muitas outras variantes usadas para nomear o fruto e a árvore no Brasil:

mangabeira, mangaíba, mangabiba, mangaúva, mangareíba, mangava, manguba, mangabeira-agreste, mangabeira-brava, mangaba-dascaatingas, mangabinha-dascaatingas, mangabeira-do-norte, mangabeira-mansa, mangabeira-ovo, mangabeira-rana, mangabeira-branca, mangabeira-vermelha, mangabeira-de-goiás, mangabeira-de-minas, tembiú, tembiucatinga e catu (MONACHINO, 1945; PIO CORRÊA, 1969).

Entre as primeiras espécies frutíferas cuja ocorrência foi relatada pelos exploradores da costa do Brasil no século XVI, a mangabeira apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo em várias regiões tropicais da América do Sul. No Brasil, ocorre em alguns ecossistemas das Regiões Centro-Oeste, Norte, Nordeste e Sudeste e, abundantemente, nas áreas de cerrados, tabuleiros costeiros e baixada litorânea (FERREIRA, 1973). Fora do Brasil, essa fruteira é praticamente desconhecida e sua presença é registrada apenas na Bolívia (PRADO, 2000), Paraguai e, possivelmente, no Chaco da Argentina (SILVA JUNIOR e LÉDO, 2006).

A planta é uma árvore perene e semidecidual, de porte médio com altura variando de 2 a 10 metros, podendo chegar até 15 metros (MONACHINO, 1945), de crescimento lento, copa ampla com 4 a 5 metros de diâmetro, às vezes mais ramificada que alta (Figura 6A). Suas raízes são pivotantes profundas, circundadas de raízes secundárias bem desenvolvidas, dispostas obliquamente em relação à principal (AGUIAR FILHO et al., 1998). O tronco é geralmente único, tortuoso ou reto com duas a três bifurcações na altura média de 40 a 50 cm da base e com casca ligeiramente escura, de aparência fissurada ou íntegra. Os ramos são inclinados, numerosos, separados e bem formados, de córtice levemente suberoso (Figura 6C). Já os ramos jovens são de coloração violácea, lisos até um ano de idade, meio angulosos, curtos, com poucas folhas, floríferos no ápice. Toda a planta exsuda látex de cor branca ou róseo-pálida (GOUVEA, 2007).

Figura 6 - Indivíduo da espécie *H. speciosa* Gomes ocorrente em remanescente de cerrado sensu strictu no município de Bom Jardim de Goiás, estado de Goiás: (A) indivíduo da espécie, (B) inflorescência, (C) ramo, (D) folha, (E) fruto e (F) tonalidade dos frutos.



Fonte: Peixoto, J.C. (dez, 2012)

A mangabeira é uma planta de clima tropical, vegetando bem em áreas que apresentam alta insolação e por ser uma planta heliófila, é muito exigente em luminosidade. A temperatura média ideal está entre 24 e 26°C, podendo ser

encontrada em zonas com temperaturas mínimas e máximas de 15 e 43°C, respectivamente. A pluviosidade ideal para seu cultivo pode estar entre 750 e 1.600 mm anuais, bem distribuídos, tolerando períodos curtos de déficit hídrico, característicos das regiões onde se desenvolve (WISNIEWSKI e MELO, 1982; LORENZI, 1992; LEDERMAN et al., 2000; ESPÍNDOLA et al., 2003). É encontrada em altitudes que vão desde o nível do mar até mais de 1.500 metros (VIEIRA NETO, 1994; LEDERMAN et al., 2000).

As mangabeiras nativas são encontradas predominantemente em solos arenosos, ácidos, pobres em matéria orgânica, com baixos teores de nutrientes e com baixa retenção de água, típicos das regiões de cerrados, tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas, porém podem ser cultivadas com sucesso em solos arenoargilosos (ALMEIDA et al., 1998). A aeração e a profundidade são as duas principais exigências da mangabeira em relação ao solo. Dentro desses aspectos, os latossolos, podzólicos e areias quartzozas situados em áreas bem drenadas e sem adensamentos ou compactações são os tipos de solos mais adequados ao seu cultivo (VIEIRA NETO, 2001). Os solos argilosos, devido a menor porosidade e drenagem mais difícil, são mais propensos a apresentar problemas de encharcamento não sendo indicados ao cultivo da mangabeira (VIEIRA NETO et al., 2002)

Suas folhas são verdes, simples, opostas, uniformemente espaçadas, coriáceas, elípticas, oblongo ou elíptico-lanceoladas nas duas extremidades, às vezes obtusosubacuminadas no ápice, possuindo de 3,5 a 10,0 cm de comprimento e 1,5 a 5,0 cm de largura (Figura 6D). Enquanto as flores são grandes, brancas, perfumadas, campanuladas e hermafroditas (Figura 6B), sendo o androceu dotado de cinco estames epipétalos, anteras lanceoladas de filetes curtos e deiscência rimosa e o gineceu com ovário pequeno, unicarpelar, dotado de muitos óvulos, estileto longo com estigma em carretel (SÁ, 2009). Embora as flores sejam hermafroditas, há uma auto-incompatibilidade entre as estruturas de reprodução, o que a torna obrigatoriamente dependente de polinizadores (DARRAULT e SCHLINDWEIN, 2003).

A mangabeira produz frutos aromáticos, delicados, saborosos e nutritivos, com teor de proteína de 1,3 a 3,0% (PARENTE et al., 1985) e teores de vitaminas e

sais minerais superiores aos da maioria das espécies frutíferas, tendo excelente aceitação no mercado (FERREIRA, 1997). A polpa dos frutos é branca e fibrosa, apresenta baixo conteúdo lipídico e calórico e é fonte de fibras e de minerais (MARIN et al., 2009; SILVA et al., 2008).

O fruto da mangabeira (Figura 6E) é constituído de polpa (77%), casca (11%) e semente (12%), é do tipo baga elipsóide de 2,5 a 6,0 cm, carnosa, com número de sementes variável, coloração amarela ou esverdeada, com pigmentação avermelhada e peso oscilando entre 5 e 50g, com média de 21g, (MONACHINO, 1945).

As sementes, por sua vez, são discóides com 7 - 8 mm de diâmetro, de cor castanho-claro, rugosa, com hilo central e é considerada recalcitrante, ou seja, a redução da umidade da semente pode fazer com que esta perca a sua capacidade de germinar (AGUIAR FILHO et al., 1998). A propagação da mangabeira pode ser feita pelo processo sexuado, por meio da semente, ou assexuada mediante o uso de parte do vegetal.

A produção das mangabeiras tem início entre o terceiro e o quinto ano após o plantio e, dependendo dos fatores ambientais, como condições de clima, distribuição e quantidade de chuvas, tipo de solo e os tratos culturais oferecidos, proporcionam produtividades de 10 a 12 toneladas por hectare a partir do quinto ano (VIEIRA NETO et al., 2002; SOARES et al., 2006). A mangabeira normalmente apresenta duas floradas por ano, uma no início da estação chuvosa (abril/maio), com colheita entre julho/outubro, e a outra, no período seco (outubro/dezembro), com colheita entre janeiro/abril. A colheita é feita manualmente, coletando-se os frutos caídos no solo, ou colhendo-se diretamente na árvore os frutos “de vez” que deve ser feita com o fruto ainda na planta, quando houver a mudança de tonalidade do verde água para o amarelo claro (Figura 6F) (VIEIRA NETO, 1994).

Apesar de ampla importância econômica e para a biodiversidade do Cerrado (ALMEIDA et al., 1998), não existem trabalhos que tenham modelado a distribuição geográfica da espécie em estudo (*H. speciosa*) e também não há pesquisas que tenham avaliado o impacto das mudanças climáticas sobre a produtividade e distribuição geográfica dessa espécie.

4.2.3. Importância econômica, dados de produção e situação de cultivo:

O potencial para o aproveitamento da mangabeira é bastante variado, pois a espécie apresenta potencial econômico desde a utilização do tronco até os frutos. Do tronco e das folhas retira-se látex, muito explorado durante a segunda Guerra Mundial como substituto da borracha, mas de qualidade um pouco inferior. A madeira, apesar de não ter grande valor econômico, pode ser usada na fabricação de móveis, carvão e como lenha (ÁVIDOS e FERREIRA, 2003). O chá da folha é comumente usado para cólica menstrual, o decocto (cozimento) da raiz é usado junto com o quiabinho (*Manihot tripartita* Müll.Arg) para tratar luxações e hipertensão (ALMEIDA et al., 1998) e o leite da planta (látex) é usado também como medicamento contra a tuberculose, herpes, dermatoses, verrugas e no tratamento de úlceras, daí a importância atribuída a ela na cura de algumas doenças.

A espécie *H. speciosa* pode, também, ser indicada para alimentação de pessoas doentes e convalescentes, em função de sua alta digestibilidade, valor nutricional e propriedades medicinais. Altos conteúdos de sólidos solúveis totais associados à elevada acidez, além do paladar exótico, conferem à mangaba um sabor muito apreciado pelos consumidores, embora ainda apenas os frutos apresentem um valor comercial significativo (SOARES et al., 2006).

Os frutos, ricos em vitaminas A, B₁, B₂ e C, além de ferro, fósforo, cálcio, proteínas e ácido ascórbico, são utilizados para o consumo in natura e industrialização – polpa, sucos, coquetéis, doces em calda, geléias, sorvetes, licores, vinhos, xaropes, compotas – demonstrando dessa forma enorme potencial de aproveitamento na agroindústria. O valor energético, em cada 100g de fruta, é de 43 calorias, com teor de proteína, vitaminas e sais minerais superiores aos da maioria das espécies frutíferas e seu consumo, ainda está associado aos benefícios relacionados à saúde através do fornecimento elevado de antioxidantes naturais (ALMEIDA et al., 2011).

No Nordeste, a mangaba é uma das mais requisitadas produtoras de matéria-prima para a indústria entre as frutas nativas dessa região, devido aos excelentes aroma e sabor dos seus frutos. A comercialização da mangaba, portanto, é feita de várias formas e varia de acordo com o tipo de exploração, sendo que os

frutos são vendidos nas feiras livres, Ceasas e indústrias de processamento, enquanto aqueles de cultivos racionais ou tecnificados são destinados aos supermercados ou agroindústrias para o processamento (AGUIAR FILHO et al., 1998).

Segundo Silva Junior (2004), os maiores produtores de mangaba são os Estados de Sergipe, Minas Gerais e Bahia, com produções respectivas de 524, 478 e 170 toneladas de mangaba no ano de 2000. Corrobora com esses dados Sá (2009) que analisando os maiores estados produtores da fruta no ano de 2006 destacaram-se Sergipe (520 toneladas), Bahia (170 toneladas) e Paraíba (49 toneladas). Nesses estados, o aproveitamento da mangaba pelas indústrias está restrito quase que exclusivamente ao período de safra e é direcionado essencialmente para fabricação de sucos concentrados, sorvetes e polpa congelada.

No estado de Sergipe, a mangabeira apresenta grande significado econômico, principalmente para a população do litoral e tamanha sua importância econômica e cultural e a outros fatores relevantes, como a necessidade de proteção de espécies nativas e ameaçadas de extinção, a mangabeira foi instituída, através do decreto nº 12.723 de 20 de janeiro de 1992, como Árvore Símbolo do Estado de Sergipe (SÁ, 2009). Nesse mesmo estado, como o volume produzido da fruta não atende à demanda, o preço é alto. Segundo Silva Júnior (2004), no pico da safra, o quilo da fruta custa em torno de R\$ 0,50 e, quando a safra diminui, o preço pago ao produtor chega a R\$ 1,50, sendo que nos supermercados esses valores são bem superiores.

Em relação à situação de cultivo da mangabeira sabe-se que sua exploração é feita de duas formas: extrativismo², em pomares nativos, usando mão-de-obra desqualificada, caracterizando a sua importância socioeconômica para as populações da zona rural, que a tem como fonte de renda, sem nenhum investimento prévio, considerando-se que se encontra em estado silvestre; e pomares cultivados tecnicamente. Na colheita extrativista, a produção provém de coleta em plantas individuais, existentes em pequenas glebas ou às margens das

² O extrativismo é entendido aqui como exploração dos produtos nativos em ecossistemas diversos e voltados para diferentes mercados no conjunto de atividades desenvolvidas pelas denominadas populações tradicionais (Homma, 1993).

estradas, cuja comercialização é feita em supermercados, feiras livres e nas agroindústrias de processamento para extração de polpa (FERREIRA, 1997; ESPÍNDOLA e FERREIRA, 2003).

