



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

**PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS-BOTÂNICA
TROPICAL**



VALDENICE BARROS DA SILVA MOSCOSO

**MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE DOZE ESPÉCIES
VEGETAIS (SEIS MADEIREIRAS E SEIS PALMEIRAS) NA AMAZÔNIA, USANDO
DADOS DE COLEÇÃO E DE INVENTÁRIOS**

BELÉM-PA

2012



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

**PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS-BOTÂNICA
TROPICAL**



VALDENICE BARROS DA SILVA MOSCOSO

**MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE DOZE ESPÉCIES
VEGETAIS (SEIS MADEIREIRAS E SEIS PALMEIRAS) NA AMAZÔNIA, USANDO
DADOS DE COLEÇÃO E DE INVENTÁRIOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Botânica Tropical, para obtenção do título de **Mestre**.

Orientador(a): Dra. Ana Luisa Kerti Mangabeira Albernaz

BELÉM-PA

2012

Moscoso, Valdenice Barros da Silva

Modelagem da distribuição geográfica de doze espécies vegetais (seis madeiras e seis palmeiras) na Amazônia, usando dados de coleção e de inventários./ Valdenice Barros da Silva Moscoso; **Orientação de** Ana Luisa Kerti Mangabeira Albernaz – Belém, **2012**.

f. 65.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, com área de concentração em Botânica Tropical da Universidade Federal Rural da Amazônia em parceria com Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

1. Espécies vegetais. 2. Distribuição Geográfica - Amazônia. 3. Modelagem de nicho. 4. Madeiras. 5. Palmeiras. I. Albernaz, Ana Luisa Kerti Mangabeira, Orient. II. Universidade Federal Rural da Amazônia. III. Título.

CDD 581.9811



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

**PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS-BOTÂNICA
TROPICAL**



VALDENICE BARROS DA SILVA MOSCOSO

**MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE DOZE ESPÉCIES
VEGETAIS (SEIS MADEIREIRAS E SEIS PALMEIRAS) NA AMAZÔNIA, USANDO
DADOS DE COLEÇÃO E DE INVENTÁRIOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Botânica Tropical, para obtenção do título de **Mestre**.

Aprovado em 30 de Abril de 2012

BANCA EXAMINADORA

Dra. Ana Luisa Kerti Mangabeira Albernaz - Orientadora
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Dra. Ima Célia Guimarães Vieira – 1ª Examinadora
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Dr. Leandro Valle Ferreira – 2º Examinador
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo – 3ª Examinadora
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Dr. Mário Augusto Gonçalves Jardim - Suplente
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Ao meu esposo, MÁRCIO,

À minha filha YASMIN,

Que dispensaram os momentos de convívio para a

realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus. A confiança Nele depositada sempre me deu forças para seguir em frente.

À minha família, principalmente ao meu esposo Márcio, minha filha Yasmin pela compreensão e a minha irmã Zélia e ao meu irmão Elenildo por cuidarem da Yasmin nos momentos de ausência.

À minha orientadora Dra. Ana Luisa Albernaz não só por aceitar me orientar sem me conhecer, mas principalmente pelas suas palavras de incentivo e apoio. A sua competência e seu profissionalismo foram imprescindíveis para que este trabalho se tornasse realidade. Muito obrigada por tudo!

À Secretaria Estadual de Educação (SEDUC) pela liberação e concessão da bolsa mestrado.

Ao Diretor Colemar Pereira e a Vice-diretora Rosângela Rodrigues da Escola Lauro Sodré pelo apoio, amizade e ajuda para resolver as questões burocráticas junto a Secretaria de Educação.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi, através da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (CCTE) e Universidade Federal Rural da Amazônia através do Programa de Pós-Graduação em Botânica Tropical.

À coordenação do mestrado de Botânica Tropical, especialmente ao coordenador Dr. João Ubiratan Moreira dos Santos.

À Secretária Rosângela Rodrigues por sempre nos manter informados, não permitindo que perdêssemos os prazos.

À Dra. Rafaela Campostrini Forzza por ceder os dados do herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JABOT).

Ao Dr. Ricardo Secco por ceder os dados do Herbário João Murça Pires (MG).

À Dra. Regina Célia e a Analista Joseane Rayol por cederem os dados do Herbário do Instituto Agrônomo do Norte (IAN).

