



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
NÚCLEO DE MEIO AMBIENTE - NUMA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DOS RECURSOS  
NATURAIS E DESENVOLVIMENTO LOCAL – PPGEDAM



**Vitor Hugo Freitas Gomes**

**MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES COMERCIAIS DA FLORA  
AMEAÇADAS NO ESTADO DO PARÁ: UM ENFOQUE SOBRE AS UNIDADES DE  
CONSERVAÇÃO**

**Belém-PA  
2012**

**VITOR HUGO FREITAS GOMES**

**MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES COMERCIAIS DA  
FLORA AMEAÇADAS NO ESTADO DO PARÁ: UM ENFOQUE SOBRE AS  
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local da Amazônia. Núcleo de Meio Ambiente da Universidade Federal do Pará.

Área de concentração: Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Breno Imbiriba

**Belém-PA  
2012**

**VITOR HUGO FREITAS GOMES**

**MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES COMERCIAIS DA  
FLORA AMEAÇADAS NO ESTADO DO PARÁ: UM ENFOQUE SOBRE AS  
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local da Amazônia. Núcleo de Meio Ambiente da Universidade Federal do Pará.

Área de concentração: Gestão Ambiental.

Defendido e aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Breno Cesar de Oliveira Imbiriba - Orientador  
Universidade Federal do Pará. Núcleo de Meio Ambiente  
Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos  
Naturais e Desenvolvimento Local da Amazônia.

---

Prof. Dr. Thomas Mitschein  
Universidade Federal do Pará. Núcleo de Meio Ambiente  
Programa de Pós-Graduação em Gestão dos Recursos  
Naturais e Desenvolvimento Local da Amazônia.

---

Prof. Dr. Miguel Agostinho de Lalor  
Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia.  
Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Dados internacionais de catalogação-na-publicação (CIP), Biblioteca do  
Núcleo do Meio Ambiente/UFPA, Belém – PA.

---

Gomes, Vitor Hugo Freitas

Modelagem de distribuição de espécies comerciais da flora ameaçada no  
estado do Pará: um enfoque sobre as unidades de conservação / Vitor Hugo  
Freitas; orientador: Breno Imbiriba. 2012.

51 f.

Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e  
Desenvolvimento Local na Amazônia) – Núcleo de Meio Ambiente,  
Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

1. Biodiversidade – Conservação - Pará. 2. Plantas em extinção – Pará -  
Identificação. 3. Recursos naturais - Pará. I. Imbiriba, Breno, orient. II. Título.

CDD 19. ed. 333.9516098115

---

## **AGRADECIMENTOS**

A meus familiares Auristela, José, Myriam, Gabriel e Amanda, pelo apoio e carinho que não me permitiram desistir.

Ao Professor Dr. Breno Imbiriba pela confiança depositada nesta pesquisa, e pelos esforços empregados na orientação e na conclusão deste trabalho.

Ao Dr. Rafael Salomão, pesquisador do Museu Paraense Emílio Goeldi e amigo, pela oportunidade de conhecer e vivenciar a pesquisa acadêmica, pelos ensinamentos acadêmicos e extra-acadêmicos, e finalmente pela grande contribuição na construção desta pesquisa.

Aos Coordenadores e Professores Dr. Mário Vasconcellos, Dr. Cláudio Szlafsztein e Dr. Sérgio Moraes pelo interesse, dedicação e compreensão ao longo de minha formação, e da elaboração e conclusão desta pesquisa.

Aos amigos e colegas do NUMA Jacelino Barbosa, Eric Batista, Erika Bentes, Joana Coutinho, Mayane Bentes, Mmiguel Rodrigues e Tatiana Braga, e finalmente a Cláudio Cunha e Zelma Lúcia pelo apoio no decorrer do mestrado.

Aos Professores Dr. Miguel Agostinho e Dr. Thomas Mitschein pela participação e contribuições na banca deste trabalho de pesquisa.

E ao Núcleo de Meio Ambiente (NUMA) da Universidade Federal do Pará, pela experiências vivenciadas durante este processo de formação.

## RESUMO

Afim de identificar locais com potencial para conservação de espécies ameaçadas foram comparados modelos de distribuição de espécies comerciais da flora ameaçadas do estado do Pará, com os mapas das Unidades de Conservação do estado, e observar a ocorrência destas espécies dentro e fora destas áreas. Atualmente 53 espécies da flora do estado do Pará encontram-se ameaçadas de extinção. As espécies eleitas fazem parte do Projeto de Conservação de castanheira, pau-cravo, pau-rosa e maçaranduba, desenvolvido por meio do convênio entre Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Ominia Minérios/Alcoa e Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP). A elaboração dos modelos foi feita a partir do software *Maxent 3.3.3*, que utiliza o método da máxima entropia para analisar os dados de ocorrência das espécies e gerar seus modelos de distribuição. Os modelos de distribuição demonstram quais áreas são aptas à presença das espécies, com base em dados de ocorrência, e as características destes locais, compostas pelas variáveis ambientais.

Palavras-chave: Modelagem de distribuição. Espécies ameaçadas. Unidades de conservação. Maxent.

## **ABSTRACT**

In order to identify potential sites for endangered species conservation were compared distribution models of commercial endangered species of the states of Pará flora, with maps of protected areas in the state, and observe the occurrence of these species within and outside these areas. This study aims to compare distribution models of endangered commercial species of the state of Pará flora, with the maps of protected areas in the state, and observe the occurrence of these species within and outside these areas. Through this comparison objective is to indicate potential sites for conservation of these species. Currently 53 species of the state of Pará flora are threatened with extinction. The species chosen are part of the Conservation Project pau-cravo, castanheira, pau-rosa and and maçaranduba, developed through a partnership between Goeldi Museum (MPEG), Ominia Minerals / Alcoa and Foundation of Research and Development (FADESP). The development of these models was made by the software Maxent 3.3.3, which uses the method of maximum entropy to analyze the data of species occurrence and generate their distribution models. The distribution models show which areas are suitable for the presence of the species, based on data of occurrence, and the characteristics of these sites, composed by environmental variables.

**Keywords:** Modeling distribution. Endangered species. Conservation units. Maxent.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Categorias de estado de conservação de espécies ameaçadas .....	12
Figura 2: Esquema do processo de modelagem de distribuição potencial de espécie.....	19
Figura 3: Unidades de Conservação do estado do Pará (IBAMA, 2011).....	23
Figura 4: Pontos de ocorrência das espécies estudadas.....	30
Figura 5: Quadro das variáveis ambientais. ....	32
Figura 6: Esquema representativo da composição de um modelo do Maxent. ....	34
Figura 7: Curvas ROC geradas para as espécies <i>B. excelsa</i> , <i>M. huberi</i> , <i>D. caryophyllatum</i> e <i>A. rosaeodora</i> . A linha vermelha representa os dados de treino. A linha azul representa os dados de teste, reservados para avaliar nível de predição dos modelos. ....	36
Figura 8: Modelos de distribuição das espécies <i>B.excelsa</i> , <i>M. huberi</i> , <i>A. rosaeodora</i> e <i>D. caryophyllatum</i> no estado do Pará. ....	41
Figura 9: Cruzamento dos modelos das espécies <i>B.excelsa</i> , <i>M. huberi</i> , <i>A. rosaeodora</i> e <i>D. caryophyllatum</i> , com os mapas das Unidades de conservação do estado do Pará. ....	43
Figura 10: Sobreposição dos modelos das espécies <i>B.excelsa</i> , <i>M. huberi</i> , <i>A. rosaeodora</i> e <i>D. caryophyllatum</i> , destacando a probabilidade de ocorrência de todas as espécies. ....	44
Figura 11: Probabilidade de ocorrência após o cruzamento modelos das espécies <i>B.excelsa</i> , <i>M. huberi</i> , <i>A. rosaeodora</i> e <i>D. caryophyllatum</i> , com os mapas das Unidades de conservação do estado do Pará. ....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Área em hectares das Unidades de Conservação do Estado do Pará (SEMA, 2011).....	24
Tabela 2: Análise da área sob a curva AUC da curva ROC.....	37
Tabela 3: Contribuição das variáveis para construção dos modelos das espécies <i>B. excelsa</i> , <i>M. hulberi</i> , <i>D. caryophyllatum</i> e <i>A. rosaeodora</i> . ....	38

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

AUC – Area Under Curve

COEMA-PA - Conselho Estadual de Meio Ambiente do Estado do Pará

FADESP - Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa

FIDESA - Fundação Instituto para o Desenvolvimento da Amazônia

GBIF - Global Biodiversity Information Facility

IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza

Maxent - Máxima Entropia

MPEG - Museu Paraense Emílio Goeldi

PCA - Programa de Controle Ambiental

PFNM - Produto Florestal Não Madeireiro

SEMA-PA - Secretaria de Estado e Meio Ambiente do Estado do Pará

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SRTM - Shuttle Radar Topographic Mission

UC - Unidades de Conservação

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	10
1.1. Espécies ameaçadas e o cenário local no estado do Pará .....	10
1.2. Unidades de conservação .....	15
1.3. Projeto de conservação e viabilidade de pau-cravo, pau-rosa, castanheira e maçaranduba ALCOA/MPEG/FADESP .....	16
1.4. Modelagem de distribuição de espécies.....	18
2. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	21
3. HIPÓTESE .....	21
4. OBJETIVOS .....	22
4.1. Objetivo geral .....	22
4.2. Objetivos específicos.....	22
5. MATERIAIS E MÉTODOS .....	23
5.1. Área de Estudo .....	23
5.2. Espécies ameaçadas estudadas.....	24
5.2.1. Castanheira – <i>Bertolletia excelsa</i> Bompl.– Lecythidaceae.....	24
5.2.2. Maçaranduba – <i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Standl. – Sapotaceae.....	26
5.2.3. Pau-rosa – <i>Aniba rosaeodora</i> Ducke – Lauraceae.....	27
5.2.4. Pau-cravo – <i>Dicypellium Caryophyllatum</i> (Mart.) Nees – Lauraceae.....	28
5.3. Dados de ocorrência e variáveis ambientais utilizadas.....	29
5.4. Método utilizado na elaboração dos modelos de distribuição - Maxent .....	32
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
6.1. Análise de validação estatística dos modelos de distribuição .....	35
6.2. Análise da contribuição das variáveis .....	37
6.3. Resultados da modelagem das espécies ameaçadas.....	40
6.4. Cruzamento dos modelos com os mapas das Unidades de Conservação .....	42
6.5. Sobreposição dos modelos para identificação de áreas de ocorrência para todas as espécies....	44

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS.....	48

## **1. INTRODUÇÃO**

A conservação de espécies ameaçadas requer conhecimento sobre suas especificidades. Para estudar espécies ameaçadas primeiramente é necessário conhecer suas preferências e necessidades de sobrevivências, assim como, seu habitat (HUTCHINSON, 1957).

Por meio destes conhecimentos torna-se possível a identificação de áreas aptas à ocorrência destas espécies, áreas estas que podem ser incorporadas à planos de conservações e preservação da biodiversidade, ou até mesmo serem alvos de pesquisas em buscas de novas populações destas espécies.

### **1.1. Espécies ameaçadas e o cenário local no estado do Pará**

As espécies ameaçadas são um ponto chave em esforços de preservação da biodiversidade. A biodiversidade refere-se, em um entendimento geral, a diversidade da vida, à variabilidade total de vida na Terra (HEYWOOD; WATSON, 1995).

A falta de estudos científicos a cerca do nível de ameaça das espécies, subestima o número real de espécies ameaçadas. Quanto maior o número de espécies ameaçadas, maiores são os riscos de perda de biodiversidade. Nas próximas décadas um dos grandes desafios à humanidade é desacelerar o processo de extinção de espécies, causado em sua maioria pelas atividades humanas.

A União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) listou 16.928 espécies ameaçadas de extinção mundo, demonstrando que 99% delas estão ameaçadas pelo aumento das atividades do homem (ALBERNAZ; ÁVILA-PIRES, 2009). Muitas destas espécies possuem valor para exploração comercial, e encontram-se ameaçadas por conta deste fator.

As atividades humanas sobre o meio ambiente se constituem em um fenômeno que se caracteriza por uma relação complexa, oriunda de demandas individuais e coletivas, com reflexos na forma de exploração dos elementos da matriz de recursos naturais disponíveis. Estas têm impactado sobre o meio ambiente através de processos degradantes e poluentes, tais como, urbanização, industrialização e exploração de recursos naturais (BOLLMANN, 2001).