No entanto, na maioria dos estados nordestinos produtores de mangaba existem poucos plantios comerciais, demonstrando, assim, que a quase totalidade da produção de frutos é proveniente das plantas remanescentes (LEDERMAN e BEZERRA, 2006) e sua exploração é feita tipicamente por comunidades extrativistas. A colheita da mangaba é tradicionalmente feita por mulheres, as tradicionais “catadoras de mangaba”, uma atividade bucólica que remete um pouco às paisagens e imagens românticas da vida do campo (SANTOS e SILVA et al., 2007).

O predomínio das mulheres na atividade pode ser explicado pelo fato de que até os anos 1980, a utilização de frutas nativas, ainda não era muito valorizada e, por esse motivo, destinavam-se ao consumo familiar e, apenas em pequenas quantidades, eram comercializadas (MOTA et al., 2009). Por tudo isso, as áreas de mangabeiras se configuram em espaços de domínio feminino e também pela facilidade de revezamento das mulheres entre a atividade doméstica e a extrativista, normalmente, realizada nas proximidades da casa e sem demandar longas e ininterruptas jornadas de trabalho (MOTA e SANTOS, 2008).

Embora se confirme, por meio dos relatos até aqui expostos, do potencial econômico da espécie *H. speciosa* para as regiões onde a planta se faz presente, dados oficiais do IBGE demonstram que ano a ano há uma redução da vegetação nativa (Tabela 2 e 3) e que, conseqüentemente o número de mangabeiras vem sendo reduzido devido principalmente à especulação imobiliária verificada na faixa litorânea do Nordeste, a implantação de monoculturas - a exemplo dos coqueirais e canaviais - e pastagens e pela pouca motivação para o plantio por falta de instruções técnicas que fundamentem um aproveitamento racional, representando uma grande barreira a exploração de inúmeras potencialidades da espécie (SANTOS et al., 2007).

Tabela 2 - Produção anual de frutos de mangabeira (toneladas) nos estados produtores, de 1990 a 1999.

Estado	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Alagoas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piauí	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-
Maranhão	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-
Mato Grosso	-	-	-	-	-	-	5	5	4	1
Minas Gerais	-	-	-	3	3	3	572	525	518	507
Rio Grande do Norte	31	32	29	22	28	29	31	36	31	29
Paraíba	487	73	29	15	9	9	15	13	-	-
Bahia	351	380	395	154	186	184	196	185	152	160
Sergipe	102	94	88	83	79	84	546	515	523	517
Total	973	581	543	279	307	311	1366	1279	1228	1214

Fonte: IBGE (2012)

Tabela 3 - Produção anual de frutos de mangabeira (toneladas) nos estados produtores, de 2000 a 2010.

Estado	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alagoas	-	-	32	36	31	19	9	8	9	32	34
Piauí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maranhão	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
Mato Grosso	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Minas Gerais	498	489	444	234	4	4	5	3	3	3	1
Rio Grande do Norte	29	29	31	65	78	80	71	56	60	38	45
Paraíba	-	-	-	-	-	48	48	96	99	100	100
Bahia	170	168	164	165	171	162	168	174	142	137	142
Sergipe	524	491	474	499	509	496	519	435	396	387	401
Total	1222	1178	1146	999	793	809	820	773	710	698	724

Fonte: IBGE (2012)

A grande demanda desse mercado aliada à baixa oferta do produto está entre os principais fatores responsáveis pelo desconhecimento da mangaba por maior parte da população de outras regiões do Brasil, inviabilizando a comercialização e a distribuição da polpa processada no âmbito nacional. Neste contexto, a conquista de novos mercados do Sul e Sudeste do país, por exemplo,

está condicionada, principalmente, à implantação de pomares comerciais, uma vez que a produção atual, originária totalmente do extrativismo, mal atende à demanda do mercado consumidor local (ALMEIDA et al., 1998).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 A espécie

5.1.1. *Hancornia speciosa* Gomes (APOCYNACEAE)

A espécie utilizada neste trabalho foi *Hancornia speciosa*, pertencente a família *Apocynaceae* e gênero *Hancornia* que, por ser considerado monotípico, tem como única espécie *H. speciosa* que apresenta ampla distribuição geográfica (ALMEIDA et al., 1998) e ocorrência nas áreas de cerrados, tabuleiros costeiros e baixada litorânea (FERREIRA, 1973).

A mangaba é uma planta semidecídua de formações abertas, comum em terrenos arenosos e de baixa fertilidade (LORENZI, 1992), apresenta floração de agosto a novembro com pico em outubro (ALMEIDA et al., 1998).

5.1.2 Produtividade nos municípios exploradores de mangaba

A mangaba é uma das espécies de planta do Cerrado que tem tido boa representatividade social, econômica e cultural nas áreas em que ocorre. Os dados de extração da mangaba por município brasileiro foram obtidos no sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, www.ibge.gov.br) no sistema de recuperação automático (SIDRA) e no acervo de “Extração Vegetal” (www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pevs/default.asp).

Ao todo foram considerados 75 municípios, sendo que para cada município, além dos dados de área territorial (km²), latitude e longitude, obteve-se a média da extração de mangaba dos últimos 21 anos (ver apêndice 1). A extração média de mangaba por município foi obtida em tonelada e transformada em kg/km², denominada, portanto de produtividade (relação entre média de produção de todos os anos analisados e tamanho da área do município).

Para verificar a tendência temporal da extração vegetal ao longo dos últimos 21 anos (período disponível na base SIDRA) foi feita uma análise de Correlação de

Pearson da produção extraída e dos anos coletados para cada município. Neste caso, valores positivos indicam que a produção tem aumentado ao longo dos anos, ao passo que valores negativos indicam decréscimo da produção ao longo dos anos.

5.2. Modelo de distribuição geográfica potencial

Para modelar a distribuição geográfica potencial da espécie em estudo, necessitou-se: i) dados de ocorrência da espécie (i.e. coordenadas geográficas); ii) dados climáticos, no caso em questão, clima atual e clima futuro (considerando os cenários climáticos futuros de mudanças globais) e, iii) o método de modelagem (i.e. um algoritmo computacional). Abaixo segue a descrição de cada uma das etapas.

5.2.1. Dados de ocorrência da espécie

Inicialmente os dados de ocorrência da mangaba foram obtidos da literatura (artigos, livros, dissertações e teses) e de um banco de dados do Centro de Referência Informação Ambiental (CRIA; <http://www.cria.org.br/>). Ao todo foram obtidos 367 pontos de ocorrência de mangaba, sendo esses pontos utilizados na modelagem de distribuição geográfica potencial (Figura 7). Os dados (coordenadas geográficas) dos municípios que extraem a mangaba não foram inseridos a fim de evitar problemas circulares nas análises.

Figura 7 - Pontos de ocorrência utilizados para a modelagem de nicho da mangaba (*H. speciosa*).



Fonte: Autora (2012).

5.2.2. Dados climáticos

Existem atualmente na literatura científica 19 variáveis climáticas (no cenário atual e futuro) que podem ser utilizadas nos modelos de nicho. Essas variáveis estão disponíveis no site WORLDCLIM (www.worldclim.org) e são compostas pela temperatura e precipitação e outras derivadas destas que podem ter relevância para a distribuição de organismos vivos, como extremos máximos e mínimos, sazonalidade, variação anual, diárias e médias mensais obtidas por estações meteorológicas no período de 1950 a 2000 (HIJMANS et al., 2005).

Apesar do amplo número de variáveis é recomendado que se faça uma seleção de variáveis climáticas para gerar os modelos de nicho (e.g. PETERSON et al., 2011). Para a seleção de variáveis inicialmente foi gerado um modelo com todas as variáveis e posteriormente realizou-se o teste de Jackknife. Esse teste cria vários

modelos nos quais uma variável é excluída de cada vez, depois um modelo é criado com cada uma das variáveis isoladamente e, por fim, um modelo é gerado com todas as variáveis e avalia o desempenho dos modelos em cada uma dessas situações para estimar a importância relativa de cada variável para a geração do modelo. Após a seleção das variáveis pelo método Jackknife foi feita uma Análise de Componentes Principais para indicar variáveis colineares (NABOUT et al., 2010).

Por fim foram selecionadas as cinco (5) variáveis climáticas que demonstraram ter maior importância para o modelo e que não eram colineares, sendo elas: isothermalidade, sazonalidade da temperatura, amplitude da temperatura média anual, temperatura média do trimestre mais quente e sazonalidade da precipitação. Essas variáveis foram utilizadas no cenário climático atual (até ano 2000) e no cenário climático futuro (ano 2050).

Para o cenário climático futuro, essas variáveis climáticas foram derivadas do modelo climático global CCCma (Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis), com projeções obtidas para o cenário pessimista (A2a), ou seja, com maior emissão de gases de efeito estufa (e.g. KARL e TRENBERTH, 2005). Os dados de cenários climáticos (atual e futuro) foram obtidos do sítio do WORDCLIM (www.wordclim.org), com os valores estimados para o ano de 2050. Todas as variáveis climáticas foram convertidas para uma malha com resolução de 0,0417 graus.

5.2.3. Método de Modelagem

O método de modelagem empregado para estimar a distribuição geográfica atual e futura da mangaba foi o Maxent (Maximum Entropy) utilizando um programa com o mesmo nome (PHILLIP et al., 2006). O Maxent é um programa recente, sendo um método de aplicação geral para fazer previsões ou inferências a partir de informações incompletas. Ele estima a probabilidade de ocorrência da espécie encontrando a distribuição de probabilidade da máxima entropia, que é a distribuição mais próxima da distribuição uniforme.

O método parte do conceito que a distribuição que se conhece de uma espécie é a representação adequada do seu nicho ecológico, a partir daí o método atribui valores de 0 a 1 para os demais quadrantes (pixels) da área geográfica. Dessa forma, valores próximos de 0 indicam regiões geográficas em que as condições climáticas não são favoráveis para a ocorrência da espécie, enquanto que valores próximos de 1 sugerem que as condições climáticas são favoráveis para a ocorrência da espécie.

O Maxent tem uma interface de simples utilização e tem um bom desempenho quando comparado aos demais algoritmos amplamente utilizados para modelagem de distribuição de espécies (ELITH et al., 2006). Além disso, diferentemente de outros métodos, o Maxent modela a distribuição das espécies apenas com dados de presença, o que permite a utilização de dados de coleções na modelagem, e gera estatísticas de validação. Os parâmetros utilizados para o modelo do Maxent foram os padrões (default), exceto por 1000 interações e remoção de duplicatas.

Para avaliar o desempenho preditivo dos modelos foi utilizado um método modificado da curva ROC (Receiver Operating Characteristic), proposto por Peterson et al. (2008). A área sob a curva (Area Under the Curve - AUC) é atualmente a mais difundida e aceita medida do sucesso preditivo de modelos de distribuição, pois sua avaliação é feita de forma independente da aplicação de um threshold subjetivo. Os valores de AUC foram classificados de acordo com a proposta de Metz (1986): excelente (0.90 a 1,0); bom (0.80 a 0.90); médio (0.70 a 0.80); ruim (0.60 a 0.70) e muito ruim (0.50 a 0.60), portanto valores próximos a 1 de AUC indicam alto desempenho do modelo, enquanto que valores menores do que 0,5 indicam baixo desempenho do modelo (ELITH et al., 2006; ALLOUCHE et al., 2006).