Ao corpo docente do curso de Mestrado em Botânica pelos conhecimentos transmitidos.

Aos membros da banca de avaliação da minha dissertação: Dra. Marinez Ferreira de Siqueira (Pré-banca), Dra. Ima Célia Guimarães Vieira, Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo, Dr. Leandro Valle Ferreira e Dr. Mário Augusto Gonçalves Jardim pelas sugestões.

À Dra. Narayani Barves (Universidade do Kansas) pela disponibilização do programa Partial ROC.

À amiga Leila Sheila por toda a paciência ao ensinar os primeiros passos do Arcgis e pelas inúmeras vezes que deixou o seu trabalho para tirar as minhas dúvidas.

Ao amigo Luciano Serejo pela paciência em ensinar os primeiros passos da modelagem e principalmente pela disposição em tirar as inúmeras dúvidas que iam surgindo ao longo do processo.

À amiga Daniela Barros pelo apoio em todas as fases desse trabalho, desde a ajuda com os mapas até a organização das referências. Muito obrigada!

Ao amigo Vítor Hugo Freitas pela ajuda na compilação dos dados de inventários do Projeto de Monitoramento de Florestas Primárias e Plantadas.

Aos amigos Jerriane Gomes e André Ravetta pelo apoio, ajuda na formatação do trabalho e pelos momentos de descontração.

À todos os amigos do mestrado por todos os momentos inesquecíveis durante esta fase da minha vida. Em especial a Marleide, Carol, Cristiane, Fabiane (turma do inglês) e Eduardo e Roseane sempre juntos nos trabalhos em equipe. Não poderia deixar de agradecer também as queridas amigas Eline Tainá (sempre ajudando a arrumar as apresentações), Luciana Macedo (saúde das empadas e brigadeiros) e Ana Maria pelo carinho e exemplos de determinação.

A Marilena (sogra), Ana Paula (cunhada), Ednélia (madrinha da Yasmin) por cuidarem da minha filha nos finais de semana em que precisei estudar.

À todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	08
ABSTRACT	09
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	10
1.1. Revisão de literatura	12
Referências Bibliográficas	16
MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DE DOZE ESPÉCIES VEGETAIS (SEIS MADEIREIRAS E SEIS PALMEIRAS) NA AMAZÔNIA, USANDO DADOS DE COLEÇÃO E DE INVENTÁRIOS	
Abstract	21
1. Introdução	22
2. Material e Métodos	25
2.1. Área de estudo	25
2.2. Espécies em estudo	26
2.3. Pontos de ocorrência.....	26
2.4. Modelagem	27
2.5. Variáveis ambientais	29
3. Resultados	31
3.1. Modelagem	32
3.1.1. Madeiras	32
3.1.2. Palmeiras	41
4. Discussão	50
4.1. Modelagem	50
4.2. Inventários	53
Conclusões	56
Referências Bibliográficas	57
Apêndice	65
Anexo	66

RESUMO

O conhecimento da distribuição das espécies vegetais é essencial para planejamento de manejo e conservação, principalmente, em se tratando de espécies economicamente importantes. Os dados disponíveis hoje sobre as espécies vegetais da Amazônia não revelam sua distribuição e, sim as áreas onde têm sido realizadas coletas botânicas. Essas coletas são frequentemente pontuais, principalmente próximo a grandes cidades, cidades próximas a instituições de pesquisa ou ao longo dos rios mais importantes, de modo que uma porção considerável de sua área nunca foi coletada. A consequência é que não se pode saber a distribuição real das espécies da flora Amazônica e, também muitas espécies de ocorrência restrita provavelmente ainda não foram coletadas (estimado em ca. 50.000 espécies desconhecidas). Na tentativa de preencher esta lacuna do conhecimento, a abordagem mais utilizada é a modelagem de nicho, que consiste em correlacionar dados primários de registros de espécies com as condições ambientais das áreas de ocorrência, gerando mapas com a distribuição geográfica potencial baseada na combinação de características ambientais favoráveis a cada espécie. O objetivo principal desse trabalho é avaliar a viabilidade de modelar a distribuição de seis espécies madeireiras e seis palmeiras na Amazônia, utilizando dados de coleções biológicas e de inventários disponibilizados por pesquisadores, através do algoritmo Maxent. Todos os modelos gerados apresentaram taxa de omissão extrínseca (TOE) baixa e AUC acima de 0.75. A área predita pelo modelo para as espécies madeireiras foi mais uniforme que para as palmeiras em função da maior quantidade de pontos disponíveis para modelagem. O índice de Jaccard utilizado para analisar a similaridade entre os mapas após a inserção de dados de inventários mostrou valores entre 0,41 e 0,60 para as espécies madeireiras e valores acima de 0,80 para palmeiras, com exceção de *Astrocaryum murumuru* (0.60), mostrando que houve uma diferença sutil nos mapas de ocorrência gerados, apesar da inclusão de novos registros. Os modelos de nicho associados a trabalhos de campo podem contribuir enormemente para aumentar o conhecimento sobre a atual distribuição dessas espécies. Os novos registros são importantes para se estabelecer, com um mínimo de confiabilidade, a extensão de ocorrência e a área de ocupação das espécies para subsidiar medidas de manejo e conservação.