Para mitigar e atuar no controle dos impactos causados pela humanidade é necessário avaliar este cenário acerca das espécies ameaçadas. A utilização de instrumentos de gestão ambiental é imprescindível. Um dos instrumentos presentes neste tipo de abordagens é a lista de espécies ameaçadas.

Argumenta-s que as listas são a base das iniciativas para proteger as espécies ameaçadas, seja em escala local, regional ou global (TABARELLI et al., 2005). No cenário brasileiro as informações sobre espécies ameaçadas são tomadas com prioridades locais na definição de áreas para proteção da biodiversidade e medidas para conservação.

As listas enquadram as espécies em categorias que as classificam de acordo com seu estado de conservação. As categorias das listas são definidas em geral com base na classificação da Lista Vermelha (do inglês, Red List) da IUCN (Figura 1).

A IUCN é uma organização internacional com propósitos voltados à conservação dos recursos naturais (IUCN, 2011). A Lista Vermelha da IUCN é uma metodologia adotada em todo o mundo para avaliação da probabilidade de extinção de uma espécie.

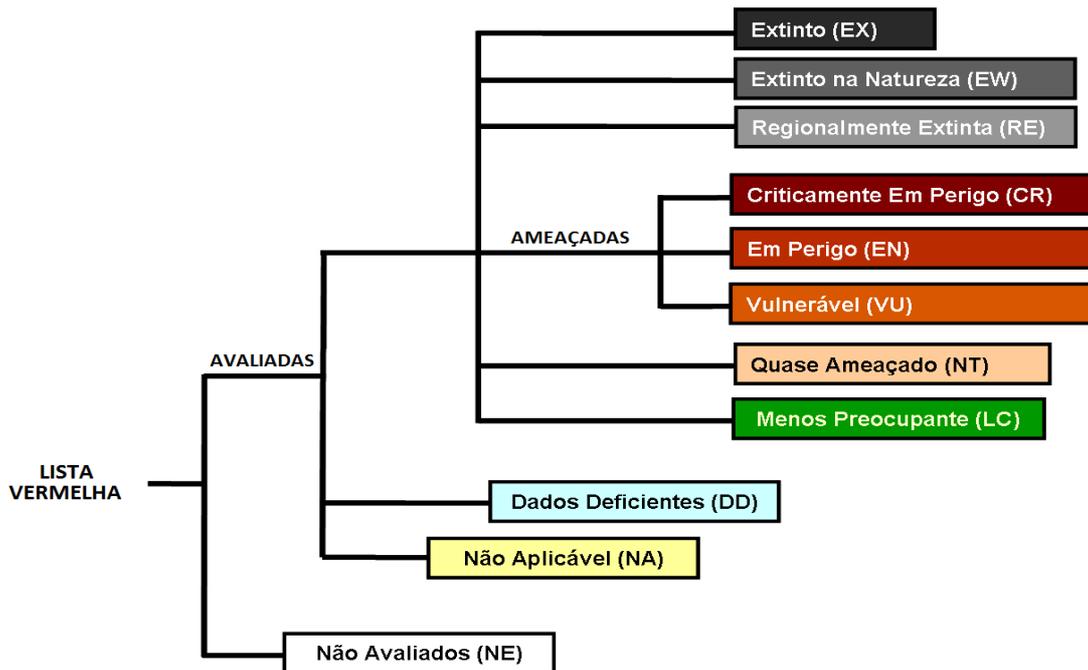


Figura 1: Categorias de estado de conservação de espécies ameaçadas elaborada pela IUCN (IUCN, 2001).

No Brasil a lista atualmente em vigor foi definida através da Instrução Normativa nº 5, de 21 de maio de 2004, do Ministério do Meio Ambiente. Posteriormente, através da Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008, foram relacionadas apenas espécies da flora, na lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção.

Também o estado do Pará homologa sua lista de espécies ameaçadas, através da Resolução nº 54, de 24 de outubro de 2007, da Secretaria de Estado e Meio Ambiente (SEMA-PA) e do Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA-PA). Esta resolução homologa a lista de espécies ameaçadas do estado do Pará. A lista conta com 53 espécies da flora local, entre elas espécies de grande valor para exploração comercial, e espécies protegidas que não podem ser exploradas para comercialização.

A lista apresenta 41 espécies na categoria “Vulnerável” (alto risco de extinção em médio prazo), 10 espécies na categoria “Em Perigo” (risco muito alto de extinção em médio prazo) e duas espécies na categoria “Criticamente Em Perigo” (risco extremamente alto de extinção em médio prazo).

Parte destas espécies sofre reduções de suas populações por conta dos processos de exploração para aproveitamento comercial. Dentre estes processos pode-se citar os empregados pelas indústrias madeireiras.

A madeira retirada das florestas brasileiras movimenta um grande setor madeireiro, suprimindo demandas nacionais e internacionais. A produção madeireira representou 28% de toda a produção primária florestal do Brasil, abrangendo a silvicultura (exploração de florestas plantadas) e extrativismos de produtos florestais não-madeireiros (IBGE, 2010).

Grande parte desta produção é oriunda das florestas amazônicas. A Amazônia concentra os maiores produtores de madeira nativa do país, em decorrência de suas florestas exuberantes e de alta biomassa. O maior produtor de madeira nativa da Amazônia é o estado do Pará (IBGE, 2010).

O extrativismo vegetal de produtos não madeireiros, também possui grande destaque, ressaltando os seguintes produtos: coquilhos de açaí, amêndoas de babaçu, fibras de piaçava, erva-mate nativa, pó cerífero de carnaúba e castanha-do-Pará, que juntos somaram 89,1% do valor total da produção extrativista vegetal não-madeireira (IBGE, 2010).

Algumas espécies sofreram processos históricos de exploração e são muito difíceis de serem observadas na natureza. Dentre elas o “pau-cravo” *Dicypellium caryophyllatum* (Mart.) Nees. e o “pau-rosa” *Aniba rosaeodora* Ducke.

O pau-cravo era uma das drogas do sertão, produtos extraídos do chamado sertão brasileiro - floresta tropical úmida, entre eles cacau, canela, baunilha, cravo, castanha e guaraná. O pau-cravo já foi comercialmente considerado à altura do cravo-da-índia e da canela-do-ceilão, com a vantagem de permitir a extração, na mesma planta, dos dois produtos: a canela, da casca da árvore, e o cravo, da inflorescência (SALOMÃO, 2009).

A casca do pau-cravo foi intensivamente explorada do século XVII ao XIX levando à quase extinção da espécie. Em 1804, face a devastação da espécie, o governador geral, Conde dos Arcos, estabeleceu um horto experimental em Belém onde foram recolhidos 3 mil quilos dessa casca em 972 plantas (HOMMA, 2003).

E o pau-rosa é outra dentre as muitas espécies arbóreas de valor econômico, que desde o século passado vem sofrendo uma grande pressão extrativa na Amazônia. Sua importância econômica está relacionada à alta produção de óleo essencial, cujo componente principal é o linalol, muito utilizado na indústria de perfumaria como fixador (SUDAM, 1972).

Devido à intensa exploração no passado, muitas populações da espécie foram dizimadas ou reduzidas a um nível crítico que, aliado a contínua exploração de árvores nas florestas naturais tornam a espécie ainda mais vulnerável.

Em estudo realizado por Salomão (2009) foram encontradas e identificadas duas populações nativas da espécie, uma no município de Vitória do Xingu e outra no município de Juruti, com respectivamente 20 e 189 indivíduos.

Mas em decorrência da construção da hidrelétrica de Belo Monte, a população de Vitória do Xingú será destruída, pois se localiza na área de construção dos canais de derivação que abastecerão o reservatório do lago. A segunda e maior população também encontra-se em estado de possível ameaça, levando em consideração que a área que abriga a população está passando por processo de concessão florestal, no oeste paraense, na Gleba Mamurú-Arapiuns.

Observa-se que não somente as atividades de exploração direta, como a madeireira, impactam sobre as espécies da flora ameaçada do estado do Pará. Também os projetos de infraestrutura, tais como, hidrelétricas, representam uma ameaça direta à biodiversidade. Refletem positivamente em investimentos e geração de empregos, mas os cenários de degradação ambiental são presente na maioria dos projetos, com grande destaque em regiões de grande diversidade biológica e riqueza natural (SANT'ANNA; RIBEIRO, 2009).

## 1.2. Unidades de conservação

No contexto da conservação da biodiversidade outro importante instrumento da gestão ambiental utilizado em esforços de conservação de espécies ameaçadas são as Unidades de Conservação (UCs). Representam áreas que apresentam grande diversidade biológica, podendo conter centros de endemismos (locais únicos de ocorrência de determinada espécie), tão como, espécies raras e/ou ameaçadas.

Sua constituição é observada a partir do século XIX, após a revolução industrial. Neste período os processos produtivos foram transformados, constituindo um avanço no modo de produção, saindo de um sistema de manufaturas para um sistema industrial. Neste mesmo século surgem as primeiras preocupações a cerca dos problemas causados por este novo paradigma de produção sobre a natureza.

A partir destas preocupações derivam as concepções de espaços destinados a proteger a vida selvagem do avanço da civilização urbano-industrial, surgindo o conceito de áreas protegidas. As áreas protegidas deram origem a um dos principais elementos de estratégia para a conservação da natureza, as Unidades de Conservação. No Brasil, e no terceiro mundo em geral, constituem-se como grandes instrumentos em esforços de conservação de recursos e preservação da biodiversidade (ARRUDA, 1999).

Enquanto instrumentos da gestão ambiental, as Unidades de Conservação têm fundamental importância na elaboração de esforços voltados para a conservação e preservação do meio ambiente. Foi demonstrado que a proporção de área desflorestada, dentro das Unidades de Conservação (Proteção Integral, Uso Sustentável e Terras Indígenas), nos estados de Mato Grosso, Pará e Rondônia, variaram de 1,5 a 4,7%, enquanto a proporção de desflorestamento fora das Unidades de Conservação foram de 29,2% a 48,1%, evidenciando um grande contraste entre a proporção de desflorestamento (FERREIRA et al., 2005).

As unidades de conservação são definidas pela Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000 que regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC).

São definidas como o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes legalmente instituídas pelo poder público, com objetivos de conservação, e limites definidos sob regime especial de administração ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (SNUC, 2000).

As Unidades de Conservação são divididas em dois grupos, Proteção Integral e Uso Sustentável, objetivando, respectivamente, a preservação e conservação da natureza. A conservação infere-se aos recursos naturais, e pauta seu uso de forma racional, e a preservação reflete a reverência à natureza, e busca proteger a natureza contra o desenvolvimento moderno, industrial e urbano (DIEGUES, 2001).

Dentro destes dois grupos as Unidades de Conservação são divididas por categorias, que variam entre suas especialidades, dentro dos objetivos de cada grupo.

Para atender as necessidades deste estudo serão estudadas ambos grupos de Unidades de Conservação do estado do Pará. Serão observadas as distribuição potencial das espécies ameaçadas estudadas dentro e fora destas áreas.

### **1.3. Projeto de conservação e viabilidade de pau-cravo, pau-rosa, castanheira e maçaranduba ALCOA/MPEG/FADESP**

Em meio a um cenário de extração de minérios no estado do Pará, emergiu o estudo de conservação de espécies ameaçadas. O projeto teve início a partir de um convênio já existente, de junho/2007, entre Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Ominia Minérios/Alcoa e Fundação Instituto para o Desenvolvimento da Amazônia (FIDESA).

Este convênio foi estabelecido para viabilização do Monitoramento dos Programas Ambientais do Meio Biótico da Mineração Alcoa, no município de Juruti - PA, onde se encontra instalado o projeto de exploração de bauxita desta mesma mineradora. Atualmente o convênio tem como instituição administradora a Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP).

A Ominia Minérios/Alcoa incorporou ao seu Programa de Controle Ambiental (PCA), um projeto de conservação de espécies da flora ameaçada, em atendimento às condicionantes da Licença de Implantação do projeto de extração de bauxita (LI 162/2007), determinadas pela Secretaria de Estado e meio Ambiente do Estado do Pará (SEMA-PA).

O projeto teve início no ano de 2008, e tinha por objetivo o estudo de conservação das espécies pau-rosa *Aniba rosaeodora*, pau-cravo *Dicypellium caryophyllatum* e castanheira *Bertholletia excelsa*. Posteriormente foi também inserida a maçaranduba *Manilkara huberi*.

A Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA-PA) nº 54, de 24/10/2007, que homologou a lista de espécies da flora e da fauna ameaçadas no Estado do Pará, reconheceu o ‘pau-rosa’ na categoria Em Perigo, e o ‘pau-cravo’, a ‘castanheira’, e a ‘maçaranduba’ na categoria Vulnerável.

A categoria Em Perigo informa que o táxon não está criticamente em perigo, mas corre um risco muito alto de extinção na natureza num futuro próximo, enquanto a categoria Vulnerável adverte que o táxon não se enquadra nas categorias Criticamente em Perigo ou Em Perigo mas corre um risco alto de extinção na natureza a médio prazo (SALOMÃO et al., 2009).

Além do estudo de conservação destas espécies também é desenvolvida a implantação de banco de germoplasma *in situ*; estudo fenológico; monitoramento em parcelas permanentes de ‘pau-rosa’, ‘pau-cravo’ e ‘castanheira’; inventário e mapeamento de árvores matrizes; produção de mudas e estudo fitoquímico das espécies.

Com base nos esforços de conservação iniciados pelo Projeto de conservação e viabilidade de pau-cravo, pau-rosa, castanheira e maçaranduba ALCOA/MPEG/FADESP, este estudo buscou elaborar modelos de distribuição destas espécies, afim de obter informações sobre a distribuição destas quatro espécies.

A possibilidade de indicar os locais de ocorrência de uma espécie torna a modelagem de distribuição uma importante ferramenta em estudos de conservação, principalmente a cerca de espécies raras e/ou ameaçadas.

#### 1.4. Modelagem de distribuição de espécies

A modelagem de distribuição é uma ferramenta empregada em estudos de conservação de espécies, utilizada na elaboração de modelos de distribuição (KAMINO, 2009). Também conhecidos por modelos de nicho ecológico, envelopes bioclimáticos, modelos de habitat e funções de seleção de recursos, os modelos de distribuição de espécies são modelos correlativos que utilizam informações ambientais e geográficas para explicar padrões de ocorrência das espécies estudadas (ELITH; GRAHAM, 2009).

Estes modelos estimam a relação entre as espécies, seus locais de ocorrência e as características observadas nestes locais. Por esta característica têm sido largamente utilizado, dentro de vários propósitos em estudos de biogeografia, e de conservação (ELITH et al, 2011).

Por meio de um modelo de distribuição, busca-se prever quais áreas satisfazem os requisitos necessários para a ocorrência da espécie, e desta forma definir sua distribuição potencial (ANDERSON; MARTÍNEZ-MEYER, 2004). A distribuição de uma espécie é um problema crítico no campo da conservação biológica (PHILLIPS et al., 2004).

A distribuição potencial está relacionada ao conceito de nicho ecológico proposto por Hutchinson (1957), onde a observação de uma espécie pode ocorrer quando as condições ambientais para sua sobrevivência são satisfeitas.

As condições ambientais são compostas por um conjunto de variáveis, que descrevem os fatores que normalmente dão suporte a adequação das espécies aos seus locais de ocorrência, tais como, vegetação, temperatura, precipitação e relevo (BROWN; LOMOLINO, 1998; ROOT, 1988).

Para a elaboração de um modelo de distribuição também são utilizados dados de ocorrência da espécie, tais como coordenadas geográficas de locais onde a espécie é observada na natureza (PHILLIPS, 2004). Desta forma é estimado o relacionamento entre os registros de ocorrência da espécie e as características ambientais e espaciais dos locais de ocorrência (FRANKLIN, 2009). A Figura 1 apresenta um esquema deste processo.

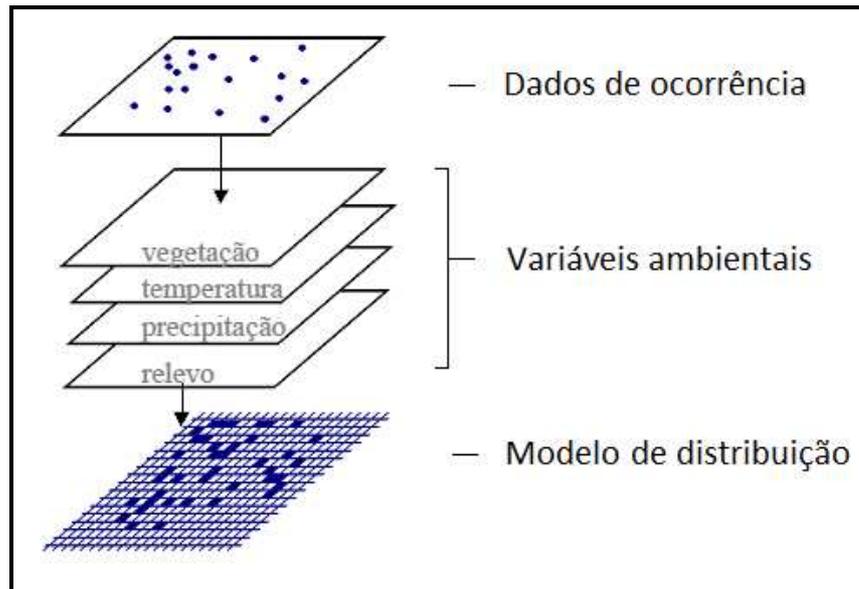


Figura 2: Esquema do processo de modelagem de distribuição potencial de espécie.

Os dados de ocorrência de uma espécie podem assumir tanto sua presença, quanto sua ausência, ou ainda ambos, dependendo do método estatístico utilizado na elaboração do modelo (ELITH, 2002). Nas últimas duas décadas, com o desenvolvimento do campo da modelagem de distribuição de espécies, muitos métodos estatísticos foram disponibilizados para este tipo de análise.

Em sua maioria diferem a cerca do tipo de dados de espécies que utilizam, desde que estes dados sejam coletados de forma sistemática, como por exemplo, em levantamentos biológicos formais, onde um grupo de locais tenham sido levantados, demonstrando dados de ocorrência das espécies, tais como, presença e ausência (ELITH et al., 2011).

Levantamentos desta natureza são esparsos, e normalmente com cobertura limitada. Em grande parte dos levantamentos, os registros de ocorrência das espécies estão representados apenas por registro de presença. Este tipo de registro é largamente encontrado em base de dados de museus de história natural e coleções de herbários (ALBERNAZ; PIRES, 2009; PHILLIPS et al., 2004; ELITH et al. 2011).

Esta referencia ocasiona a predileção de modelos que utilizem métodos baseados apenas em dados de presença. A utilização de modelos baseados apenas em dados de presença evita problemas característicos dos dados de ausência, como a dificuldade de obtenção e inconsistências. Demonstrar que uma espécie não existe em uma determinada área tende a ser mais difícil do que demonstrar sua existência (JIMÉNEZ-VALVERDE et al., 2008).

Dentre os métodos que utilizam apenas dados de coleções científicas e envelopes climáticos das áreas, está um algoritmo baseado no princípio da máxima entropia, conhecido como *Maxent* (PHILLIPS et al., 2004; PHILLIPS et al., 2006). Este algoritmo busca determinar a probabilidade de ocorrência das espécies, demonstrando seu padrão de distribuição a partir de dados de presença e um conjunto de variáveis ambientais que representam a região geográfica de interesse (PHILLIPS et al., 2004). O Maxent foi o método eleito para a elaboração dos modelos deste estudo.

## **2. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO**

A ameaça de extinção reflete um impacto negativo à biodiversidade, levando ao desaparecimento de espécies ou redução de suas populações. A partir de dados de presença e variáveis ambientais podem ser elaborados modelos de distribuição, capazes de prever áreas com potencial ocorrências de espécies ameaçadas.

A comparação destes modelos com os mapas das Unidades de Conservação permite a observação de áreas com potencial de ocorrência de espécies ameaçadas, em seu interior e em seu entorno, podendo auxiliar a eleição de novas áreas protegidas, para a promoção da conservação e preservação de espécies ameaçadas.

## **3. HIPÓTESE**

Os modelos de distribuição de espécies podem demonstrar áreas com potencial de ocorrência de espécies ameaçadas, medindo o alcance das Unidades de Conservação do Estado do Pará sobre estas áreas, assim como, indicar locais com potencial de ocorrência desta espécie que ainda não apresentam Unidades de Conservação.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo geral**

Elaborar modelos capazes de prever áreas com potencial de distribuição de espécies comerciais ameaçadas no estado do Pará, e observar as ocorrências externas às Unidades de Conservação, afim de identificar novos locais em potencial para à conservação.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Levantamento dos registros de ocorrência das espécies comerciais ameaçadas.
- Elaborar os modelos de distribuição potencial das espécies.
- Comparar os resultados dos modelos de distribuição das espécies e as áreas de Unidades de Conservação do estado do Pará.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1. Área de Estudo

A área de estudo abrange as Unidades de Conservação do Estado do Pará (Figura 3). Totalizam uma área de 41,4 milhões de hectares, cerca de 30% de todo o estado, compostas por 86 Unidades de Conservação, de domínios federal, estadual, municipal e iniciativas particulares (SEMA, 2011).

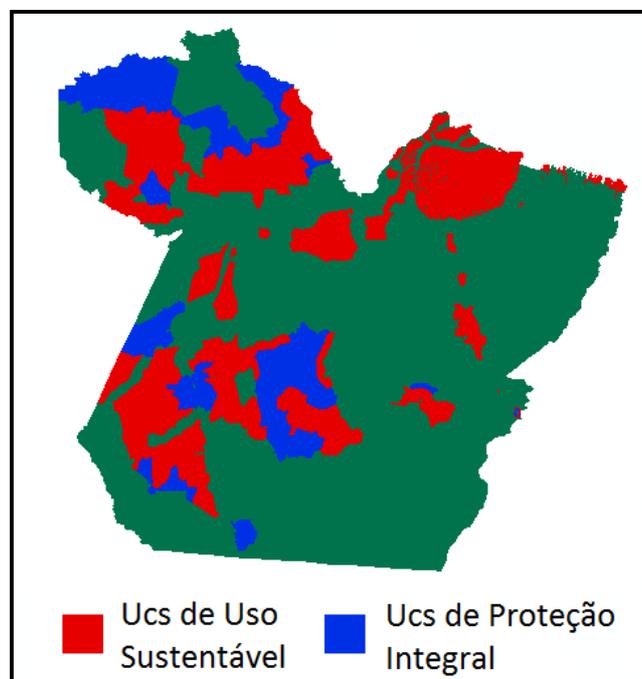


Figura 3: Unidades de Conservação do estado do Pará (IBAMA, 2011).

Destas unidades 69% são de Uso Sustentável e pouco mais de 30% são de Proteção Integral (Tabela 1).

**TABELA 1:** Área em hectares das Unidades de Conservação do Estado do Pará (SEMA, 2011).

Unidade de Conservação	Federal	Estadual	Municipal	Particular	TOTAL	TOTAL
	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	%
Uso Sustentável	12.802.208	15.705.949	78.940	2.837	28.589.934	69,07
Proteção Integral	7.365.603	5.435.849	452	0	12.801.904	30,93
<b>TOTAL</b>	<b>20.167.811</b>	<b>21.141.798</b>	<b>79.392</b>	<b>2.837</b>	<b>41.391.838</b>	100,00
<b>TOTAL (%)</b>	48,72	51,08	0,19	0,01	100,00	

## 5.2. Espécies ameaçadas estudadas

### 5.2.1. Castanheira – *Bertolletia excelsa* Bompl.– Lecythidaceae

*Nível de ameaça: Vulnerável (V)*

A castanheira é uma árvore muito grande, tendo em média 30 metros de altura, podendo atingir os 50 metros, e apresenta cerca de 2 metros de diâmetro. Seu habitat tem como características as matas altas de terra firme, solo argiloso ou argilo-silicoso. Apesar de conferir madeira de boa qualidade, para fins como forros, vigas, carpintaria, paredes e assoalhos, além de ser boa fonte de celulose<sup>1</sup>, não pode ser comercializada em virtude de seus frutos terem maior valor comercial (LOUREIRO et al., 1979).

<sup>1</sup> Polímero natural, encontrado nos vegetais, e constituído pela polimerização da celobiose, substância branca, fibrosa, usada na fabricação de papéis [fórm.: (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>].