5.3. Análise de Dados

As análises de dados consistiram em determinar a relação por município, por meio de uma correlação de Pearson entre extração média da mangaba (kg/km^2) e a adequabilidade ambiental no cenário climático atual (obtidas pelo modelo gerado

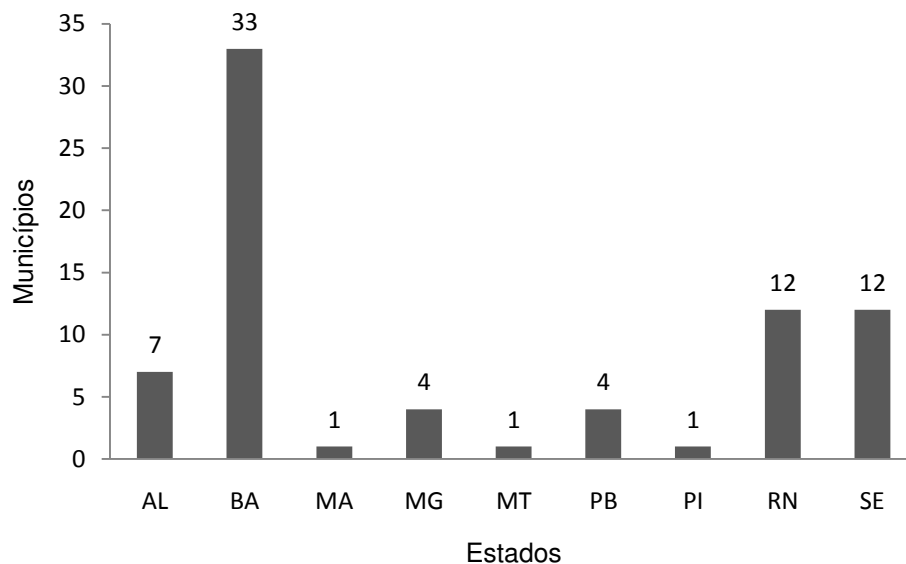
pelo Maxent, com valores variando de 0 a 1). Para reduzir a dimensionalidade dos dados, ambas as variáveis (extração e adequabilidade ambiental) foram log-transformadas ($\text{Log}X+1$).

Em análises de correlação, como outras análises estatísticas, deve-se atentar aos pressupostos da análise. Dessa forma, em análises cujas variáveis apresentam uma relação espacial pode-se comprometer o pressuposto da “independência das unidades amostrais”. No presente trabalho, os municípios são as unidades amostrais, assim, a não independência das unidades amostrais (identificada pela autocorrelação espacial nos resíduos do modelo), pode ocasionar um aumento do erro tipo I e, conseqüentemente gerar interpretações errôneas em testes de significância baseado em hipótese nula (HAWKINS et al., 2007). Dessa forma, para investigar a pressuposto da independência dos dados, foi estimado o correlograma espacial, utilizando o I de Moran, do resíduo da relação entre produtividade e adequabilidade (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). Após identificar o padrão espacial (indicado pelo correlograma), a correlação foi reanalisada utilizando um modelo autoregressivo simultâneo (WALL, 2004; DINIZ-FILHO et al., 2009), objetivando reduzir a autocorrelação no resíduo da correlação. Os testes estatísticos foram feitos no programa SAM v.4 (RANGEL et al., 2010).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os Estados Brasileiros apenas nove apresentam municípios com atividades relacionadas a extração de mangaba. Bahia é o estado com maior número de municípios (33), seguido por Rio Grande do Norte (12), Sergipe (12), Alagoas (07), Minas Gerais (4) e Paraíba (4). Já os estados do Maranhão, Mato Grosso e Piauí apresentam apenas um (1) município produtor de mangaba dentre os anos de 1990 a 2010 (Figura 8).

Figura 8 – Gráfico do número de municípios por Estado que apresentaram atividades relacionadas a extração de mangaba (*H. speciosa*) nos últimos 21 anos (1990-2010), de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.



Fonte: Autora (2012).

Estes municípios estão concentrados na região Nordeste, uma vez que a mangaba está presente em áreas de ocorrência natural, principalmente, nos ecossistemas de tabuleiros costeiros, baixada litorânea e cerrados do Brasil (MOTA et al., 2009; MOTA e SILVA JÚNIOR, 2003), além das atividades caracterizarem-se, predominantemente, pela ação extrativista envolvendo populações tradicionais locais (MOTA et al., 2005; SANTOS et al., 2007).

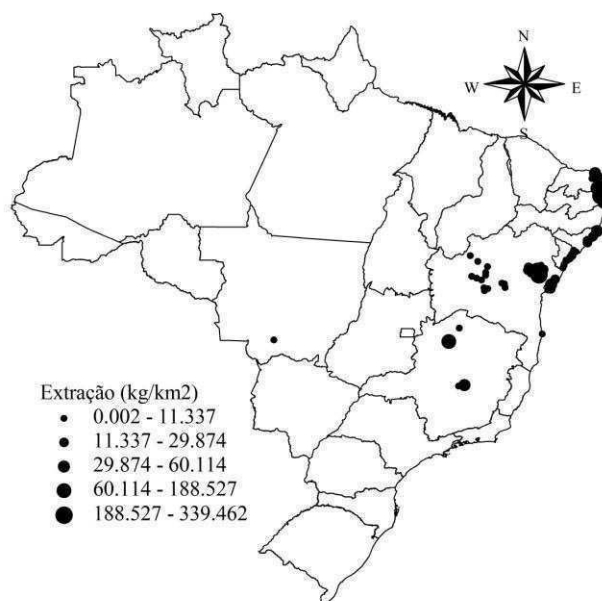
A produtividade média de todos os setenta e cinco municípios analisados foi de 38,87 kg/km². Os municípios paraibanos de Baía da Traição (339.46kg/km²),

Marcação (330.91kg/km²) e o município Ichu (313.31kg/km²), na Bahia, foram os que apresentaram maior produtividade da mangaba, ao passo que Touros, no Rio Grande do Norte, foi o município com menor produtividade (0,01kg/km²).

É válido ressaltar que os dados de extração da mangaba foram obtidos exclusivamente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dos últimos 21 anos (1990-2010). Essa ressalva faz-se necessária devido a literatura recente apontar Sergipe como maior produtor de mangaba do país (VIEIRA NETO, 2001; VIEIRA NETO et al., 2002; MOTA et al., 2005, SANTOS et al., 2007). Essa afirmação é válida se levar em consideração a produção do fruto em determinado ano, como é o caso dos trabalhos referenciados. Ao passo que os resultados aqui apresentados são dados de produtividade, ou seja, relação entre a média de produção de mangaba de todos os anos analisados e o tamanho da área do município.

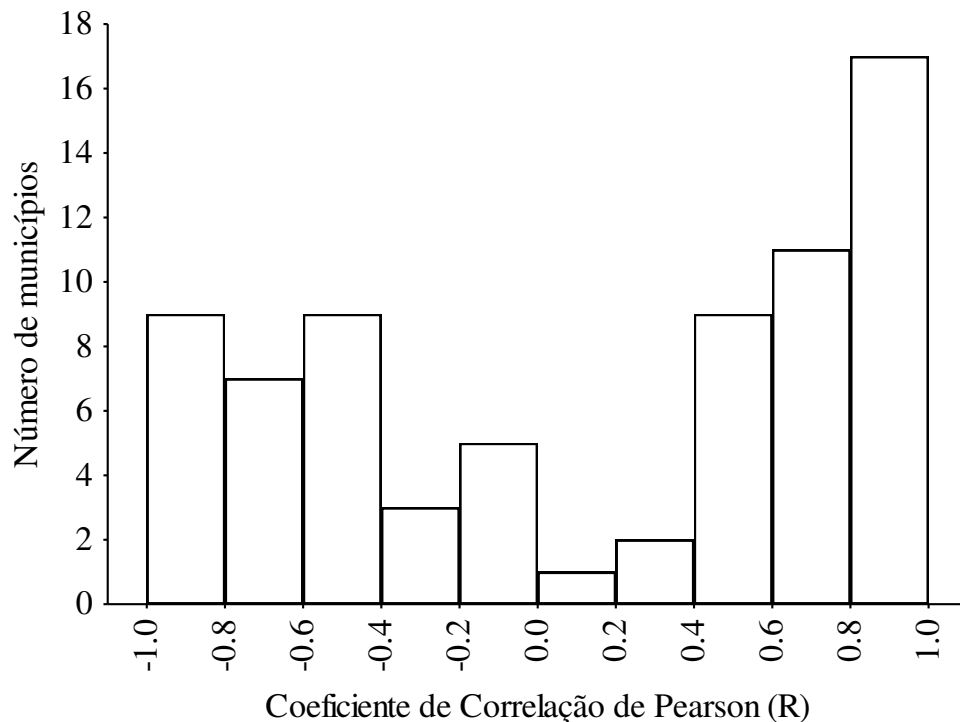
Nesse sentido, a Paraíba apesar de ter poucos municípios produtores de mangaba (somente quatro) é o estado que apresenta maior produtividade do fruto (201.30kg/km²), em seguida está o estado de Minas Gerais, também com quatro municípios produtores, com 60.52kg/km² (Figura 9).

Figura 9 - Municípios brasileiros que apresentam dados de extração de mangaba (*H. speciosa*). Cada círculo indica a posição central do município. O tamanho dos círculos demonstra a extração de mangaba por município.



A produtividade de mangaba tem oscilado ao longo do tempo, de tal forma que a maior parte dos municípios (total de 40 municípios) apresentou aumento na produtividade ao longo dos anos (indicado pelo coeficiente de correlação de Pearson positivo) (Figura 10). Contudo, alguns municípios têm demonstrado diminuição na produtividade (33 municípios diminuíram e 02 municípios tiveram correlação igual a zero). Municípios como Rio Tinto ($r=-0.98$) e Marcação ($r=-0.98$), ambos na Paraíba, apresentaram grande diminuição na produtividade ao longo dos anos.

Figura 10 - Histograma do coeficiente de correlação de Pearson para cada município produtor de mangaba (*H. speciosa*).



Fonte: Autora (2012)

Para os municípios que apresentaram aumento na produtividade, prováveis indícios estariam relacionados ao tipo de extrativismo da mangaba, que é considerado de baixo impacto ao meio ambiente, portanto, essencial à conservação da biodiversidade e à manutenção de hábitos de populações tradicionais (SANTOS et. al., 2007; MOTA e SANTOS, 2008).

Corroborar com essa nova tendência Mota et al. (2008), que em pesquisa realizada com os atores de comercialização e consumo da mangaba, afirmam que

as frutas nativas, como é o caso da mangaba, estão em evidência e têm sido revalorizadas, passando ser uma nova estratégia de construção social e de atrativo turístico às regiões. Além de apresentar um representativo valor econômico e com grandes potencialidades, especialmente para a agricultura familiar, nas diversas áreas da região nordeste, sendo muito importante a manutenção das populações naturais e a preocupação em conhecer e manter a dinâmica ecológica da espécie em estudo (SANTOS et al., 2007).

Entretanto, às possíveis causas da diminuição de produtividade de alguns municípios podem estar relacionadas justamente ao fato do fruto ter sua base extrativista. Segundo estudos realizados por Homma (1993 apud MOTA et al., 2008) existem razões endógenas e exógenas para o enfraquecimento do processo extrativo. Citando os referidos autores, as principais causas internas para o desaparecimento das atividades extrativistas estão relacionadas àquelas inerentes à extração do recurso em si e o desenvolvimento de substitutos industriais por não conseguirem atender a procura ou demanda do mercado. Ao passo que, dentre as causas externas, destacam-se à crescente demanda de terras pela expansão da fronteira agrícola e o crescimento populacional.

Para Mota e Silva Júnior (2003) os municípios localizados nas regiões costeiras do Nordeste apresentam uma grande redução das áreas nativas, que sofrem com o aumento da exploração de monoculturas e pastagens, bem como pela crescente expansão imobiliária, dada, sobretudo, pela beleza e apelo turístico dessas áreas.

Ainda de acordo com Mota et al. (2005), os campos remanescentes de mangabeiras estão praticamente localizados em áreas turísticas e, conseqüentemente sujeitos a grande especulação imobiliária e que, quase sempre, culminam com a expulsão das populações nativas, além da reconfiguração da composição de muitas famílias mediante a migração e a reorganização da combinação do extrativismo com outras atividades (MOTA et al., 2009).

É provável também que a diminuição da produtividade de mangaba esteja relacionada pelo pouco incentivo de políticas públicas por parte dos governos locais para o uso sustentável desta espécie, tornando assim a produção de outras culturas (tal como a soja, milho e cana de açúcar) um investimento mais rentável (NABOUT

et al., 2011) ou ainda devido a degradação ambiental que vem acometendo populações de espécies nativas que acabam sofrendo com o processo de erosão genética em razão de diversas ações antrópicas (SANTOS et al., 2007). De fato, estudos que investigam a tendência temporal da produtividade de espécies cultivadas, tem indicado que grande parte dos municípios tem aumentado sua produtividade. Esse é o caso da produtividade do milho (*Zea mays* L.) no Brasil, no qual grande parte dos municípios brasileiros vem aumentando a produtividade ao longo dos anos (NABOUT et al., 2012).