Palavras chaves: Modelagem, Amazônia, Inventários, Herbário, Madeireiras, Palmeiras

ABSTRACT

Knowledge on the distribution of plant species is essential for planning management and conservation, especially in the case of economically important species. The data available today about plant species in the Amazon reflect more the areas where botanical collections have been conducted than their actual distribution. These collections are often ad hoc, especially near large towns or cities close to research institutions and along major rivers, so that a considerable portion of its occurrence area has never been collected. The consequence is that one can't know the actual distribution of species of Amazonian flora and also many species of restricted occurrence probably have not been collected. In attempt to fill this knowledge gap, the most widely used approach is the niche modeling, which consists of correlating the data records of species with environmental conditions in respective areas of occurrence, generating maps with the potential geographical distribution based on a combination of environmental features suitable for each species. The main objective of this study is to evaluate the feasibility of modeling the distribution of six timber species and six palm trees in the Amazon, using data from biological collections and research inventories through the Maxent algorithm. All models generated presented low extrinsic omission rate (TOE) and satisfactory AUC, above 0.75. The area predicted by the model for the timber species was more uniform than for palm trees due to the greater amount of occurrence points available for modelling. The Jaccard index used to analyze the similarity between maps after insertion of inventory data showed values between 0.41 and 0.60 to wood species and values above of 0.80 for palms, except for *A. murumuru*, showing that there was a subtle difference in the occurrence maps generated, despite the inclusion of new records. The niche models associated with field studies can contribute enormously to increase the knowledge on the current distribution of these species. The new records were important to establish, with a minimum of reliability, the extent of occurrence and area of occupancy of the species to support conservation and management measures.

Keywords: Modelling, Amazon, Inventories, Herbarium, Timber, Palm

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Na Amazônia estima-se que ocorra cerca de 400 famílias de Angiospermas, a maioria das quais inclui espécies importantes para o desenvolvimento da região, mas que estão mal representadas nos acervos dos herbários. Essa realidade já foi evidenciada para Meliaceae (MARTINS-DA-SILVA; FERREIRA, 1998) e Lecythidaceae (SANTOS et al., 2000), que fizeram levantamentos junto aos herbários IAN (Embrapa Amazônia Oriental) e MG (Museu Paraense Emilio Goeldi). HOPKINS (2007), ao analisar dados de monografias publicadas mais recentemente, verificou que existe uma forte tendência de concentração de coletas botânicas em poucos lugares, resultando em *checklists* relativamente completas em lugares mais bem coletados (especialmente perto das cidades com instituições de pesquisa), dando a impressão que estas áreas têm uma diversidade maior. No entanto, os mapas elaborados pelos autores mostram que, longe das cidades, ou das vias de comunicação, a densidade de coletas é muito baixa, chegando a ser zero em áreas de tamanho maior que muitos países europeus.