Têm grande expressão no comércio internacional constituindo-se num dos principais produtos extrativistas da pauta de exportação da Amazônia, principalmente do Estado do Pará.

Este fruto é o *produto florestal não madeireiro* (PFNM) mais conhecido e solidamente estabelecido nos mercados doméstico e de exportação há mais de um século, constituindo-se na única colheita de sementes comercializada internacionalmente que é feita exclusivamente em florestas tropicais primárias (CLAY, 1997; PERES, 2003; PETERS, 1994).

A coleta e o processamento são frequentemente celebrados como sendo um exemplo de indústria sustentável de PFNM, pois é capaz de sustentar as inúmeras comunidades e suas economias regionais, ao mesmo tempo em que promove a conservação da floresta (ALLEGRETTI, 1994; CLAY, 1997; PERES, 2003; SALOMÃO et al., 2006).

A castanheira é uma árvore social, encontrada em grupos importantes (castanhais, ou bola de castanha), e possui ocorrência estendendo-se desde os estados do Maranhão e Mato Grosso (vale do Rio Papagaio) até 10° de latitude sul através do Estado do Pará (regiões de Alenquer, Almeirim e Óbidos), fronteira com as Guianas (vale do Rio São João e cordilheira do Tumucumaque) e do Amazonas (extensíssimos vales dos rios Madeira, Maues, Purús, Negro e Solimões) até o vale do Rio Orenoco (PIO-CORRÊA, 1984). Sua ocorrência maior é observada nos Estados do Amazonas e Pará.

No Amazonas é observada sobre tudo nos baixos rios Solimões e Purus, médios rios Madeira e Negro, altos rios Mari-Mari e Abacaxi, e em quase todas as latitudes do Estado. No Pará ocorre principalmente na região do Tocantins, nos vales dos rios Curuá e Pará, em todos os terrenos banhados pelo Rio Trombetas e seus afluentes: Cuminá, Cuminá-mirim, Erepecuru e, sobretudo no Ariramba, quer na planície, quer nos vastos campos que cobrem o planalto (LOUREIRO et al., 1979). Também é observada no Suriname, Guyana, e Guiana Francesa (FUNK et al., 2007).

### 5.2.2. Maçaranduba – *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. – Sapotaceae

*Nível de ameaça: Vulnerável (V)*

A maçaranduba é uma árvore de grande porte com altura de 30 a 40 metros, podendo chegar aos 50. Possui madeira muito pesada, fácil de trabalhar e resiste bem à umidade (LOUREIRO et al., 1979). Da árvore extrai-se um látex chamado balata, uma sorte de produto plástico que serve para substituir a guta-percha<sup>2</sup> apresenta qualidade inferior, e é exportado com nome de maçaranduba (PIO-CORRÊA, 1984; RIZZINI, 1978). Tem como habitat as matas de terra firme<sup>3</sup>, e menos frequentemente as várzeas pouco inundáveis (LORENZI, 2002; LOUREIRO et al., 1979).

A *M. huberi* é a maior, mais procurada e de mais ampla dispersão das maçarandubas amazônicas. Ocorre nos estados do Pará, Amazonas, norte do Mato Grosso, noroeste do Maranhão e Rondônia (PIO-CORRÊA, 1984). É largamente distribuída em uma faixa que se estende do Pará até a metade oriental do Amazonas, norte de Mato Grosso e nordeste do Maranhão, e das proximidades do Atlântico aos Territórios de Roraima (Serra Grande e Caracaráí), Rondônia (comum em Porto Velho) e Amapá.

Nos inventários da missão FAO teve grande incidência na estrada Belém-Brasília (BR-010), em uma região chamada Ligação (LOUREIRO et al., 1979). No estado do Maranhão ocorre em uma zona estreita, com flora genuína da hiléia<sup>4</sup>, compreendendo área entre os rios Gurupí (limite natural com o Estado do Pará) e o Turiaçú e alto Pindaré (DUCKE; BLACK, 1954). Também é observada no Suriname, Guyana e Guiana Francesa (FUNK et al., 2007).

---

<sup>2</sup> Bot. Substância glutinosa que se extrai da *Mimusops balata*, planta da família das sapotáceas.

<sup>3</sup> Entende-se por *terra firme* a porção mais elevada referente à planície amazônica, fora da influência dos rios, e que nunca encontra-se inundada (RIZZINI, 1978).

<sup>4</sup> A floresta amazônica, segundo denominação de Alexander von Humboldt (1769-1859), naturalista alemão, e Aimé Goujaud Bonpland (1773-1858), naturalista francês.

### 5.2.3. Pau-rosa – *Aniba rosaeodora* Ducke – Lauraceae

*Nível de ameaça: Em perigo (E)*

O pau rosa é uma árvore de grande porte, com altura entre 20 e 25 metros, podendo chegar aos 30 metros. Todas as partes desta espécie arbórea são aromáticas, galhos, folhas e lenho. Por destilação do lenho<sup>5</sup> se obtém o Linalol, uma essência muito utilizada como fixador pela indústria de perfumaria (PIO-CORRÊA, 1984).

A exploração desta espécie para o aproveitamento do Linalol colocou-a em vias de extinção (LOUREIRO et al., 1979). Uma análise realizada na Missão FAO, estimou que cerca de 2 milhões de árvores de pau-rosa foram abatidas em um período de 40 anos anteriores à missão.

Tem como habitat matas de terra firme e altas, preferindo as cabeceiras dos igarapés em suas partes altas, vegetando latossolos amarelos e vermelhos, tanto em fase argilosa quanto arenosa. O pau-rosa tem ocorrência observada no Suriname (bacias dos rios Tapanahoni e Gonini), na Guiana Francesa, no Oiapoque, estendendo-se pelo Perú (Iquitos, Rio Napo e Pulcapa), Colômbia e Equador.

No Brasil tem ocorrência no Amapá (na fronteira com a Guiana Francesa), no Amazonas (faixa com alta concentração do Rio Curuá-Una até as fronteiras do Perú, na porção meridional, e do Rio Trombetas até a Colômbia, na porção setentrional), e no Pará (sendo encontrada inclusive nos arredores de Belém e ilha do Marajó) (SUDAM, 1972).

Outras ocorrências observadas são ao Sul e ao Norte do Rio Amazonas em 2 faixas, cuja meridional se estende de Juruti Velho (limite ocidental do Estado do Pará) até o baixo do Rio Purus (Estado do Amazonas), e cuja a setentrional vai do Rio Trombetas até as serras altas ao Norte de Manaus. Também indicada para o Sul do Suriname (LOUREIRO et al., 1979). Também é observada no Suriname, Guyana e Guiana Francesa (FUNK et al., 2007).

---

<sup>5</sup> Madeira.

#### 5.2.4. Pau-cravo – *Dicypellium Caryophyllatum* (Mart.) Nees – Lauraceae

*Nível de ameaça: Vulnerável (V)*

O pau cravo é uma árvore de grande porte, chegando aos 20 metros de altura. Fornece madeira aromática, amarelada, compacta e resistente, própria para construção civil e naval (PIO-CORRÊA, 1984). Mas a parte mais importante desta árvore é a casca, fina de cor violeta escuro, ao qual pode ser comercializada em pedaços de 30 a 60 centímetros de comprimento, com aroma idêntico ao da canela-do-Ceilão (atual Sri Lanka). Também é possível obter o cravo a partir de suas inflorescência, similar ao cravo-da-Índia.

Desde 1660 foi objeto de importante comércio, ao ponto de impulsionar plantações da espécie (PIO-CORRÊA, 1984). A casca do pau-cravo foi intensivamente explorada até o século XIX levando à quase extinção da espécie. Em 1804, em face da devastação da espécie, o governador geral, Conde dos Arcos, estabeleceu um horto experimental em Belém, com 972 plantas da espécie, que renderam 3 mil quilos da casca (HOMMA, 2003).

O pau-cravo é de origem amazônica (REVILLA, 2002), sua ocorrência é observada no Norte (Pará), mas pode ocorrer no Nordeste (Maranhão) do Brasil (QUINET et al., 2010). Além do estado do Pará é observada no estado do Amazonas (CRUZ, 1964). Também é observada na Guiana Francesa (FUNK et al., 2007).

### 5.3. Dados de ocorrência e variáveis ambientais utilizadas

Os dados de ocorrência das espécies foram obtidos através de estudos de conservação (SALOMÃO et al., 2009(a); SALOMÃO et al., 2009(b); SALOMÃO et al., 2008; SALOMÃO et al., 2006), de Herbarios (Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi e Herbário Virtual do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) e consultas em coleções científicas indexadas na rede Species Link<sup>6</sup>, banco de dados do Tree Atlas<sup>7</sup>, banco de dados da Encyclopedia of Life<sup>8</sup> e base de dados do GBIF<sup>9</sup>.

A partir destes estudos e coleções foram utilizados um total de 65 pontos de castanheira *Bertholletia excelsa*, 22 pontos de maçaranduba *Manilkara ulberi*, 11 pontos de pau-cravo *Dicypellium caryophyllatum* e 8 pontos de pau-rosa *Aniba rosaeodora* (Figura 4).

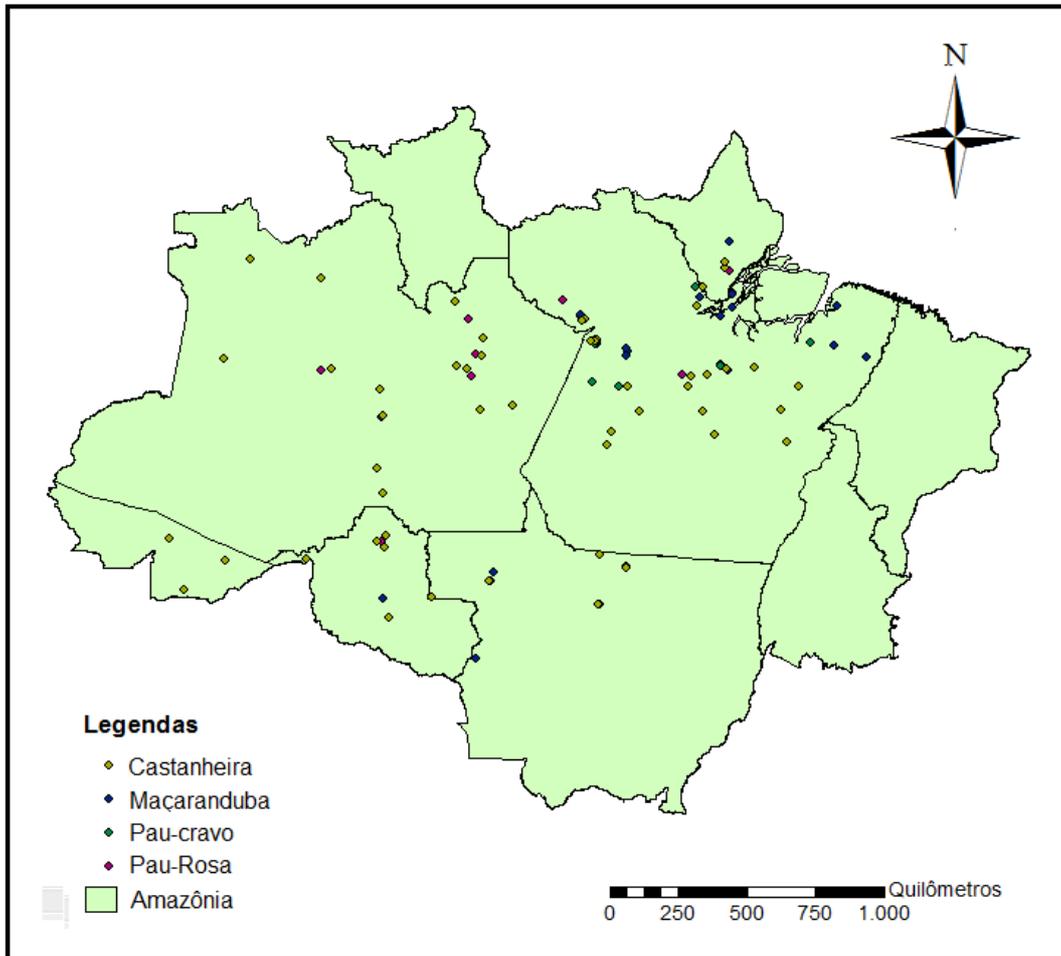
---

<sup>6</sup> Sistema de Informação Distribuído para Coleções Biológicas: a Integração do Species Analyst e do SinBiota. FAPESP. Disponível em: <<http://smlink.cria.org.br/>>. Acessado em: 15.08.2011.