A análise de desempenho do modelo de distribuição geográfica da mangaba gerado pelo Maxent apresentou AUC igual a 0,97, evidenciando alto desempenho. O modelo de distribuição geográfica atual da mangaba demonstrou que essa espécie possui de fato uma ampla distribuição geográfica potencial, cobrindo todo o bioma Cerrado e regiões Centro-Oeste e Nordeste. O modelo também demonstra que as regiões como norte de Goiás, centro do Distrito Federal, leste de Minas Gerais, além da Bahia e os estados do Nordeste apresentam condições climáticas muito favoráveis para a ocorrência da mangaba (Figura 11A). No cenário futuro de mudança climática, observa-se uma grande redução na distribuição geográfica da espécie, ou seja, muitas regiões, especialmente no Nordeste, diminuirão a adequabilidade climática para essa espécie (Figura 11B).

Esses dados são consonantes com o observado por Nabout et al. (2011) para a distribuição geográfica potencial de *Caryocar brasiliense* Cambess, o pequi, outra espécie extrativista que possui distribuição semelhante quanto à região. Para esta espécie a previsão também é de diminuição de sua área de ocorrência projetada para o cenário futuro (ano de 2050) considerando apenas as mudanças climáticas.

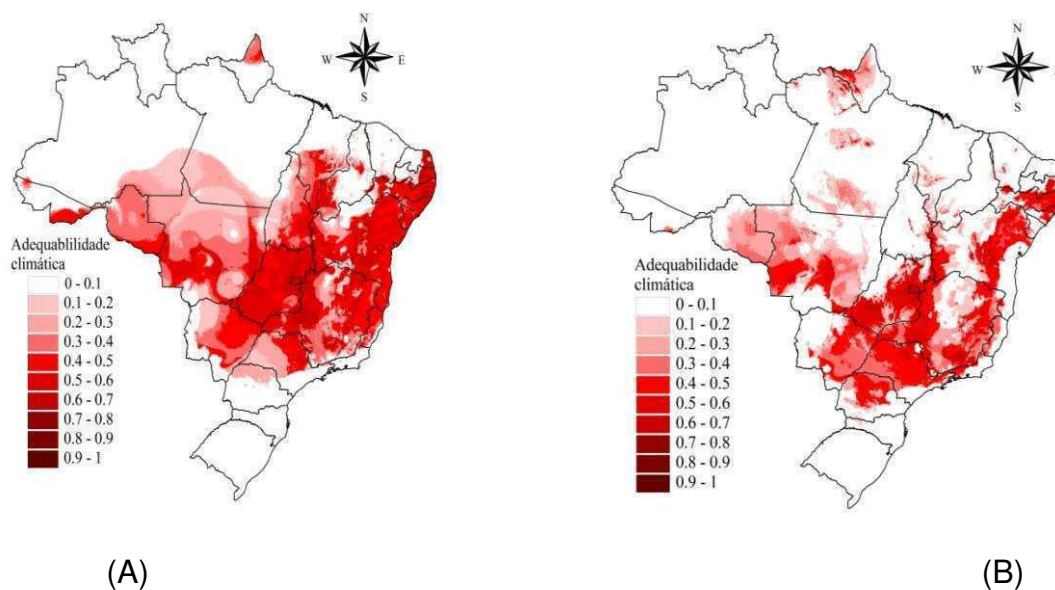
Semelhante aos resultados aqui apresentados são os de Siqueira e Peterson (2003), com espécies da flora do Cerrado, indicando que, em um cenário futuro de variações climáticas, as espécies deverão ter perdas em mais de 50% de sua área de distribuição geográfica potencial.

Diferentemente dos resultados apresentados por Nabout et al. (2011) e Siqueira e Peterson (2003), em que as mudanças climáticas terão forte influência na diminuição da distribuição geográfica das espécies, são os resultados encontrados

por Diniz Filho et al. (2012). Os resultados obtidos pelos autores com o baru, (*Dipteryx alata* Vogel), outra espécie economicamente importante e nativa do Cerrado, revelaram mudanças na distribuição geográfica em áreas climaticamente adequadas da região Central para Sudeste do Brasil, em 2050. Porém, devido à ampla distribuição das espécies e do clima relativamente homogêneo e, considerando que as espécies sejam capazes de persistir somente em regiões de clima altamente adequados, não haverá uma redução muito drástica em tamanho de área, apesar de algumas das populações locais atuais serem perdidas (Diniz Filho et al., 2012).

Todavia é válido ressaltar que, assim como os dados aqui apresentados para *H. speciosa*, esses estudos consideraram somente aspectos climáticos para modelar a distribuição geográfica atual e futura da espécie. Dessa forma, outros fatores não foram considerados pelo algoritmo na distribuição geográfica, como aspectos históricos, padrão de dispersão, mudanças evolutivas, ações antrópicas e interações ecológicas (LOPES et. al, 2007; PEARSON e DAWSON, 2003; HANNAH et al., 2002).

Figura 11 - Mapa de distribuição geográfica potencial de mangaba (*H. speciosa*), considerando cenário climático atual (A) e futuro (B), evidenciando regiões onde ganharão (valores positivos; cor escura) e perderão (valores negativos; cor clara) adequabilidade ambiental.

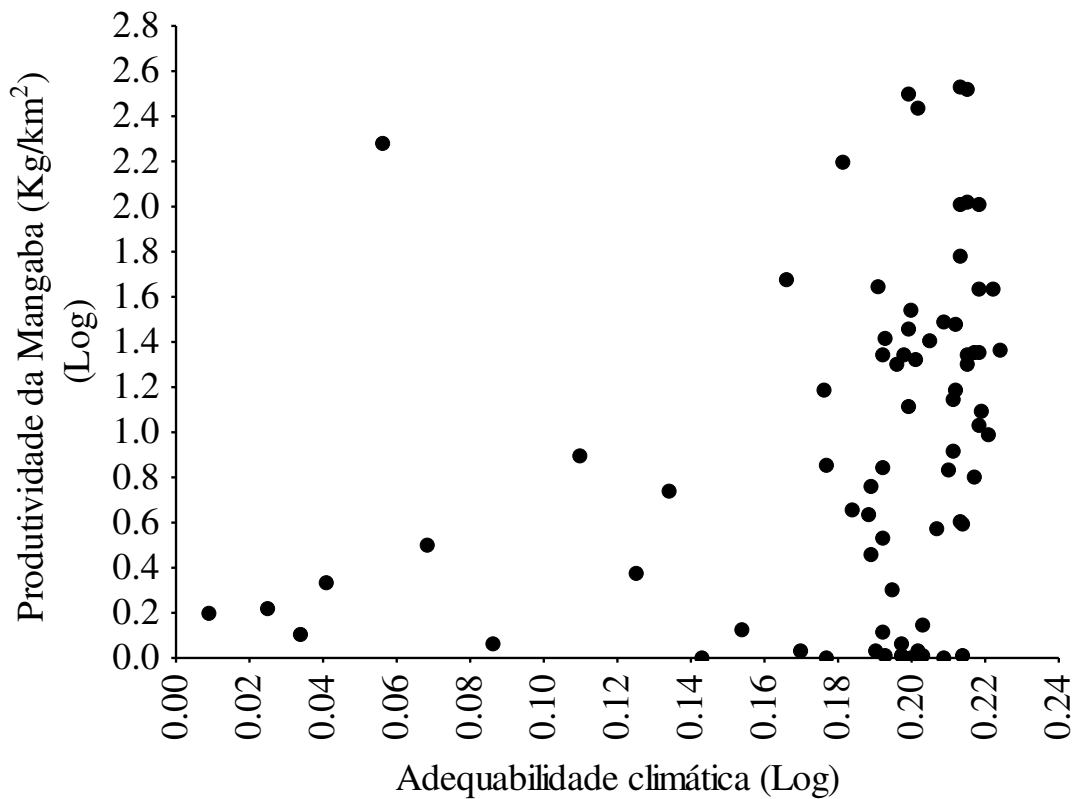


Fonte: Autora (2012)

Considerando o modelo atual, para cada município que extrai a mangaba, foi obtido a adequabilidade climática (valor que varia de zero a um, gerado pelo Maxent) e indica os locais ou regiões que são mais (1 ou próximo) ou menos favoráveis (zero ou próximo), climaticamente, para ocorrência de uma determinada espécie. Por fim, o valor de produtividade da mangaba foi correlacionado com a adequabilidade climática. A correlação entre essas duas variáveis foi positiva ($r=0.29$; $p=0.01$). No entanto, foi detectado autocorrelação espacial no resíduo da correlação (I de Moran na primeira classe foi 0.19). Diante disso, foi utilizado o modelo autoregressivo simultâneo e, ainda assim, encontrou-se uma correlação positiva entre as duas variáveis ($r=0.27$; $p<0.01$), conquanto não foi detectado autocorrelação espacial no resíduo da correlação (I de Moran na primeira classe foi 0.04). Esse resultado indica que os lugares com maiores produtividade são aqueles que têm maiores valores de adequabilidade climática (Figura 12).

Essa relação também indicou um “envelope”, no qual em regiões de baixa adequabilidade, os municípios tiveram produtividade baixa, ao passo que, em regiões de elevada adequabilidade, existem municípios com alta e baixa produtividade. Isso sugere que em regiões de clima não adequado, necessariamente a produtividade será baixa. Já em regiões climaticamente favoráveis, o município pode adotar estratégias econômicas para ter maior ou menor produtividade.

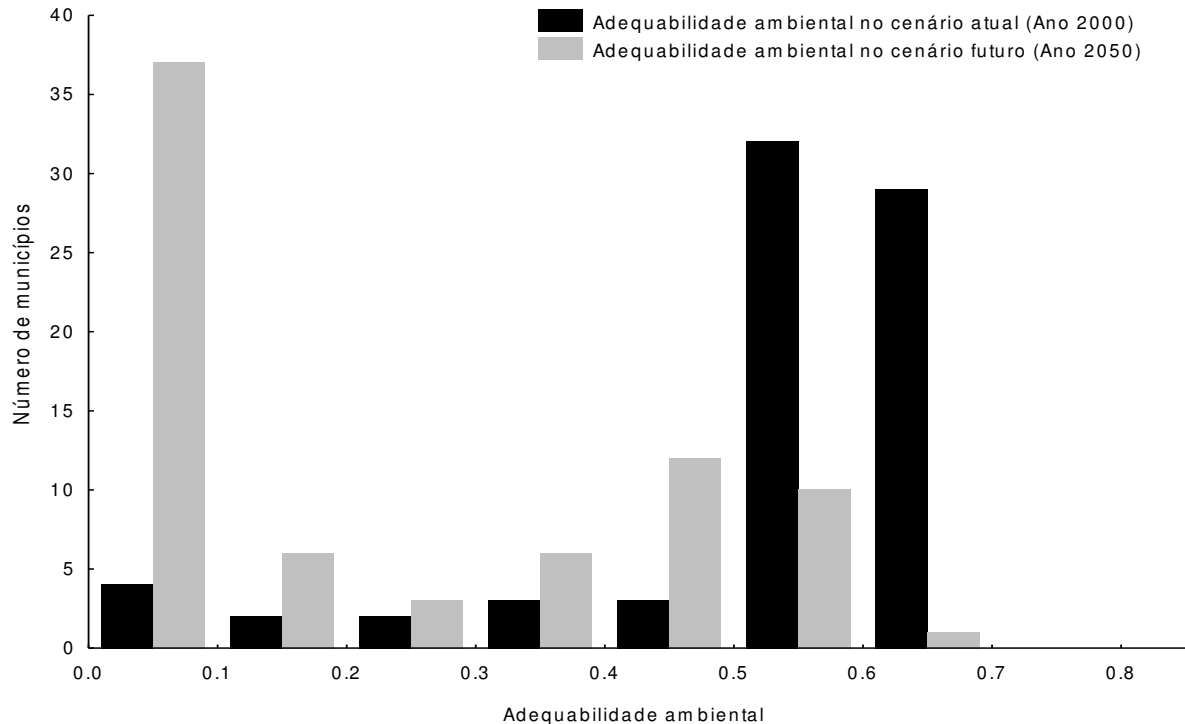
Figura 12 - Relação entre adequabilidade climática e produtividade da mangaba (*H. speciosa*) para os 75 municípios investigados.