Até em unidades de conservação já estabelecidas faltam dados científicos sobre as espécies que ocorrem nesses locais, prejudicando a identificação das espécies devido ao reduzido número de coletas de material botânico depositado nos acervos dos herbários. Assim, a maioria das espécies tem sua distribuição geográfica representada por poucos pontos de amostragem e o georreferenciamento, principalmente dos dados históricos disponíveis nas coleções biológicas, é impreciso (SIQUEIRA, 2005). A consequência é que não se pode saber a distribuição real de muitas das espécies da flora amazônica e, também muitas espécies de ocorrência restrita provavelmente ainda não foram coletadas, havendo estimativas da ordem de 50.000 espécies desconhecidas (HOPKINS, 2007).

O conhecimento das plantas poderia ser bem maior que em qualquer outro grupo devido a sua longevidade e facilidade de serem coletadas e tratadas. Entretanto, ainda existem várias dificuldades para se realizar a identificação das espécies devido a problemas de acesso às copas e dificuldades relacionadas à fenologia, uma vez que algumas árvores podem florescer uma vez a cada cinco ou mais anos (HOPKINS, 2007), e para muitas espécies apenas o material fértil é incorporado às coleções por fornecer identificações mais confiáveis.

Espécies de interesse econômico geralmente são identificadas pelo nome vernacular, pois o método usual de inventário florestal conta com o conhecimento empírico de nativos conhecedores da área (PROCÓPIO, 2008). O uso do nome vernacular nos inventários florestais dificulta o conhecimento acerca da verdadeira ocorrência geográfica das espécies, pois existe grande variação dos nomes associados a algumas espécies, que mudam conforme a

região, a cultura ou ao uso na comercialização (MARTINS-DA-SILVA, 2002). Há espécies que chegam a ter até dez nomes vernaculares e existe ainda a relação de diversos nomes vernaculares para um mesmo táxon (CAMARGOS et al., 2001; MARTINS-DA-SILVA, 2002). KANASHIRO (2002), afirma que por serem semelhantes a olhos não-treinados, essas espécies podem ser confundidas e exploradas de forma desordenada e não sustentável, e afirma também que a distinção das espécies de forma clara e didática é necessária para minimizar prejuízos econômicos e colaborar para a manutenção da biodiversidade.

Na tentativa de contribuir para melhorar o conhecimento acerca da distribuição das espécies, a abordagem mais utilizada tem sido a modelagem de nicho, que consiste em correlacionar dados primários de registros de espécies com as condições ambientais das áreas de ocorrência, gerando mapas com a distribuição geográfica potencial baseada na combinação de características ambientais favoráveis a cada espécie. A modelagem de nicho teoricamente possibilita caracterizar distribuições geográficas com base em conjuntos de dados que muitas vezes são incompletos, abrangem áreas restritas, ou que não correspondem a área total de distribuição da espécie, e heterogêneos quanto ao nível de precisão de referenciamento geográfico, como os dados disponíveis em herbários e em publicações, principalmente os dados mais antigos, levantados antes do uso do GPS (Sistema de Posicionamento Global) nos trabalhos de campo (SIQUEIRA, 2005).

Neste estudo, utilizou-se a modelagem de nicho ecológico para obter a distribuição geográfica de seis espécies madeireiras: *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), *Hymenolobium excelsum* Ducke (Fabaceae), *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier (Sapotaceae), *Mezilaurus itauba* (Meissn.) Taubert ex Mez (Lauraceae), *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae) e *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) e seis palmeiras: *Astrocaryum aculeatum* G. Mey., *Astrocaryum murumuru* Mart., *Attalea maripa* (Aubl.) Mart., *Euterpe oleracea* Mart, *Mauritia flexuosa* L. e *Oenocarpus bacaba* Mart.

As espécies foram selecionadas por serem de identificação relativamente confiável, em função da importância econômica que possuem. No entanto, mesmo sendo espécies mais conhecidas, o número de registros nas coleções é irregular e incompleto. Um conhecimento maior da distribuição dessas espécies pode ser de extrema importância para aprimorar planos de conservação, de manejo e de valoração da floresta em pé.

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

O número de espécies de plantas conhecidas no mundo, ou seja, de espécies formalmente descritas e documentadas por espécimes em coleções biológicas é estimado em 264 a 279 mil (PEIXOTO; MORIM, 2003). Acredita-se que mais de 90% das espécies de Angiospermas já estejam descritas, mas a grande maioria delas continua praticamente desconhecida (Heywood, 2001) e boa parte da flora tropical permanece subamostrada (e.g. PRANCE et al., 2000).