<sup>7</sup> OLIVEIRA-FILHO, A.T. TreeAtlas 2.0, Flora arbórea da América do Sul cisandina tropical e subtropical: Um banco de dados envolvendo biogeografia, diversidade e conservação. Universidade Federal de Minas Gerais. (<http://www.icb.ufmg.br/treatlan/>). 2010.

<sup>8</sup> Encyclopedia of Life. Disponível em: <<http://www.eol.org/>>. Acessado em: 20.05.2011.

<sup>9</sup> Global Biodiversity Information Facility. Disponível em: <<http://data.gbif.org/>>. Acessado em: 12.05.2011.



**Figura 4:** Pontos de ocorrência das espécies estudadas.

Ao se trabalhar com modelos de espécies ameaçadas, existe a dificuldade de se encontrar dados de ocorrência. As técnicas de modelagem têm sido melhoradas para contornar este problema, principalmente acerca dos métodos de avaliação dos modelos gerados. Pearson et al. (2007) demonstrou uma alta eficiência preditiva do Maxent com números de pontos de ocorrência entre 5 e 15, tornando-o compatível com estudos de conservação de espécies nestas situações.

As variáveis ambientais utilizadas somam um total de 33 variáveis. São constituídas por dados climáticos bioclimáticas baseadas em médias mensais de temperatura e precipitação, a partir da base de dados do WorldClim (HIJMANS et al., 2005); informações do meio físico, entre elas, solo, relevo e cobertura vegetal (HANSEN et al., 2003; IBGE, 2001; VELOSO et al., 1991); dados de altitude gerados pelo SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission).

Os dados foram obtidos junto ao Grupo de Modelagem para Estudos da Biodiversidade do Instituto Nacionais de Pesquisas Espaciais (INPE, 2011). Estas variáveis possuem resolução espacial aproximada de 1 Km<sup>2</sup> (Figura 5).

<b>Variável</b>	<b>Fontes</b>
Altitude	Ambdata - INPE
Temperatura média anual	WorldClim - Global Climate Data
Temperatura média do trimestre mais quente	WorldClim - Global Climate Data
Temperatura média do trimestre mais frio	WorldClim - Global Climate Data
Precipitação anual	WorldClim - Global Climate Data
Precipitação do mês mais chuvoso	WorldClim - Global Climate Data
Precipitação do mês mais seco	WorldClim - Global Climate Data
Sazonalidade da Prec.(coefic. de variação)	WorldClim - Global Climate Data
Precipitação do trimestre mais chuvoso	WorldClim - Global Climate Data
Precipitação do trimestre mais seco	WorldClim - Global Climate Data
Precipitação do trimestre mais quente	WorldClim - Global Climate Data
Precipitação do trimestre mais frio	WorldClim - Global Climate Data
Variação Diurna Média de Temperatura	WorldClim - Global Climate Data
Isotermalidade	WorldClim - Global Climate Data
Sazonalidade da Temperatura	WorldClim - Global Climate Data
Temperatura máxima do mês mais quente	WorldClim - Global Climate Data
Temperatura mínima do mês mais frio	WorldClim - Global Climate Data
Amplitude térmica anual	WorldClim - Global Climate Data
Temperatura média do trimestre mais úmido	WorldClim - Global Climate Data
Temperatura média do trimestre mais seco	WorldClim - Global Climate Data
Inclinação da superfície do terreno	Ambdata - INPE
É a direção da variação de declividade	Ambdata - INPE
Precipitação total mensal - Janeiro	Ambdata – INPE
Precipitação total mensal - Outubro	Ambdata – INPE
Precipitação total mensal - Julho	Ambdata – INPE
Porcentagem de Cobertura Arbórea - MODIS	Ambdata – INPE

<b>Variável</b>	<b>Fontes</b>
Mapa de Solos	Ambdata – INPE
Temperatura máxima mensal - Janeiro	Ambdata – INPE
Temperatura máxima mensal - Julho	Ambdata – INPE
Temperatura mínima mensal - Janeiro	Ambdata – INPE
Temperatura mínima mensal - Julho	Ambdata – INPE
Mapa de vegetação - IBGE 1992	Ambdata – INPE
Tipos de vegetação do Brasil	Ambdata – INPE

**Figura 5:** Quadro das variáveis ambientais.

#### **5.4. Método utilizado na elaboração dos modelos de distribuição - Maxent**

Existe um grande número de métodos disponíveis para modelagem, então a escolha do método de elaboração baseou-se nas características definidas para os modelos, que são pautadas na distribuição potencial das espécies, podendo utilizar um número amostral inferior a 30 para cada espécie, além de não serem levados em conta dados de ausência das espécies.

Existem métodos mais apropriados para abordagens com estas características, tais como, Maxent, GARP, BIOCLIM, DOMAIN, principalmente ao que se refere à estimativa de distribuição potencial (JIMENEZ-VALVERDE et al., 2008).

O método utilizado para a elaboração dos modelos de distribuição foi o Maxent (PHILLIPS et al., 2004; PHILLIPS et al., 2006), através do Programa Maxent 3.3.3e.

Este método baseia-se no princípio da *máxima entropia*. Este princípio permite estimar probabilidades baseadas em dados incompletos, sem fazer suposições sobre as informações desconhecidas. Outro ponto favorável à máxima entropia é a busca de uniformidade nos resultados, onde os valores para cada estimativa realizada tendem a manter sua média empírica (PHILLIPS et al., 2004).

O Maxent utiliza apenas dados de presença das espécies. Para a maioria das regiões, dados sistemáticos de pesquisas biológicas tendem a ser esparsos, ou apresentar um cobertura limitada, onde grande parte dos dados são apenas de presença.

Os modelos que utilizam apenas dados de presença (*presence - only case*) possibilitam a utilização de dados de coleção, tais como bases de herbários e museus. Muitos desses bancos de dados representam décadas de investimentos em pesquisa, sendo uma importante fonte de alimentação para os modelos (ALBERNAZ; ÁVILA-PIRES, 2009; ELITH et al., 2011).

Além dos dados de ocorrência das espécies o Maxent utiliza variáveis bioclimáticas (ex: temperatura, precipitação, relevo, vegetação). Estas variáveis definem as características dos locais de ocorrência das espécies. A distribuição apresentada pelo Maxent se baseia na média do conjunto destes valores, apresentando resultados que representam a similaridade das demais áreas em relação aos dados já conhecidos (PHILLIPS et al., 2004).

O modelo é composto por um espaço  $X$ , que representa a região geográfica, tipicamente uma grade de células, onde  $X$  é finito. Os dados de ocorrência são um conjunto  $x^1, \dots, x^m$  em  $X$ , onde cada elemento representa um local onde a espécie foi observada e registrada (Figura 6).

Definidas em  $X$  tem-se um conjunto de variáveis ambientais. Cada célula possui um valor para cada variável ambiental. Como resultado do modelo tem-se um plano contínuo de valores que variam em uma escala de 0 (ausência) a 100 (presença), tendo-se para os altos valores uma maior probabilidade de ocorrência da espécie (PHILLIPS et al., 2006).



## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

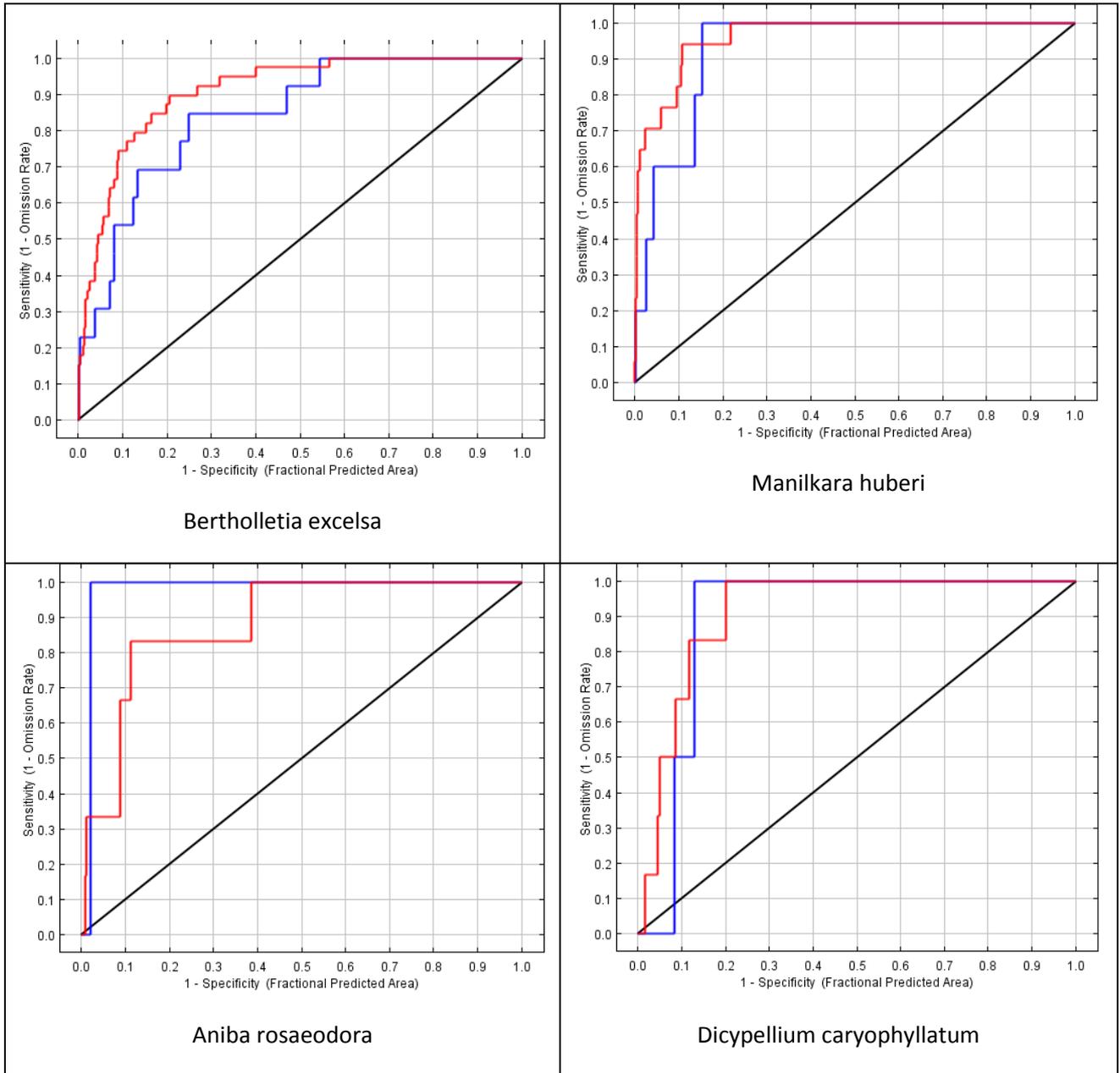
### 6.1. Análise de validação estatística dos modelos de distribuição

Dentre as características do Maxent que possibilitam esta alta eficiência está o limiar de decisão. Este limiar determina quais áreas estão mais próximas de prever a presença da espécie. A técnica utilizada neste trabalho elimina do resultado final as áreas que obtiveram até 10% de capacidade preditiva, ou seja, as que tiveram os menores resultados preditivos. Este é um limiar mais liberal, por incorporar maiores áreas de predição ao resultado final.

O método Maxent é também capaz de estimar a qualidade do modelo estatístico final, através da comparação entre duas variáveis, a localização verdadeira das espécies e a área de predição de ocorrências. É avaliada a área sob a curva (AUC – Area Under Curve) gerada pelo gráfico composto pela localização verdadeira da espécie, com as áreas de predição de ocorrência.

Para este teste são utilizados o conjunto total de dados de ocorrência - *Training data*, e um sub-conjunto deste primeiro, escolhido aleatoriamente, para testar a capacidade preditiva do modelo - *Test data*.

A Figura 7 apresenta, nas ordenadas, a fração de área predita que corresponde, nas abscissas, à fração dos pontos de amostragem verdadeiros. Quanto mais pontos de amostragens verdadeiros forem estimados com a menor área predita, melhor é o modelo estatístico. No melhor caso tem-se que todas as amostras são preditas com a área tendendo a zero, e no pior caso que as amostras são preditas linearmente com o crescimento da área - este caso está representado com a linha preta.