Fonte: Autora (2012)

A análise da adequabilidade climática futura dos municípios produtores de mangaba revelou que a maior parte dos municípios irá perder adequabilidade ambiental (Figura 13). No cenário atual, a maior parte dos municípios tinha adequabilidade ambiental entre 0,5-0,6; entretanto, no cenário futuro a maior parte terá adequabilidade entre 0,4-0,5. Além disso, 37 municípios, dentre eles todos os 12 municípios do Rio Grande do Norte, terão adequabilidade próxima de zero (0), implicando que em um cenário futuro projetado para o ano 2050 não apresentarão condições climáticas favoráveis para a ocorrência da mangaba.

Figura 13 - Histograma evidenciando a adequabilidade ambiental registrada nos municípios que extraem mangaba (*H. speciosa*), considerando os cenários climáticos atual e futuro.



Fonte: Autora (2012)

Thuiller et al. (2005), em estudo realizado com diversas espécies vegetais européias, predizem que um dos fatores de adequabilidade climática de maior influência é a temperatura. Neste estudo observaram que a adequabilidade futura diminui para aquelas espécies que possuem tolerância estreita para a variação de temperatura quando comparadas àquelas que possuem tolerância à aridez, que tendem ser mais estáveis sob condições futuras. Ou seja, uma espécie com distribuição geográfica dentro de regiões mais expostas às mudanças climáticas tende a ser mais sensível do que uma espécie em uma região menos exposta.

Em um contexto de aquecimento, espécies que ocorrem preferencialmente em áreas quentes e secas devem se beneficiar das mudanças climáticas, conservando seus habitats iniciais ou expandindo para novos habitats adequados. Já as espécies que ocorrem em regiões frias devem desaparecer em virtude da perda de seu habitat “adequado”, ou migrar para um novo habitat “potencial”, se este for geograficamente disponível (THUILLER et al., 2005).

Corroborando com essa predição, os estudos faunísticos realizados por Araujo et al. (2006), com espécies de anfíbios e répteis na Europa. Pelo fato das espécies estudadas serem animais ectotérmicos, portanto, dependentes de calor externo para aumentar a sua temperatura corporal, as projeções do clima para o ano de 2050 demonstraram perdas significativas na sua distribuição, indicando que essas espécies são susceptíveis de ser mais sensíveis ao esfriamento do clima do que o aquecimento.

Esses resultados permitiram observar que, de fato, as mudanças climáticas globais poderão diminuir a distribuição geográfica potencial da mangaba, afetando dessa forma os municípios que atualmente utilizam essa planta como uso sustentável, o que poderá comprometer as atividades econômicas locais.

Entretanto, para análises de distribuição geográfica deve-se levar em consideração não somente as mudanças climáticas, mas também fatores relacionados ao gradiente temporal e aos modelos de nicho ecológico utilizados. Estudo realizado por Terribile et al. (2012) com 18 espécies de plantas do Cerrado, dentre elas *H.speciosa*, *C.brasilense*, *D.alata* indicou que o intervalo de tempo (passado e futuro) foi mais importante fonte de variação para a distribuição das espécies do que os modelos climáticos, que tiveram menor efeito.

Para os referidos autores, a seleção de áreas adequadas em um cenário futuro, com base apenas em evidências presentes, não são subsídios suficientes para assegurar a abrangência da gama de condições climáticas experimentadas por espécies ao longo do tempo. Isso implica dizer que ao considerar o gradiente temporal e as mudanças climáticas pode-se mapear mais seguramente as áreas mais susceptíveis de serem adequadas no futuro tendo em conta sua história passada (TERRIBILE et al., 2012)

Nesse contexto, projeções futuras do impacto econômico da diminuição e perda da mangaba são difíceis de serem mensuradas, uma vez que o presente trabalho considerou somente a distribuição geográfica baseada nas mudanças climáticas. Certamente outras variáveis afetam a economia dos municípios produtores analisados, como taxa de inflação, relação procura e oferta, disponibilidade do fruto, indicadores de mercado, entre outros. Por fim, o impacto

das mudanças climáticas globais na economia mundial tem sido recentemente alvo de grande discussão associado à conservação biológica das espécies.

De fato, algumas previsões futuras têm desenhado cenários no qual a economia passará por alterações fortes (GROSSMANN et al., 2009). Sendo assim, é de grande importância a previsão do impacto das mudanças climáticas globais em um contexto mundial, regional ou até mesmo local (GROSSMANN et al., 2009).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho associou a produção extrativista com a distribuição geográfica potencial (adequabilidade ambiental) de uma espécie da flora nativa do Cerrado e ainda estimou alterações nesta produção considerando os cenários futuros de mudanças climáticas. É importante salientar que o presente estudo utilizou como espécie modelo: *Hancornia speciosa* Gomes pertencente à família Apocynaceae, popularmente conhecida como mangaba. A metodologia empregada no presente estudo pode ser aplicada para qualquer espécie da fauna ou flora de interesse econômico e sustentável.

Considerando as particularidades da presente pesquisa, observou-se que a mangaba apresentará grande perda na sua distribuição geográfica para o ano 2050. Além disso, grande parte dos municípios exploradores da mangaba, não apresentará condições climáticas para o estabelecimento dessa espécie, comprometendo a sua conservação e a economia de populações rurais. Destacam-se algumas considerações e orientações finais:

i Modelos de nicho ecológico são instrumentos que podem ser utilizados em estratégias de manejo e conservação biológica. Entretanto, não substituem a necessidade de novos registros de campo, o que garante a construção de modelos com maior poder preditivo e a efetiva validação dos mesmos.

ii Em situações que requeiram a elaboração de planos de ação específicos para determinadas espécies em função do grau de ameaça ao qual estejam submetidas. Neste caso, modelos de nicho ecológico poderiam ajudar a confirmar ou não tal hipótese, contribuindo no direcionamento de ações mais específicas de conservação, levando-se em conta o possível impacto de mudanças climáticas. Em tais situações, os perfis ambientais podem se mostrar particularmente importantes em planos de conservação ex situ, indicando condições ideais de cultivo.

iii Futuramente, os riscos de extinção por perda de habitat também poderão ser calculados com base na área de ocorrência potencial da espécie, desde que os mapas de remanescentes vegetacionais relativos a outros anos estejam acessíveis. Neste caso, um interessante tema a ser pesquisado seria como aproximar a área de ocorrência real a partir da área de ocorrência potencial das espécies biológicas.

iv Aumento da produção e do manejo: a extração de mangaba e a adequabilidade apresentaram relação positiva significativa ($r=0,29$; $p=0.01$). Além disso, foi possível observar que alguns municípios apresentaram condições climáticas favoráveis para a extração de mangaba, embora a quantidade extraída ainda seja reduzida. Dessa forma, um estudo importante para ser associado aos resultados encontrados nesse trabalho é o manejo das populações dessa espécie, objetivando estudar os limites de extração permitida para a manutenção das populações naturais. O estudo do manejo é de grande importância para delinear estratégias econômica, de aumento da produção (kg/km^2) e ainda de conservação da espécie.

A abordagem aqui apresentada poderia facilmente se estender a outras famílias botânicas, prevendo atividades de monitoramento ao longo do tempo. Na medida em que mais dados abióticos e bióticos forem obtidos, modelos mais robustos e parcimoniosos poderão ser gerados, ajudando a compreender melhor a distribuição e os requisitos ambientais de cada espécie em um gradiente temporal e espacial.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR FILHO, S. P.; BOSCO, J.; ARAÚJO, I. A. **A mangabeira (*Hancornia speciosa*):** Domesticação e técnicas de cultivo. João Pessoa: Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA-Brasil), 1998. 26 p.
- ALEIXO, A.; ALBERNAZ, A. L.; GRELLE, C. E. V.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. Mudanças Climáticas e a Biodiversidade dos Biomas Brasileiros: Passado, Presente e Futuro. **Natureza e Conservação** v.8, n. 2, p. 194-196. Dezembro, 2010.
- ALLOUCHE, O.; TSOAR, A.; KADMON, R. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). **Journal of Applied Ecology**, v.43. p. 1223-1232. 2006.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado:** espécies vegetais úteis. Planaltina - DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. 462 p.
- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil, **Food Research International**, Darking, v.44, n.7, p. 2155-2149. 2011.
- ARAÚJO, M. B.; THUILLER, W.; PEARSON, R. G. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 1712–1728. 2006.
- ARAÚJO, M. B.; LUOTO, M. The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, n. 6, p. 743-753. 2007.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p. 1057-1064. 2004.
- ASSAD, E. D.; PELLEGRINO, G. Q.; PINTO, H. S. Mudanças climáticas e o Semiárido brasileiro ICID+18. *In*: **2ª Conferência Internacional: Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas**. Fortaleza - Ceará, Brasil, 16-20 de Agosto, 2010. 13 p.
- AVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. Frutos dos Cerrados: Preservação gera muitos frutos. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. p. 36-41. 2003.
- AVILA, A. M. H. Uma Síntese do Quarto Relatório do IPCC. **Revista Multiciência**, Campinas, n.8, p.163-168. Maio, 2007.
- BARBOSA, F. G. **Modelos de distribuição de espécies invasoras: tendências e aplicações**. 2011. 127 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. Brasil, 2011.

BORÉM, A.; SANTOS, F. R. Biotecnologia e Biodiversidade Vegetal. *In*: NASS, L. L. (ed.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, DF. p. 745-749. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (Portal Brasil). **Meio Ambiente. Brasília- DF. 2012**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/sobre/o-brasil/o-brasil-em-numeros-1/meio-ambiente/print>>. Acesso em: 22 junho de 2012.

CHAVES, L. J. **Melhoramento e Conservação de Espécies Frutíferas do Cerrado. 2003**. Disponível em: <<http://www.sbmp.org.br/cbmp.2001/palestras/palestra.htm>>. Acesso em: 22 junho 2011.

COAKLEY, S. M. Biospheric change: will it matter in plant pathology? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 17, p. 147-153. 1995.

CONCEIÇÃO, G. M.; RUGGIERI, A. C.; ARAUJO, M. F. V.; CONCEIÇÃO, T. T. M. M.; CONCEIÇÃO, M. A. M. M. Plantas do cerrado: comercialização, uso e indicação terapêutica fornecida pelos raizeiros e vendedores, Teresina, Piauí. **Scientia Plena**, v. 7, n. 12. 2011. 6 p.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. *In*: NETO, J. L. S.; ZAVATINI, J. A. (orgs.) **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, p. 17-28. 2000.

COSTA, G. C.; NOGUEIRA, C.; MACHADO, R.B.; COLLI, G.R. Squamate richness in the Brazilian Cerrado and its environmental-climatic associations. **Diversity e Distributions**, v.13. p. 714-724. 2007.

CUNHA, D. A. **Efeitos das mudanças climáticas globais na agricultura brasileira: análise da irrigação como estratégia adaptativa**. 2011. 147 f. Tese (Doutorado). Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

CRONQUIST, A. **The evolution in classification of flowering plants**. 2. ed. Bronx: The New York Botanical Garden, 1988. 555 p.

DARRAULT, R.; SCHLINDWEIN, C. Polinização de *Hancornia speciosa* (Apocynaceae). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA MANGABA, v.1, 2003, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2003.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; NABOUT, J. C.; TELLES, M. P. C.; SOARES, T. N.; RANGEL, T. F. L. V. B. A review of techniques for spatial modeling in geographical, conservation and landscape genetics. **Genetics and Molecular Biology**, v. 32, p. 203-211. 2009.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M.; RANGEL, T. F. L. V. B.; LOYOLA, R. D; NOGUES-BRAVO, D.; ARAÚJO, M. B. Partitioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate change. **Ecography**, v. 32, p. 897 – 906. 2009.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; OLIVEIRA, G.; BINI, L. M.; LOYOLA, R. D.; NABOUT, J. C.; RANGEL, T. F. L. V. B. Conservation biogeography and climate change in the Brazilian Cerrado. **Natureza e Conservação**, v. 7, p. 100-112. 2009.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; NABOUT, J. C.; BINI, L. M.; LOYOLA, R. D.; RANGEL, T. F. L. V. B.; NOGUES-BRAVO, D.; ARAÚJO, M. B. **Ensemble forecasting shifts in climatically suitable areas for *Tropidacris cristata* (Orthoptera: Acridoidea: Romaleidae)**. *Insect Conservation and Diversity*, v. 3, p. 213-221. 2010.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; COLLEVATTI, R. G.; CHAVES, L. J.; SOARES, T. N.; NABOUT, J. C.; RANGEL, T. F. L. V. B.; MELO, D. B.; LIMA, J. S.; TELLES, M. P. C. Geographic shifts in climatically suitable areas and loss of genetic variability in *Dipteryx alata* (Baru tree; Fabaceae). **Genetics and Molecular Research**, v. 11, p. 1618-1626, 2012.