**Figura 7:** Curvas ROC geradas para as espécies *B. excelsa*, *M. hulberi*, *D. caryophyllattum* e *A. rosaeodora*. A linha vermelha representa os dados de treino. A linha azul representa os dados de teste, reservados para avaliar nível de predição dos modelos.

O sistema é treinado com 75% dos dados, representado com a linha vermelha, e testado com os 25% restantes, representado em azul. Finalmente, temos um painel para cada espécie vegetal e todas apresentam um bom resultado para os modelos estatísticos. Espécies mais números de ocorrência registrados apresentam um gráfico mais suave (*B. excelsa* e *M. huberi*), mesmo nas espécies mais raras (*A. rosaeodora* e *D. caryophyllatum*) grande parte dos pontos de validação ocorrem antes dos 30% da área.

Para estimar numericamente o sucesso do modelo calculamos a *área sob a curva* (AUC), que no caso ideal seria igual a um, e no pior caso igual à meio. Bons resultados retornam valores acima de 0,75 (PHILLIPS, 2006). Este número é apresentado na Tabela 2, onde vemos que em todos os casos o valor para AUC é acima de 0.8.

**TABELA 2:** Análise da área sob a curva AUC da curva ROC.

AUC	<i>B. excelsa</i>	<i>D. Caryophyllatum</i>	<i>M. huberi</i>	<i>A. rosaeodora</i>
<b>AUC Training</b>	0,921	0,914	0,966	0,944
<b>AUC Test</b>	0,809	0,893	0,918	0,961

## 6.2. Análise da contribuição das variáveis

O método Maxent é capaz de avaliar a porcentagem de contribuição de cada variável. Algumas variáveis foram mais efetivas para a elaboração dos modelos de cada espécie. Em cada iteração do algoritmo de treino, é adicionada a contribuição da variável para os acréscimos de ganho do modelo, ou subtraída, caso haja decréscimo. A Tabela 3 apresenta a estimativa de contribuição relativa de todas as variáveis para o modelo de cada uma das espécies.

**TABELA 3:** Contribuição das variáveis para construção dos modelos das espécies *B. excelsa*, *M. hulberi*, *D. caryophyllatum* e *A. rosaeodora*.

<b>CONTRIBUIÇÃO DAS VARIÁVEIS (%)</b>	<i>B. excelsa</i>	<i>D. Caryophyllatum</i>	<i>M. huberi</i>	<i>A. rosaeodora</i>
Altitude	9,5	-	-	-
Temperatura média anual	-	-	-	-
Temperatura média do	-	0,2	-	-
Trimestre mais frio	0,6	0,1	-	-
Precipitação anual	0,6	-	1,0	-
Precipitação do mês mais chuvoso	0,1	-	-	-
Precipitação do mês mais seco	0,3	-	2,3	-
Sazonalidade da Prec.(coefic. de variação)	2,0	-	-	-
Precipitação do trimestre mais chuvoso	0,6	-	1,9	-
Precipitação do trimestre mais seco	9,5	-	-	-
Precipitação do trimestre mais quente	2,1	36,5	9,7	-
Precipitação do trimestre mais frio	0,9	-	0,6	-
Variação Diurna Média de Temperatura	0,4	-	-	68,2
Isotermalidade	1,1	-	-	-
Sazonalidade da Temperatura	8,5	0,5	9,7	-
Temperatura máxima do mês mais quente	4,2	-	0,6	-
Temperatura mínima do mês mais frio	0,3	-	-	-
Amplitude térmica anual	1,3	-	-	-
Temperatura média do trimestre mais úmido	-	-	-	-
Temperatura média do trimestre mais seco	-	-	-	-
Inclinação da superfície do terreno	1,4	1,7	0,4	0,1
É a direção da variação de declividade	1,0	-	8,7	17,3
Precipitação total mensal - Janeiro	8,9	-	3,2	-
Precipitação total mensal - Outubro	9,8	-	11,2	-
Precipitação total mensal - Julho	5,0	-	12,2	8,5

<b>CONTRIBUIÇÃO DAS VARIÁVEIS (%)</b>	<i>B. excelsa</i>	<i>D. Caryophyllatum</i>	<i>M. huberi</i>	<i>A. rosaeodora</i>
Porcentagem de Cobertura Arbórea - MODIS	2,1	-	1,6	-
Temperatura máxima mensal - Julho	-	-	-	-
Temperatura mínima mensal - Janeiro	-	-	2,1	-
Temperatura mínima mensal - Julho	-	-	2,1	-
Mapa de vegetação - IBGE 1992	11,3	-	21,0	5,9
Tipos de vegetação do Brasil	0,2	59,2	0,3	-

Foi observado que o Maxent utilizou um menor número de variáveis para a modelagem das espécies *A. rosaeodora* e *D. caryophyllatum*. Para as espécies *B. excelsa* e *M. huberi* foi relacionado um maior número de variáveis. Esta diferença ocorre em decorrência da quantidade de pontos de ocorrência.

As espécies com maior amostragem possibilitaram ao método experimentar uma quantidade maior de variáveis, pois foram distribuídas por uma região maior, aumentando a variabilidade. Áreas distintas podem apresentar diferentes variáveis relevantes.

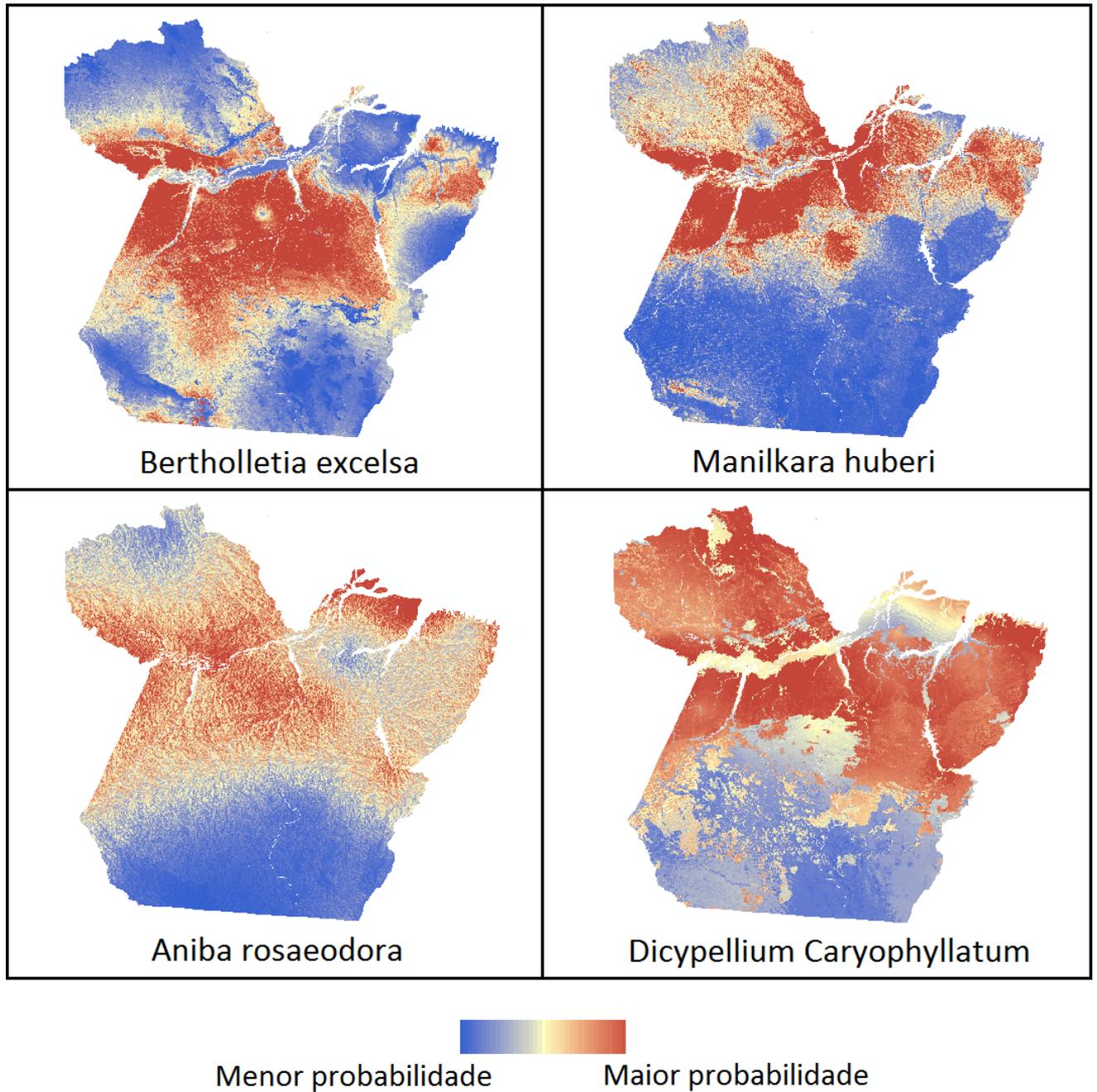
Para a castanheira quatro variáveis, das 33 utilizadas, contribuíram para metade da predição do modelo (altitude, precipitação total de outubro, mapa de solos e tipos de vegetação). Para a maçaranduba também quatro variáveis (sazonalidade da temperatura, precipitação total de outubro, precipitação total de julho, tipos de vegetação).

O pau-cravo e pau-rosa obtiveram este mesmo nível de predição a partir de uma única variável, respectivamente, mapa de vegetação (IBGE, 1992) e variação diurna média de temperatura (média mensal).

### **6.3. Resultados da modelagem das espécies ameaçadas**

Os modelos gerados para as espécies demonstraram um padrões de distribuição diferentes. O pau-cravo apresentou um padrão de distribuição de acordo com sua descrição, apresentando forte distribuição por todo o norte do estado do Pará (QUINET et al., 2010). O pau-rosa também teve uma boa distribuição, condizendo com suas descrições, arredores de Belém e ilha do Marajó, (SUDAM, 1972), Juruti Velho e Rio Trombetas na porção ocidental do estado (LOUREIRO et al., 1979).

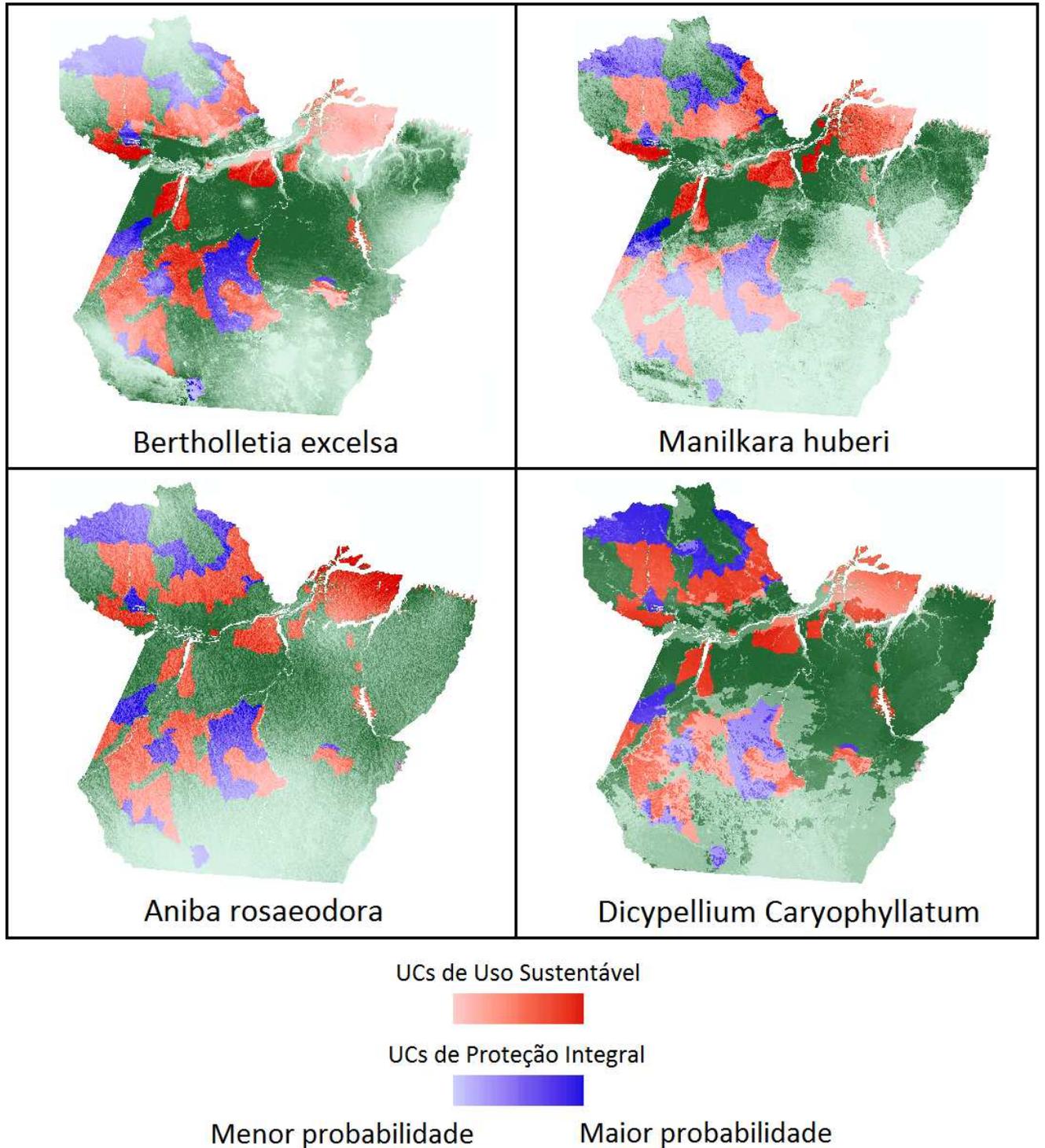
A castanheira mostrou boa distribuição na porção sul das regiões de Alenquer, Almeirim e Óbidos, forte predições nas proximidades do Rio Trombetas. A maçaranduba também apresentou boa distribuição (LOUREIRO) et al., 1979). As distribuições podem ser observadas na Figura 8.