ELITH, J.; GRAHAM, C. H.; ANDERSON, R. P.; DUDI'K, M.; FERRIER, S.; GUIBAN, A.; HIJMANS, R. J.; HUETTSMANN, F.; LEATHWICK, J. R.; LEHMANN, A.; LI, J.; LOHMANN, L. G.; LOISELLE, B. A.; MANION, G.; MORITZ, C.; NAKAMURA, M.; NAKAZAWA, Y.; OVERTON, J. M. C. C.; PETERSON, A. T.; PHILLIPS, S. J.; RICHARDSON, K. S.; SCACHETTI-PEREIRA, R.; SCHAPIRE, R. E.; SOBERO'N, J.; WILLIAMS, S.; WISZ, M. S.; ZIMMERMANN, N. E. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**. v. 29, p. 129-151. 2006.

ELITH, J.; LEATHWICK J. R. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 40. p. 677–697. 2009.

EMBRAPA. **A EMBRAPA nos biomas brasileiros: Avanços no manejo sustentável dos Recursos Naturais**. Publicações Institucionais, Títulos Avulsos, 2007. 16 p. Disponível em: <www.embrapa.br/publicacoes/institucionais/titulos-avulsos/laminas-biomas.pdf>. Acesso em: junho de 2012.

ESPÍNDOLA, A. C. de M.; CARVALHO, N. S. G. de; ALMEIDA, C. C. de S. Prospecção, coleta e manutenção de germoplasma de mangabeira em Alagoas. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA MANGABA*, 2003, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2003. Disponível em CD-ROM.

ESPÍNDOLA, A. C. M.; FERREIRA, E. G. Aspectos nutricionais e adubação da mangabeira. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA MANGABA*, 2003. Aracajú. **Anais...** Aracajú: Embrapa-CNAPTC, 2003.

FERREIRA, M. B. Frutos comestíveis do Distrito Federal. III. Pequi, mangaba, marolo e mamãozinho. **Cerrado**, Brasília, v. 5, n. 20, p. 22-25. 1973.

FERREIRA, E. G. Características biométricas, física de frutos e diagnose em folhas e ramos de mangabeira (*Hancornia speciosa*, Gomes), proveniente de pomar nativo e cultivado. Areia: UFPB/CCA, 1997. 69 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. 1997.

FERREIRA, E. G.; MARINHO, S. J. O. M. Produção de frutos da mangabeira para consumo *in natura* e industrialização. EMEPA - **Tecnol. e Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.1, n.1, p. 9-14. Setembro, 2007.

FERRI, M. G. Ecologia dos cerrados. *In*: FERRI, M. G. (ed.). **IV Simpósio sobre o Cerrado**. Brasil: Editora Universidade de São Paulo. p. 15-31. 1977.

GEERTS, Bart. Trends in atmospheric science journals. **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, v. 80, p. 639–652. 1999.

GEO BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional das Águas. **Recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília, 2007. 60 p.

GOEDERT, C. O. Histórico e avanços em recursos genéticos no Brasil. *In*: NASS, L. L. (ed.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 23-59. 2007.

GOUVÊA, H. **Histórica e lendária mangaba**. Jornal A união. Governo da Paraíba. 2007. Disponível em: <<http://auniao.pb.gov.br>>. Acesso em: jun 2011.

GHINI, R.; HAMADA, E.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; MARENGO, J. A.; GONÇALVES, R. R. V. Risk analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.2, p.187-194. 2008.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Impacto das mudanças climáticas sobre as doenças de plantas. *In*: **Impacto das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, SP, cap. 1, p. 17-39. 2011.

GROSSMANN, W. D.; STEININGER, K.; GROSSMANN, I.; MAGAARD, L. Indicators on economic risk from global climate change. **Environ Sci Technol**, v. 43, p. 6421-6426, 2009.

GUISAN. A.; ZIMMERMANN, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological Modelling**, v.135, p. 147-186. 2000.

GUISAN A.; THUILLER W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters**, v. 8, p. 993-1009. 2005.

HAMADA, E.; GHINI, R.; MARENGO, J. A.; THOMAZ, M. C. Projeções de mudanças climáticas para o Brasil no final do século XXI. *In*: Ghini, R.; Hamada, E.; Bettiol, W. (Eds.) **Impacto das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, SP, cap. 2, p. 41- 74. 2011.

HANNAH, L.; MIDGLEY, G. F.; MILLAR, D. Climate change-integrated conservation strategies. **Global ecology and biogeography**, v. 11, p. 485–495, 2002.

HANSEN, J.; SATO, M.; RUEDY, R.; LO, K.; LEA, D. W.; MEDINA-ELIZADE, M. Global temperature change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 39, p. 14288-14293. 2006.

HAWKINS, B. A., DINIZ-FILHO, J. A. F., BINI, L. M., DE MARCO, P.; BLACKBURN, T. M. Red herrings revisited: spatial autocorrelation and parameter estimation in geographical ecology. **Ecography**, v. 30, p. 375–384. 2007.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, p. 1965–1978, 2005.

HOMMA, A. K. O. **Extrativismo vegetal na Amazônia: limites e oportunidades**. Brasília: Embrapa-SP, 1993. 202 p.

HUTCHINSON, G. E. **Concluding Remarks**. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. v. 22, p. 415-42. 1957.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Extração Vegetal**. 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 10 outubro 2008.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. SIDRA. **Extração Vegetal**. 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=289ez=teo=18>>. Acesso em: fevereiro 2012.

IPCC- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007: the physical science basis**. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Disponível em: <<http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>>. Acesso em: maio 2012.

KARL T. R; TRENBERTH K. E. What is Climate Change? *In*: LOVEJOY, J. E; HANNAH, L. J. **Climate Change and Biodiversity**. New Haven: Yale University Press. p. 15-30. 2005.

LACERDA, F.; NOBRE, P. Aquecimento global: conceituação e repercussões sobre o Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 03, p.14-17. 2010.

LAFFERTY, K. D. The ecology of climate change and infectious diseases. **Ecology** v. 90, p. 888-900. 2009.

LEDERMAN, I. E.; SILVA JUNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; ESPÍNDOLA, A. C. M. **Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Jaboticabal, SP: Funep, 2000. 35 p.

LEDERMAN, I. L.; BEZERRA, J. E. F. Situação atual e perspectivas da cultura da mangaba. *In*: SILVA JUNIOR, J. F. da; LÉDO, A. da. (Ed.). **A cultura da mangaba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 248-253. 2006.

LEGENBRE, P.; LEGENBRE, L. **Numerical Ecology - Developments in environmental modeling**. Elsevier science B. 2^o ed. Amsterdam. v. 20. 1998.

LOPES, T. da S.; LEITE, V. R.; LEITE, G. R. Modelagem de Nicho Ecológico e Conservação de *Dalbergia nigra*, Espécie Ameaçada de Extinção. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 438-440. July, 2007.

LOPES, C. A.; SILVA, G. O.; CRUZ, E. M.; ASSAD, E. D.; PEREIRA, A. S. Uma análise do efeito do aquecimento global na produção de batata no Brasil. **Horticultura Brasileira**. v. 29, n. 1. p. 7-15. 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação de plantas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.

MARCO JÚNIOR, P.; SIQUEIRA, M. F. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? **Megadiversidade**, v.5, n. 1-2, p. 65-76. Dezembro, 2009.

MARENCO, J. A.; SOARES, W. R. **Impacto das Mudanças Climáticas no Brasil e Possíveis Futuros Cenários Climáticos**: Síntese do Terceiro Relatório do IPCC. Chapter 6 in *Clima e Recursos Hídricos*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos/FBMC-ANA. Porto Alegre, Brasil, p. 209-233. 2003.

MARIN, F. R.; PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; NASSIF, D. S. P.; VIANA, M. S.; SOARES, F. A.; CABRAL, L. L.; GUIATTO, D. **Cenários Futuros para Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo baseados em projeções regionalizadas de Mudanças Climáticas**. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Belo Horizonte – Minas Gerais, Brasil, 22-25 de Setembro de 2009. 5 p.

MARIN, A. M. F.; SIQUEIRA, E. M. A.; ARRUDA, S. F. Minerals, phytic acid and tannin contents of 18 fruits from the Brazilian savanna. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Abingdon, v. 60, n.7, p. 180-190. 2009.

MARINI, M. A., BARBET-MASSIN M., LOPES, L. E., JIGUET, F. Major current and future gaps of Brazilian reserves to protect Neotropical savanna birds. **Biological Conservation**, v.142, p. 3039-3050. 2009.

MEDLYN, B. E.; MCMURTRIE, R. E. Effects of CO₂ on Plants at Different Timescales. In: EHLERINGER, J. R., CERLING, T. E. E.; DEARING, D. M. (ed.). **A History of Atmospheric CO₂ and Its Effects on Plants, Animals, and Ecosystems**. Springer. New York. USA. 2005.

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

MONACHINO, J. A revision of *Hancornia* (Apocynaceae). **Lilloa**, Tucumán, v. 11, p. 19-48. 1945.

MOTA, D. M.; SILVA JÚNIOR, J. F. **Populações tradicionais e formas de gestão das áreas de ocorrência natural de mangabeira.** Raízes, Campina Grande, vol. 22, nº 02, p. 73–81, jul./dez. 2003.

MOTA, D. M.; SILVA JÚNIOR, J. F.; SCHMITZ, H. Os catadores de mangaba e a conservação da biodiversidade no território Sul Sergipano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, v. 43, Ribeirão Preto, 2005. **Anais...** Brasília: SOBER.

MOTA, D. M. da.; SANTOS, J. V. **Uso e conservação dos remanescentes de mangabeiras por populações extrativistas em Barra dos Coqueiros, Estado de Sergipe.** Maringá, v. 30, n. 2, p. 173-180. 2008.

MOTA, D. M., SCHMITZ, H.; SILVA JUNIOR, J. F. **Atores, canais de comercialização e consumo da mangaba no nordeste brasileiro RER,** Rio de Janeiro, v. 46, n. 01, p. 121-143. Abril, 2008.

MOTA, D. M.; SCHMITZ, H.; SILVA JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, R. F. A.; ROCHA, M. M. L. Disputas pelo acesso aos recursos naturais: o dilema das mulheres catadoras de mangaba em Sergipe. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM CIÊNCIAS SOCIAIS (ANPOCS), v.33, Caxambu, p. 1-29. 2009.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; OLIVEIRA, P. S. ; VIEIRA, E. M.; Diversity Standards and small mammal numbers: conservation of the Cerrado biodiversity. **Anais da Academia Brasileira de Ciências,** Rio de Janeiro, v. 66, p. 146-156. 2000.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. B.; KENTS, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature,** v. 403, n. 6772, p. 853-858. 2000

NABOUT, J. C.; DE MARCO, P.; BINI, L. M.; DINIZ-FILHO, J. A. F. **Distribuição geográfica potencial de espécies americanas do caranguejo violinista (Uca spp.) (Crustacea, Decapoda) com base em modelagem de nicho ecológico.** Iheringia. Série Zoologia, v. 99, p. 98-104. 2009.

NABOUT, J. C.; SOARES, T. N.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; DE MARCO, P.; TELLES, M. P. C.; NAVES, R. V.; CHAVES, L. J. Combining multiple models to predict geographical distribution of the Baru tree (*Dipteryx alata* Vogel) in the Brazilian Cerrado. **Brazilian Journal of Biology** (Impresso). v. 70, p. 911-919. 2010.

NABOUT, J. C.; OLIVEIRA, G.; MAGALHAES, M. R.; TERRIBILE, L. C.; ALMEIDA, F. A. S. Global Climate Change and the Production of “Pequi” Fruits (*Caryocar brasiliense*) in the Brazilian Cerrado. **Natureza e Conservação.** v. 9, n.1, p. 55-60. July, 2011.

NABOUT, J. C.; CARVALHO, P.; PRADO, M. U.; BORGES, P. P.; MACHADO, K. B.; HADDAD, K. B.; MICHELAN, T. S.; CUNHA, H. F.; SOARES, T. N. Trends and

Biases in Global Climate Change Literature. **Natureza e Conservação**, v. 10, n.1, p. 45-51. July, 2012.

NABOUT, J. C.; CAETANO, J. M.; FERREIRA, R. B.; TEIXEIRA, I. R.; ALVES, S. M. F. Using correlative, mechanistic and hybrid niche models to predict the productivity and impact of global climate change on maize crop in Brazil. **Natureza & Conservação**, v. 10, p. 177-183. December, 2012.

NOBRE, C. A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. In: Cadernos Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.** Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação do Governo e Gestão Estratégica. n. 3. V. 1. p. 1-25. 2005.

NOBRE, C. A., ASSAD, E. D. e OYAMA, M. D. Mudança Ambiental no Brasil – O impacto do aquecimento global nos ecossistemas da Amazônia e na agricultura. **Scientific American Brasil**. n. 12. Setembro, 2005.

NÓBREGA, R. S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.3, p. 18-22. 2010.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Estudos sobre clima: IPCC**. 2012. Disponível em: <http://www.oc.org.br/index.php?page=Conteudoeid=9eidm=11emp=3eexpanddiv=menu_1>. Acesso em: junho 2012.

OLIVEIRA, L. S.; PALUDO, A.; FRANÇA, L.; VILELA, M. F.; DUBOC, E. . Distribuição Geográfica de Espécies Nativas do Cerrado: Resultados Preliminares. In: IX Simpósio Nacional Cerrado; II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2008, Brasília. **Anais do X Simpósio Nacional Cerrado; II Simpósio Internacional Savanas Tropicais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

PARMESAN, C. **Ecological and evolutionary responses to recent climate change**. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. ISBN v. 37. p. 637-690. 2009.

PARENTE, T. V.; BORGO, L. A.; MACHADO, J. W. B. Características físico-químicas de frutos de mangaba (*Hancornia speciosa*, Gomes) do cerrado da região geoconômica do Distrito Federal. **Ciência e Cultura**, v.37, n.1, p. 95-98. 1985.

PEARSON, R. G.; DAWSON, T. P. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? **Global ecology and biogeography**, v. 12, p. 361–371, 2003.

PEREIRA, R. S.; SIQUEIRA, M. F. Algoritmo Genético para produção de conjuntos de regras (GARP). **Megadiversidade**, v. 3, n. 1-2, p. 46-55. Dezembro, 2007.

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura no Brasil. **Revista Multiciência**, Campinas-SP, edição n. 8.; p. 139-162. Maio, 2007.

PETERSON, A. T.; BALL, L. G.; COHOON, K. P. Predicting distribution of Mexican birds using ecological niche modelling methods. **Ibis**, v. 144, p. E27-E32. 2002.

PETERSON, A. T.; PAPES, M.; SOBERON, J. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. **Ecological Modelling**, v. 213, p. 63–72, 2008.

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: Princeton University Press. 2011. 314 p.

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

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D. **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil**. 1. ed. Brasília: Embaixada Britânica, v. 1. Agosto, 2008. 84 p.

PIO-CORRÊA, M. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: IBDF, v. 5. p. 82-83. 1969.

PIRES, M. O.; SANTOS, I. M. **Construindo o cerrado sustentável: experiências e contribuições das ONG's**. Gráfica Nacional, Goiás. 2000. 147 p.

PRADO, O. Q. de. Descripción del Bosque de “El Tumbador” (Puerto Suárez, Bolívia). *In*: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, n.3. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2000.

RANGEL, T. F. L. V. B., DINIZ-FILHO, J. A. F., BINI, L. M., SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. **Ecography**, v. 33, n. 1, p. 46-50. 2010.

RIGONATO, V. D.; ALMEIDA, M. G. A singularidade do cerrado: a interrelação das populações tradicionais com as fitofisionomias. *In*: VIII ENCONTRO REGIONAL DE GEOGRAFIA. Cidade de Goiás. **Anais...** UEG. 2003.

RODRIGUES, E. S. C. Teoria da Informação e Adaptatividade na Modelagem de Distribuição de Espécies. 2012. 137 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2012.

SÁ, A. J. **Avanços na propagação e conservação *in vitro* da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) nativa da região Nordeste**. 2009. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Brasil, 2009.

SAMPAIO, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A atmosfera e as mudanças climáticas. *In*: BUCKERIDGE, M. S. (Org.). **Biologia e mudanças climáticas Globais no Brasil**. São Carlos: Rima Editora, p. 1-28. 2008.

SANTOS, A. R. F.; SILVA, A. V. C., GOES, I. B.; SOUZA, E. M.; MUNIZ, E. N.; NARAIN, N. Situação atual e perspectivas para o cultivo da mangaba no Estado de Sergipe. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, p. 1-7. 2007.

SCARIOT, A. O.; SEVILHA, A. C. Conservação *in situ* de Recursos Genéticos Vegetais. In: NASS, L. L. (Ed.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília: Embrapa, DF. p. 473-502. 2007.

SCHERR, S. J.; MCNEELY, J. A. Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of 'ecoagriculture' landscapes. **Philosophical Transactions of the Royal Society**. v.10. 2007. 1098 p.

SHANLEY, P.; LUZ, L.; SWINGLAND, I. The faint promise of a distant market: a survey of Belém's trade in non-timber forest products. **Biodiversity and Conservation**, v. 11, p. 615-636. 2002.

SILVA, JÚNIOR. A.; SILVA, D. B.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. (ed.). **Frutas Nativas dos Cerrados**. Brasília: EMBRAPA- CPAC, 1994. 166 p.
SILVA JÚNIOR, J. F. A cultura da mangaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, 2004.

SILVA JUNIOR, J. F.; LEDO, A. S. (Org.). **A cultura da Mangaba**. v. 1. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 253 p.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G. S.; MARTINS, D. M. de O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1790-1793. 2008.

SIQUEIRA, M. F. **Modelagem de nicho ecológico e predição de distribuição geográfica de espécies arbóreas de cerrado**. Centro de Referência em Informação Ambiental - CRIA. Campinas, SP. 2002

SIQUEIRA, M. F.; PETERSON, A. T. Consequences of global climate change for geographic distributions of Cerrado tree species. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 1, 2003. 14 p.

SIQUEIRA, M. F. **Uso de modelagem de nicho fundamental na avaliação do padrão de distribuição geográfica de espécies vegetais**. 2005. 177 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil, 2005.

SIQUEIRA, T.; PADIAL, A. A.; BINI, L. M. Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a biodiversidade: um panorama sobre as atividades de pesquisa. **Megadiversidade**. Belo Horizonte, MG. v. 5, n. 1-2, p. 17-26. Dezembro, 2009.

SOARES, F. P.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; OLIVEIRA, L. M.; SIVA, D. R. G.; PAIVA, P. D. O. **Cultura da Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Boletim Agropecuário - UFLA, Lavras, n. 67, p. 1-12. 2006.

SOBERÓN, J.; PETERSON, A. T. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. **Biodiversity Informatics**, v. 2, p. 1–10. 2005.

SOBERÓN, J. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. **Ecology Letters**, v. 10, n. 12, p. 1115-1123. 2007.

SOUZA, V. C; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. 2 ed., Nova Odessa, São Paulo. Instituto Plantarum, 2008. 703 p.

TERRIBILE, L. C.; RIBEIRO, M. S. L.; ARAÚJO, M. B.; BIZÃO, N.; COLLEVATTI, R. G.; DOBROVOLSKI, R.; FRANCO, A. A.; GUILHAUMON, F.; LIMA, J. S.; MURAKAMI, D. M.; NABOUT, J. C.; OLIVEIRA, G.; OLIVEIRA, L. K.; RABELO, S. G.; RANGEL, T.; SIMON, L. M.; SOARES, T. N.; TELLES, M. P. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Areas of Climate Stability of Species Ranges in the Brazilian Cerrado: Disentangling Uncertainties Through Time. **Natureza & Conservação**, v. 10, p. 152-159, 2012.

THUILLER, W.; LAVOREL, S.; ARAÚJO, M. B. Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. **Global Ecology and Biogeography**, v. 14, p. 347-357. 2005.

TORRES, R. R.; LAPOLA, D. M.; MARENGO, J. A.; LOMBARDO, M. A. Socio-climatic hotspots in Brazil. **Climatic Change**. Março, 2012. 13 p.

TREUT, H. L.; SOMERVILLE, R. Chapter 1: Historical Overview of Climate Change Science. Second-Order Draft Chapter 1 - IPCC WG1 - Fourth Assessment Report: 3 March 2006. 45 p.

UNFCCC. UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Text of the Convention**. Article 1: Definitions. Disponível em: <http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/2536.php>. Acesso em: maio 2012.

VIEIRA NETO, R. D. **Cultura da mangabeira**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1994. 16 p.

VIEIRA NETO, R. D. **Recomendações técnicas para o cultivo da mangabeira**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 20, Junho. 2001. 26 p.

VIEIRA NETO, R. D.; CINTRA, F. L. D.; SILVA, A. L. da; SILVA JÚNIOR, J. F., COSTA, J. L. da S.; SILVA, A. A. G. da; CUENCA, M. A. G. **Sistema de produção de mangaba para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 22 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Sistemas de Produção, 02).

WALL, M. M. **A close look at the spatial structure implied by the CAR and SAR models**. J Stat Plan Infer. v. 121, p. 311-324. 2004.

WISNIEWSKI, A.; MELO, C. F. M. **Borrachas naturais brasileiras**. III. Borracha da mangabeira. Belém: Embrapa, CPATU. 1982. 59 p.

Apêndice 1: Dados gerais dos municípios produtores de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)