**Figura 8:** Modelos de distribuição das espécies *B. excelsa*, *M. huberi*, *A. rosaeodora* e *D. caryophyllatum* no estado do Pará.

#### **6.4. Cruzamento dos modelos com os mapas das Unidades de Conservação**

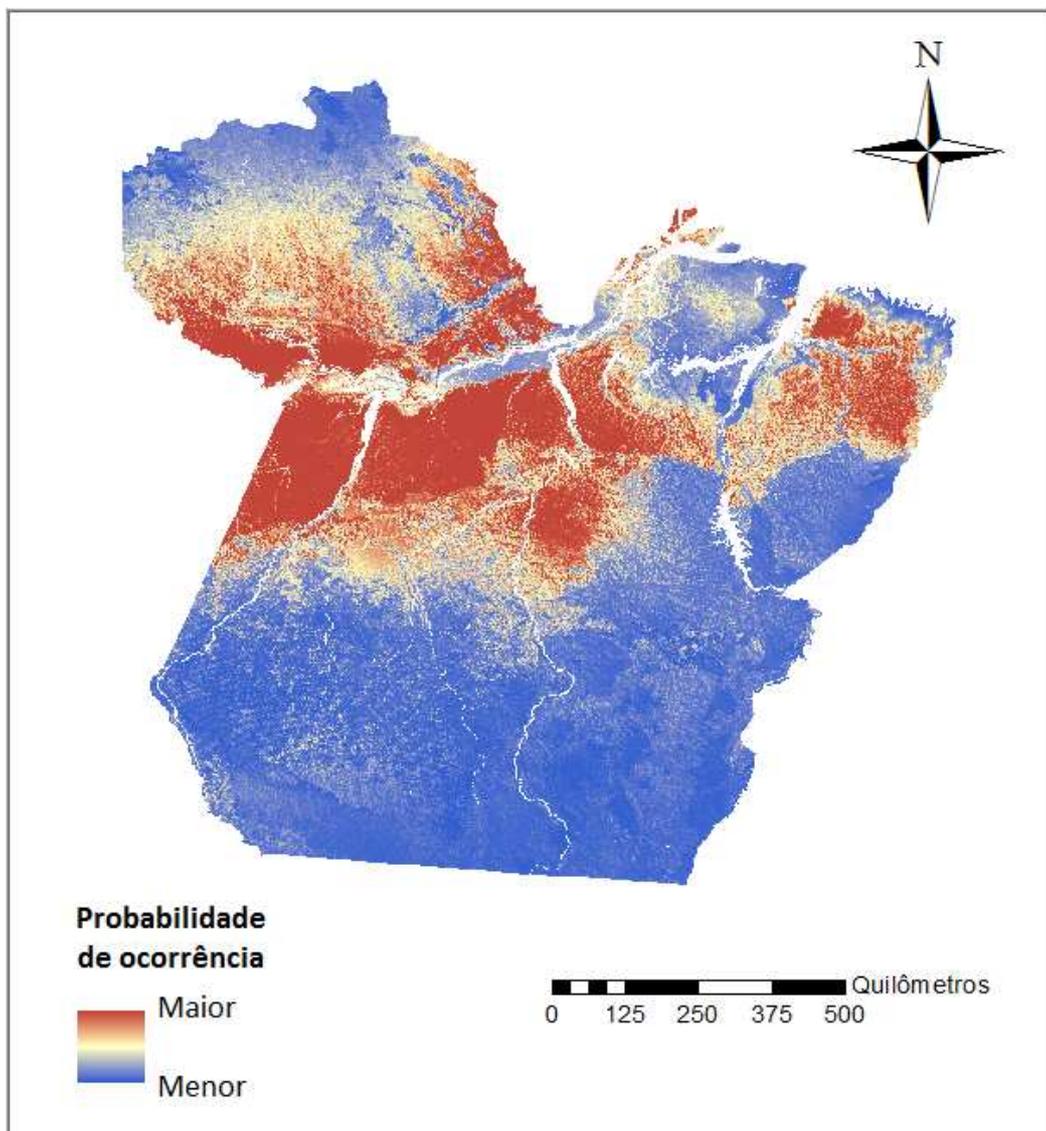
O cruzamento do resultado dos modelos com os mapas das Unidades de Conservação será feito por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), utilizando o programa ESRI – ARCGIS 10.0. Este cruzamento possibilita a análise dos resultados dos modelos das espécies a partir das UCs. Foram utilizadas ferramentas para conversão dos modelos para o formato *raster* (ferramenta de conversão *ASCII to Raster*), para o cruzamento dos modelos com os shapes das UCs (ferramenta de extração *Extract by Mask*), e para realizar a análise todos os modelos integrados (ferramenta de extração *Weighted Sum*) (Figura 9).



**Figura 9:** Cruzamento dos modelos das espécies *B.excelsa*, *M. huberi*, *A. rosaeodora* e *D. caryophyllatum*, com os mapas das Unidades de conservação do estado do Pará.

### 6.5. Sobreposição dos modelos para identificação de áreas de ocorrência para todas as espécies

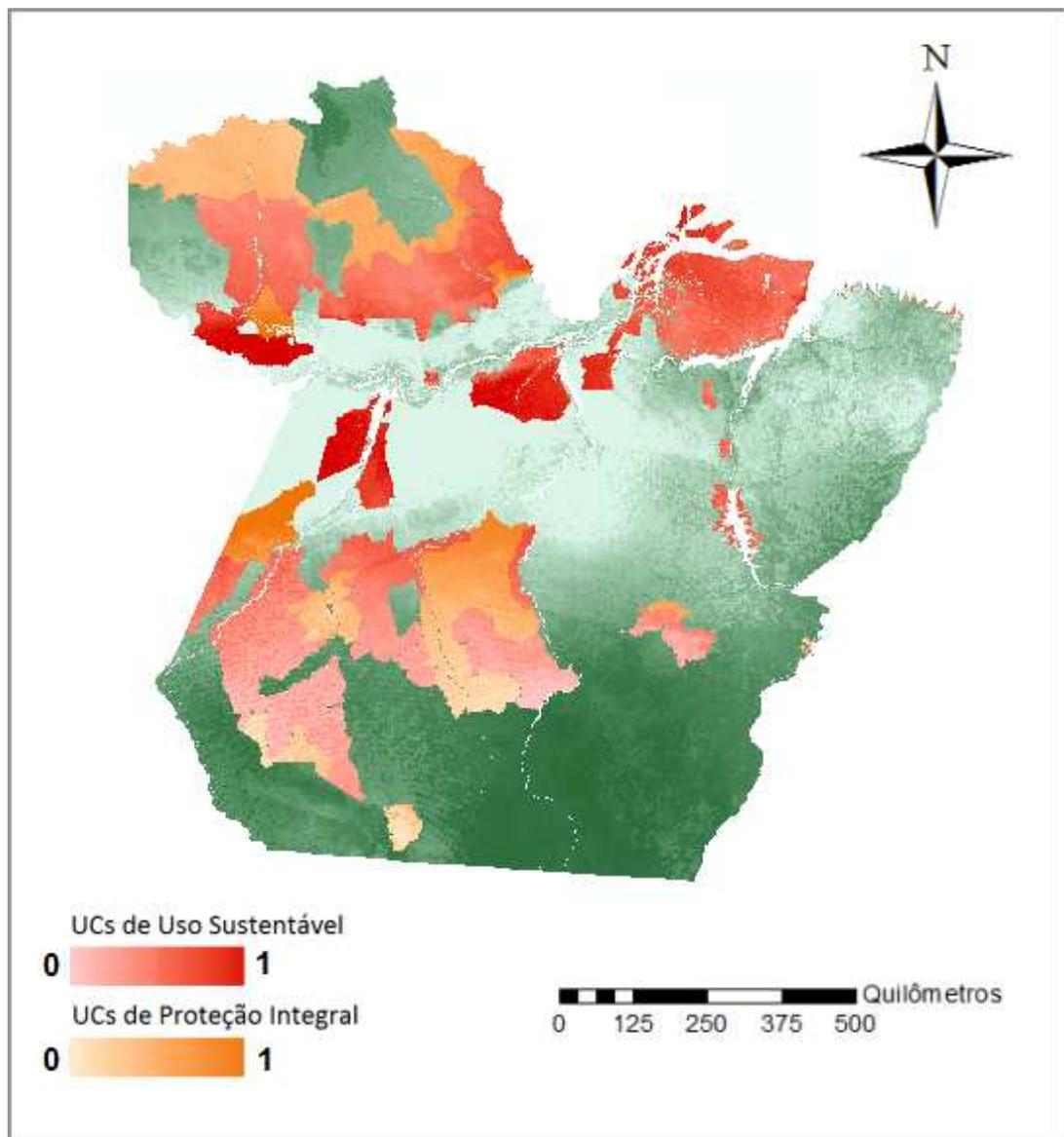
A sobreposição dos modelos de todas as espécies retorna um resultado onde todas as probabilidades de ocorrência indicadas demonstram a presença conjunta das espécies. Trata-se um saída onde os pontos refletem a ocorrência das quatro espécies, ou seja, um produto de todos os modelos. As espécies têm pesos iguais e esse produto irá refletir as chances de ocorrência do modelo apresentando (Figura 10).



**Figura 10:** Sobreposição dos modelos das espécies *B. excelsa*, *M. huberi*, *A. rosaeodora* e *D. caryophyllatum*, destacando a probabilidade de ocorrência de todas as espécies.

Este tipo de análise é importante em iniciativas de áreas para conservação do conjunto de espécies, pois são espaços onde há condições favoráveis à ocorrência de todas as espécies.

Para análise final foi utilizado o cruzamento da sobreposição dos modelos de distribuição de todas as espécies, e os mapas das Unidades de Conservação do estado do Pará. Os resultados demonstram que grande parte das áreas consideradas de alta probabilidade de ocorrência das espécies ameaçadas, não ocorrem dentro das UCs (Figura 11).



**Figura 11:** Probabilidade de ocorrência após o cruzamento modelos das espécies *B.excelsa*, *M. huberi*, *A. rosaeodora* e *D. caryophyllatum*, com os mapas das Unidades de conservação do estado do Pará.

Algumas Unidades de Uso Sustentável, principalmente no Oeste do estado contemplam áreas com alta probabilidade. Estas áreas demonstram aptidão para suportar estas espécies, e grande parte ainda não está inserida em áreas protegidas. Estudos mais aprofundados junto à especialistas se fazem necessários, para avaliar as áreas e a distribuição apresentada para as espécies.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos obtidos a partir do algoritmo Maxent apresentaram bons resultados para as análises de AUC, com valores acima 0,75, inclusive para as espécies *A. roseadora* e *D. caryophyllatum*, que já apresentam grande dificuldade para serem encontradas na natureza espécies, e por conta deste fator apresentavam poucos dados de ocorrência (SALOMÃO et al., 2009a).