Nº	Município	Estado	Area km ²	PIB 2009	Latitude	Longitude	Adequabilidade atual	Adequabilidade futura	DeltaAdeq	Média de Produtividade (kg/km ²)	Produção média	Variância	Correlação
1	Barra de Santo Antônio - AL	Alagoas	138.43	3691.88	-9.42	-35.51	0.64244169	0.489623576	-0.152818114	20.87	2.888888889	8.611111111	-0.808822322
2	Barra de São Miguel - AL	Alagoas	76.62	6267.83	-9.84	-35.90	0.63966167	0.329618096	-0.310043573	18.85	1.444444444	2.527777778	-0.258376163
3	Japaratinga - AL	Alagoas	85.95	3928.84	-9.08	-35.25	0.631376088	0.545123398	-0.086252689	60.11	5.166666667	29.36666667	0.720048104
4	Maceió - AL	Alagoas	503.07	10962.37	-9.66	-35.73	0.648964822	0.49737978	-0.151585042	5.30	2.666666667	17.75	-0.769198717
5	Maragogi - AL	Alagoas	334.04	4266.34	-9.01	-35.22	0.627599657	0.560109973	-0.067489684	14.47	4.833333333	45.36666667	0.833272102
6	Marechal Deodoro - AL	Alagoas	331.68	13028.95	-9.71	-35.89	0.601411343	0.323867619	-0.277543724	24.45	8.111111111	14.36111111	-0.722664316
7	Paripueira - AL	Alagoas	92.97	4321.06	-9.46	-35.55	0.646966875	0.49234876	-0.154618114	21.51	2	7.5	-0.956689206
8	Andaraí - BA	Bahia	1861.66	3335.55	-12.80	-41.33	0.567122817	0.58920449	0.022081673	1.02	1.904761905	0.09047619	-0.482219748
9	Araci - BA	Bahia	1556.13	3157.04	-11.33	-38.96	0.555770457	0.48455438	-0.071216077	6.03	9.388888889	2.604575163	0.542784366
10	Barra - BA	Bahia	11412.79	2933.67	-11.08	-43.14	0.058050252	0.002186288	-0.055863965	0.68	7.714285714	8.114285714	0.571433716
11	Belmonte - BA	Bahia	1961.19	6069.32	-15.86	-38.88	0.501775384	0.03551466	-0.466260724	6.20	12.16666667	84.56666667	0.900614772
12	Biritinga - BA	Bahia	550.03	3755.1	-11.61	-38.79	0.582145214	0.481090307	-0.101054907	28.05	15.42857143	11.05714286	0.443475129
13	Boquira - BA	Bahia	1482.70	2982.31	-12.82	-42.73	0.546858191	0.548866689	0.002008498	4.79	7.095238095	8.29047619	0.615704861
14	Brotas de Macaúbas - BA	Bahia	2240.00	3811.97	-11.99	-42.62	0.612484634	0.367480099	-0.245004535	2.74	6.142857143	3.228571429	0.739977278
15	Buritama - BA	Bahia	3942.19	2825.76	-10.70	-43.63	0.099760637	0.322880149	0.223119512	1.17	4.6	5.2	-0.273091854
16	Camaçari - BA	Bahia	784.66	51837.56	-12.69	-38.32	0.627412438	0.016810259	-0.61060218	13.11	10.28571429	16.41428571	-0.811500531
17	Candeal - BA	Bahia	445.08	2837.53	-11.80	-39.11	0.5174824	0.484167874	-0.033314526	155.03	69	1	0.5
18	Capela do Alto Alegre - BA	Bahia	649.47	3059.04	-11.66	-39.83	0.570233464	0.50913769	-0.061095774	18.99	12.33333333	0.33333333	0.866025404
19	Dias d'Ávila - BA	Bahia	184.23	22879.93	-12.61	-38.29	0.553754747	0.033287998	-0.520466749	42.91	7.904761905	10.49047619	-0.599596489
20	Gavião - BA	Bahia	369.88	3469.68	-11.47	-39.78	0.501019716	0.483491421	-0.017528296	14.42	5.33333333	0.33333333	0.866025404
21	Gentio do Ouro - BA	Bahia	3700.12	2841.65	-11.42	-42.50	0.622386992	0.569732845	-0.052654147	5.87	21.71428571	2.114285714	-0.415641655
22	Ibipitanga - BA	Bahia	954.37	3046.24	-12.88	-42.48	0.545146644	0.302826405	-0.24232024	1.90	1.80952381	0.161904762	0
23	Ibotirama - BA	Bahia	1722.34	4885.47	-12.18	-43.22	0.52796489	0.008285845	-0.519679045	3.57	6.142857143	2.928571429	0.598019644
24	Ichu - BA	Bahia	127.67	3174.15	-11.74	-39.19	0.582099438	0.491094172	-0.091005266	313.31	40	1	1
25	Ipupiara - BA	Bahia	1061.24	3370.69	-11.81	-42.61	0.360386997	0.355443299	-0.004943699	4.44	4.714285714	2.014285714	0.522356413
26	Itanagra - BA	Bahia	490.53	4083.1	-12.26	-38.04	0.557956755	0.046570778	-0.511385977	25.14	12.33333333	5.53333333	-0.174709451
27	Lauro de Freitas - BA	Bahia	57.69	17026.64	-12.89	-38.32	0.631084502	0.016341144	-0.614743358	29.34	1.692307692	0.397435897	-0.780670868
28	Leãoís - BA	Bahia	1277.03	5230.99	-12.56	-41.38	0.16974102	0.560725093	0.390984073	2.20	2.80952381	5.861904762	0.485929333
29	Macaúbas - BA	Bahia	2994.14	2964.2	-13.01	-42.69	0.549780488	0.55034411	0.000563622	0.08	0.238095238	0.19047619	0.738548946
30	Mata de São João - BA	Bahia	633.19	7658.37	-12.52	-38.29	0.556326509	0.033238813	-0.523087695	21.28	13.47619048	46.26190476	-0.747579259
31	Muquém de São Francisco - BA	Bahia	3638.06	4316.29	-12.06	-43.54	0.334690094	0.017575743	-0.317114351	1.35	4.904761905	3.79047619	0.629124127
32	Nova Fátima - BA	Bahia	349.90	3470.8	-11.60	-39.63	0.576621354	0.428706408	-0.147914946	20.96	7.33333333	0.33333333	0.866025404
33	Oliveira dos Brejinhos - BA	Bahia	3512.66	3124.01	-12.31	-42.89	0.542424381	0.071359627	-0.471064754	3.38	11.85714286	13.12857143	0.751705286
34	Palmeiras - BA	Bahia	657.73	3946.5	-12.52	-41.55	0.636740446	0.620376468	-0.016363978	2.90	1.904761905	0.09047619	0.455429762
35	Pé de Serra - BA	Bahia	616.21	3869.06	-11.83	-39.61	0.588217437	0.511523128	-0.07669431	20.01	12.33333333	0.33333333	0.866025404
36	Riachão do Jacuípe - BA	Bahia	1190.20	3733.89	-11.81	-39.38	0.585394084	0.49451974	-0.090874344	34.17	40.66666667	0.33333333	0.866025404
37	Salvador - BA	Bahia	693.29	10948.5	-12.97	-38.51	0.555514216	0.016354155	-0.539160062	2.40	1.666666667	0.266666667	0
38	Simões Filho - BA	Bahia	201.22	25786.41	-12.78	-38.40	0.631573796	0.032006092	-0.599567704	3.06	0.615384615	0.256410256	-0.718381117

Nº	Município	Estado	Area km ²	PIB 2009	Latitude	Longitude	Adequabilidade atual	Adequabilidade futura	DeltaAdeq	Média de Produtividade (kg/km ²)	Produção média	Variância	Correlação
39	Tanquinho - BA	Bahia	219.87	3326.08	-11.97	-39.10	0.590634882	0.480063766	-0.110571116	271.37	59.66666667	0.333333333	0.866025404
40	Teofilândia - BA	Bahia	335.53	3094.46	-11.48	-38.99	0.582206964	0.48417595	-0.098031014	12.10	4.058823529	0.058823529	-0.40824829
41	Caetanópolis - MG	Minas Gerais	156.04	7804.56	-19.29	-44.41	0.288205415	0.285550505	-0.00265491	6.84	1.066666667	0.066666667	-0.185576872
42	Januária - MG	Minas Gerais	6661.65	4960.88	-15.48	-44.36	0.081123434	0.011195082	-0.069928352	0.29	1.9	0.831578947	0.30242823
43	Jequitibá - MG	Minas Gerais	445.03	8692.71	-19.23	-44.02	0.464476377	0.146845981	-0.317630395	46.44	20.66666667	736.3333333	-0.866025404
44	São Romão - MG	Minas Gerais	2434.00	5433.22	-16.36	-45.06	0.136420205	0.023363212	-0.113056993	188.53	458.875	9069.267857	-0.727845844
45	Baía da Traição - PB	Paraíba	102.37	4567.69	-6.68	-34.93	0.632796407	0.214940205	-0.417856202	339.46	34.75	2130.75	-0.357842766
46	Conde - PB	Paraíba	172.95	12869.59	-7.26	-34.90	0.619610548	0.52852577	-0.091084778	29.87	5.166666667	0.966666667	-0.695875484
47	Marcação - PB	Paraíba	122.90	4368.18	-6.76	-35.01	0.641105771	0.223440617	-0.417665154	330.91	40.66666667	44.26666667	-0.964070544
48	Rio Tinto - PB	Paraíba	464.88	5703.97	-6.80	-35.08	0.641734779	0.104073033	-0.537661746	104.97	48.8	1212.7	-0.983895273
49	Arês - RN	Rio Grande do Norte	115.50	12766.15	-6.19	-35.15	0.651197374	0.018773133	-0.632424241	21.64	2.5	0.571428571	-0.46291005
50	Ceará-Mirim - RN	Rio Grande do Norte	724.38	5168.61	-5.63	-35.42	0.627198517	0.013523769	-0.613674749	7.18	5.2	0.885714286	-0.045573874
51	Goianinha - RN	Rio Grande do Norte	192.28	6447.31	-6.26	-35.20	0.650791824	0.087882169	-0.562909655	102.07	19.625	6.553571429	-0.808752562
52	Maxaranguape - RN	Rio Grande do Norte	131.32	4867.89	-5.51	-35.26	0.668579102	0.015729787	-0.652849315	41.88	5.5	10.36842105	0.60026918
53	Natal - RN	Rio Grande do Norte	167.16	12862.25	-5.79	-35.20	0.665205777	0.089028537	-0.576177239	8.70	1.454545455	0.272727273	-0.404145188
54	Nísia Floresta - RN	Rio Grande do Norte	307.84	5016.08	-6.09	-35.20	0.652135611	0.018000005	-0.634135606	9.75	3	3	-0.866025404
55	Rio do Fogo - RN	Rio Grande do Norte	150.26	4630.52	-5.27	-35.38	0.652426839	0.020762207	-0.631664632	41.93	6.3	39.56666667	0.7963788
56	São José de Mipibu - RN	Rio Grande do Norte	290.33	5836.9	-6.07	-35.23	0.676590264	0.03536737	-0.641222894	22.39	6.5	1.142857143	0.927426034
57	Senador Georgino Avelino - RN	Rio Grande do Norte	25.93	5420.58	-6.16	-35.12	0.634923875	0.086825281	-0.548098594	101.22	2.625	4.267857143	0.52226765
58	Taipu - RN	Rio Grande do Norte	352.82	5598.81	-5.62	-35.59	0.656805694	0.035782151	-0.621023543	11.34	4	0.166666667	0.157242726
59	Tibau do Sul - RN	Rio Grande do Norte	101821.00	6115.44	-6.18	-35.09	0.635682225	0.086559892	-0.549122334	0.02	2.428571429	1.357142857	0.878477369
60	Touros - RN	Rio Grande do Norte	840375.00	6615.63	-5.19	-35.46	0.619365871	0.02209042	-0.597275451	0.01	11.73684211	4.649122807	-0.512812772
61	Aracaju - SE	Sergipe	181856.00	12994.38	-10.91	-37.07	0.572959185	0.009966685	-0.5629925	0.02	3.8	6.7	0.937518937
62	Barra dos Coqueiros - SE	Sergipe	90322.00	8445.99	-10.90	-37.03	0.573934734	0.010253767	-0.563680966	0.16	14.06666667	23.78095238	0.727101967
63	Estância - SE	Sergipe	644080.00	12482.21	-11.26	-37.43	0.557246208	0.150175095	-0.407071114	0.32	205	24403	0.202210683
64	Indiaroba - SE	Sergipe	313523.00	4746.4	-11.51	-37.51	0.480803072	0.148148075	-0.332654998	0.07	20.52380952	20.46190476	0.783825317
65	Itaporanga d'Ajuda - SE	Sergipe	739922.00	12934.89	-10.99	-37.31	0.592006743	0.010384378	-0.581622365	0.07	54.38095238	3389.647619	0.683598954
66	Japarutaba - SE	Sergipe	364897.00	16307.1	-10.59	-36.93	0.590538085	0.004880141	-0.585657944	0.02	8.266666667	54.06666667	0.860176067
67	Japoatã - SE	Sergipe	407419.00	5524.12	-10.34	-36.80	0.389082074	0.060223438	-0.328858636	0.00	0.8	1.733333333	0.898865619
68	Pacatuba - SE	Sergipe	373816.00	11957.73	-10.45	-36.65	0.502259493	0.063593321	-0.438666172	0.00	1.533333333	0.266666667	0.866025404
69	Pirambu - SE	Sergipe	205878.00	5269.79	-10.73	-36.85	0.595723867	0.005034125	-0.590689742	0.40	83.26666667	168.4952381	-0.407278181
70	Santa Luzia do Itanhhy - SE	Sergipe	329502.00	5993.12	-11.35	-37.44	0.559974611	0.151337713	-0.408636898	0.02	7.142857143	2.428571429	-0.439524536
71	Santo Amaro das Brotas - SE	Sergipe	234155.00	5546.51	-10.78	-37.05	0.594727874	0.010351628	-0.584376246	0.02	4.875	10.69642857	0.898500195
72	São Cristóvão - SE	Sergipe	436861.00	5765.52	-11.01	-37.20	0.584153831	0.010728823	-0.573425008	0.01	4.538461538	3.935897436	0.967725458
73	Poconé - MT	Mato Grosso	17271.01	8819.09	-16.25	-56.62	0.217701077	0.06067431	-0.157026768	0.15	2.571428571	3.952380952	-0.892573105
74	Morros - MA	Maranhão	1715.13	2687.98	-2.86	-44.03	0.020463763	0.026058618	0.005594855	0.58	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
75	Corrente - PI	Piauí	3048.418	4430.69	-10.44	-45.16	0.426884025	0.120533824	-0.306350201	0.33	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Fonte: Autora (2012)