Após o cruzamento dos mapas das Unidades de Conservação com os modelos das espécies, observou-se que muitas áreas com potencial de ocorrência, não estavam inseridas nas UCs, tanto no cruzamento por espécies, quanto no cruzamento geral onde todas estavam presentes. Apesar desta observação, pode-se notar que algumas áreas ocorriam dentro das UCs.

Os modelos demonstraram uma grande quantidade de áreas com potencial de ocorrência para as espécies no oeste do estado do Pará. Este fato pode ser explicado pela boa amostragem de pontos na região, obtidas a partir de inventários florestais e estudos de conservação de espécies, obtidos por meio dos trabalhos de Salomão et al. (2006, 2008, 2009a, 2009b).

Como trabalhos futuros pode-se elencar a utilização de outros algoritmos de modelagem de distribuição de espécies. Podem também serem adicionados mais estudos sobre a ocorrência das espécies, assim como, um número maior de espécies ameaçadas, podendo ampliar os resultados, respectivamente, dos modelos das espécies e da imagem do cruzamento de todos os modelos. Outra proposta poderia ficar por conta da inserção de outras áreas protegidas, tal como, terras indígenas.

## REFERÊNCIAS

- ALBERNAZ, A. L. K. M.; ÁVILA-PIRES, T. C. S. (org.). *Espécies Ameaçadas de Extinção e Áreas Críticas para Biodiversidade no Pará*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi / Conservation Internacional, 56 p. 2009.
- ALLEGRETTI, M. H. O Destino da Floresta: *Reservas Extrativistas e o Desenvolvimento Sustentável na Amazônia*. R. Arnt, Ed. Relume-Dumará, Rio de Janeiro, pp. 17-47. 1994.
- ANDERSON, R. P.; MARTÍNEZ-MEYER, E. Modeling species geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation*, 116, 167–179. 2004.
- ARRUDA, R. S. V. Populações tradicionais e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação. *Ambiente & Sociedade*. 2(5), p. 79-92. 1999.
- BOLLMANN, H. A. *Metodologia para avaliação ambiental integrada*. In: Maia, N.B.; Mattos, H. L.; Barrella, W. (org.), *Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações*. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, p. 15-46. 2001.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 5 de 21 de maio de 2004. Lista oficial de espécies ameaçadas. *Diário Oficial da União*, 28 de maio de 2004, Brasília, nº 102, Seção 1, p. 136-142. 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008. Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. *Diário Oficial da União*, 24 de setembro de 2008, Brasília, nº 185, Seção 1, p. 75-83. 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei 9.985, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. *Diário Oficial da União*, 19 de julho de 2000, Brasília, Seção 1, p. 1-31. 2000.
- CAMPANHOLA, C.; GRAZIANO, J. Desenvolvimento local e a democratização dos espaços rurais. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*. 17(1), p. 11-40. 2000.
- CLAY, J. W. *Implications for Biodiversity and Conservation*. In: *Harvesting Wild Species*, C. H. Freese, Ed. John Hopkins University Press, Baltimore and London, p. 246-282. 1997.
- CRUZ, G.L. *Dicionário das plantas úteis do Brasil*. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A., 1964. 490p.
- DE MARCO JR., P.; SIQUEIRA, M. F. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? *Megadiversidade*, v. 5, nº 1-2, p. 65-75. 2009.
- DIEGUES, A. C. S. *O mito moderno da natureza intocada*. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 169 p. 2001.
- DUCKE, A.; G. A. BLACK. *Notas sobre a fitogeografia da Amazônia brasileira*. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte, n 29: p. 1-48. 1954.
- ELITH, J.; PHILLIPS, S. J.; HASTIE, T., DUDIK, M.; CHEE, Y.; YATES, C. J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers. Distrib.*, n 17, p. 43–57. 2011.

- ELITH, J.; GRAHAM, C. H. Do they? How do they? Why do they differ? On finding reasons for differing performances of species distribution models. – *Ecography*, n 32: p. 66-77. 2009.
- FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. *Estudos Avançados*, v 19, n 53, p. 1-10. 2005.
- FIELDING, A. H.; BELL, J. F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environ. Conserv.* 24 (1), 38–49. 1997.
- FRANKLIN, J. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. *Cambridge University Press*, Cambridge, UK. 2009.
- FUNK, V. A. P. E.; BERRY, S.; ALEXANDER, T. H.; HOLLOWELL, C. L.; KELLOFF. *Checklist of the Plants of the Guiana Shield* (Venezuela: Amazonas, Bolivar, Delta Amacuro; Guyana, Surinam, French Guiana). *Contr. U.S. Natl. Herb*, n 55: p. 1–584. 2007.
- HANSEN, M.; DEFRIES, R. S.; TOWNSHEND, J. R. G.; CARROLL, M.; DIMICELI, C.; SOHLBERG, R.A. *Global Percent Tree Cover at a Spatial Resolution of 500 Meters: First Results of the MODIS Vegetation Continuous Fields Algorithm*, *Earth Interactions* 7 (10), 1-15. 2003.
- HEYWOOD, V. H.; WATSON, R. T. (eds.). *Global Biodiversity Assessment*. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom, 1140 p. 1995.
- HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. *Very high Resolution interpolated climate surfaces for global land areas*. *International Journal of Climatology*, 25: 1965-1978. 2005.
- HOMMA, A. K. O. *História da Agricultura na Amazônia: da era pré-colombiana ao terceiro milênio*. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 274p. 2003.
- HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415–427. 1957.
- IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente. *Base de unidades de conservação*. Brasília. 2011.
- IBGE - EMBRAPA - *Mapa de Solos do Brasil*: Escala 1:5.000.000. IBGE, Rio de Janeiro. 2001.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção da extração vegetal e da silvicultura 2009*. *Prod. Extr. veg. e Silvíc.*, Rio de Janeiro, v. 24, p.1-45. 2010.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. AMBDATA – Variáveis Ambientais para Modelagem de Distribuição de Espécies. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/Ambdata>>. Acessado em: 25.04.2011.
- IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais. *Red List Methodology*. 2011. Disponível em: <[http://www.iucn.org/about/union/secretariat/offices/iucnmed/iucn\\_med\\_programme/species/red\\_list/](http://www.iucn.org/about/union/secretariat/offices/iucnmed/iucn_med_programme/species/red_list/)>. Acessado em: 07.08.2011.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A. et al. Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modelling. *Divers. Distrib*, n14: p. 885-890. 2008.
- KAMINO, L. H. Y. *Modelos de Distribuição Geográfica Potencial: Aplicação com Espécies da Flora Ameaçada de Extinção da Floresta Atlântica*. Tese (Doutorado) – Instituto Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

- LORENZI, H. *Árvores Brasileiras - manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil - Vol 02 - 2. ed.* Nova Odessa, SP: Editora Plantarum. 384 p. 2002.
- LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F.; ALENCAR, J. C. *Essências madeireiras da Amazônia.* Manaus, INPA/SUFRAMA, v.1, p. 34-35; v.1, p. 62-64; v.2, p. 42-44; v.2, p. 16-18; v.2, p. 70-71. 1979.
- PARÁ. Conselho Estadual de Meio Ambiente – COEMA. Resolução n° 54, de 24 de outubro de 2007. *Lista de espécies da flora e da fauna ameaçadas no Estado do Pará.* Belém. 2007.
- PARÁ. Instituto de Desenvolvimento Florestal do Pará – IDEFLOR. Instrução Normativa n° 2, de 8 de julho de 2010. *Preços de madeira em tora, resíduos de exploração florestal e garantias a serem cobrados celebração de contratos de transição.* Belém. 2010.
- PARÁ. Secretaria de Estado e Meio Ambiente – SEMA. Decreto Estadual n° 802 de 20 de fevereiro de 2008. *Programa Estadual de Espécies Ameaçadas de Extinção - Programa Extinção Zero.* Belém. 2008.
- PARÁ. Secretaria de Estado e Meio Ambiente – SEMA. *Unidades de Conservação Federais, Estaduais e Municipais do Estado do Pará.* Belém. 2010. Disponível em: <<http://www.sema.pa.gov.br/interna.php?idconteudocoluna=4625>>. Acessado em: 15.07.2011.
- PEARSON, R. G.; AXWORTHY, C. J.; NAKAMURA, M.; PETERSON, A. T. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117. 2007.
- PERES, C.; BAIDER, A.; ZUIDEMA, C.; PIETER, A; WADT, L. H. O.; KAINER, K. A.; SILVA, D. A. P. G.; SALOMÃO, R. P.; SIMÕES, L. L.; FRANCIOSI, E. R. N.; VALVERDE, F. C.; GRIBEL, R.; SHEPARD JR., G. H.; KANASHIRO, M.; COVENTRY, P.; YU, D. W.; WATKINSON, A. R.; FRECKLETON, R. P. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science*, 302:2112-4. 2003.
- PETERS, C. M. *Sustainable Harvest of Non-timber Plant Resources in Tropical Moist Forest: An Ecological Primer.* Biodiversity Support Program, Washington, DC. 1994.
- PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E. *A maximum entropy approach to species distribution modeling.* In Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, p. 655-662, 2004.
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, v. 190/3-4, p. 231–259. 2006.
- PIO-CORRÊA, M. *Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.* Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, v.1, p. 121-122; v.2, p. 178-179; v.5, p. 6-10; v.4, p. 346; v.4, p. 224 , il. 1984.
- PROJETO SIVAM. *Relatório metodológico de trabalho.* Revisão 3. Diretoria de Geociência. Rio de Janeiro, 330 p. 2002.
- QUINET, A.; BAITELLO, J.B.; MORAES, P.L.R. de 2011. *Lauraceae* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB017928>).
- REVILLA, J. *Plantas úteis da bacia amazônica.* Manaus: INPA/SEBRAE, 2002. 2v.

- RIZZINI, C. T. *Árvores e madeiras úteis do Brasil: Manual de dendrologia brasileira*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher. 296 p. 1978.
- SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; CASTILHO, A. F.; MORAIS, K. A. C. Castanheira-do-Brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para as comunidades da Amazônia setentrional. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, 2(2):65-78. 2006.
- SALOMÃO, R. P.; FERREIRA, L. V.; SANNA, M.; MORAIS, K. A. C.; GOMES, V. H. F. *Conservação e monitoramento da vegetação e das unidades de paisagem nas áreas de mineração da alcoa, município de Juruti, estado do Pará*. Relatório Técnico. 2008. (não publicado).
- SALOMÃO, R. P.; OHASHI, S. T.; ZOGHBI, M. G. B.; ALEIXO, A. *Conservação e viabilidade de pau-rosa, pau-cravo e castanheira, e monitoramento de bandos mistos de aves em Juruti*. Museu Paraense Emílio Goeldi:Omnia Minérios:Fidesa. Relatório Técnico. 86 p. 2009(a). (não publicado).
- SALOMÃO, R. P.; FERREIRA, L. V.; SANNA, M.; MORAIS, K. A. C.; GOMES, V. H. F. *Conservação e monitoramento da vegetação e das unidades de paisagens nas áreas de mineração da Alcoa, Município de Juruti, Pará*. Relatório Técnico. 2009(b). (não publicado)
- SANT´ANNA, F. M.; RIBEIRO, W. C. *A inserção da Amazônia na política internacional: entre a cooperação horizontal e a cooperação financeira internacional*. In: 12 Encontro de Geógrafos da América Latina, Montevideu – Uruguai. 2009.
- SFB - Serviço Florestal Brasileiro & Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - IMAZON. *A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercado*. 2010.
- SUDAM. *Extrativismo do Pau-rosa*. SUDAM DOCUMENTA (documentos amazônicos). 3(1/4) p. 1-178. Out.1971/set.1972.
- TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; COSTA, C. M. R. Espécies ameaçadas e planejamento da conservação. In: Galindo-Leal, C.; Câmara, I. G. (eds.). *Mata Atlântica – biodiversidade, ameaças e perspectivas*. Fundação SOS Mata Atlântica, São Paulo e Conservação Internacional, Belo Horizonte, p. 86-94. 2005.
- VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. IBGE, Rio de Janeiro, 123 p. 1991.