Assim, diferente do que acontece com grupos relativamente bem conhecidos, como aves e mamíferos, cujo número de espécies pode ser considerado estável (DIAMOND, 1985; MAY, 1986), as estimativas para o número de espécies de fanerógamas ainda podem variar consideravelmente. Baseados em extrapolações a partir da taxa média de sinônimos em determinados grupos, Govaerts (2001) e Scotland e Wortley (2003) chegaram a números discrepantes: 422.127 e 223.300 espécies, respectivamente. WILSON (1988) havia sugerido a existência de cerca de 290.000 espécies vegetais, sendo 248.500 só de angiospermas. Entre 130.000 e 155.000 dessas espécies são tropicais e quase a metade delas estará ameaçada nas próximas décadas, uma proporção bem maior do que os 10% estimados para a flora temperada (PRANCE, 1977; RAVEN, 1987). Os Neotrópicos, com 15,8 milhões de km², incluem seis dos 17 países considerados megadiversos (MITTERMEIER et al., 1997) e cerca de 90.000 espécies de angiospermas (PRANCE; CAMPBELL, 1988), sendo 85.000 só na América do Sul (GROOMBRIDGE, 1992).

Entre 1945 e 1985 houve um aumento no ritmo de coletas na Amazônia, graças ao trabalho de botânicos como Adolph Ducke, João Murça Pires, Black e Prance, mas esse ritmo decaiu muito nas últimas décadas, chegando a quase zero no início dos anos 2000. Além disso, há uma tendência em se concentrar coletas e recursos em áreas relativamente bem conhecidas, principalmente devido à dificuldade de acesso e aos custos elevados (NELSON et al., 1990; HOPKINS, 2007; SCHULMAN et al., 2007).

No Brasil, a densidade média de coleta é de 0,62 espécime por km². Este valor é muito baixo quando comparado a valores estimados para alguns países de alta diversidade na América Latina, como México e Colômbia. Em 1990, o COL detinha 330 mil exemplares e o Mexu 550 mil, o crescimento correspondendo a 153% e 197%, respectivamente, enquanto o herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RB) é apontado como tendo um crescimento de 81%. As regiões sudeste e sul concentram os maiores quantitativos de herbários e densidades de coleta. A região Norte, com a maior área territorial do país, é aquela que

concentra o maior contingente de terras cobertas por ecossistemas naturais, e a que apresenta os menores índices de coleta e a menor quantidade de herbários (PEIXOTO; MORIM, 2003).

Floristicamente, a Amazônia brasileira é especialmente subamostrada, possuindo uma intensidade de coletas menor que nos países vizinhos. Suas coletas estão concentradas basicamente nas proximidades de grandes cidades, como Manaus e São Gabriel da Cachoeira, estendendo-se pelas principais rotas de acesso ao longo dos rios mais importantes, de modo que uma porção considerável de sua área nunca foi coletada (SCHULMAN et al., 2007).

Dados sobre a diversidade vegetal da Amazônia podem ser conseguidos através de inventários, *checklists* e floras, amostras em herbários e literatura taxonômica. Entretanto, os dados disponíveis nos herbários têm seu uso limitado por falta de especialistas na região (identificação duvidosa), poucas amostras por espécie (MARTINS-DA-SILVA; FERREIRA, 1998; SANTOS et al., 2000) e, amostras não georreferenciadas. Dados oriundos de inventários florísticos de cunho ecológico em geral são de uso limitado pela variedade de metodologias aplicadas, principalmente em relação ao tamanho e forma das parcelas e do critério de inclusão dos espécimes na amostragem (NELSON; OLIVEIRA, 2001).

Nos anos 70, o Projeto RADAMBRASIL elaborou o maior inventário da Amazônia brasileira investigando cerca de 2000 hectares, incluindo na amostragem todas as árvores com circunferência a altura do peito (CAP) maior ou igual a 100 cm ($DAP \geq 32$ cm). Contudo, estes dados foram apresentados em relatórios separados (RADAMBRASIL, 1968-1978) e somente na década de 90 uma síntese de parte dos resultados foi apresentada (ROLLET, 1993). Esta compilação levou em conta os dados referentes às regiões de Boa Vista, Manaus e Purus (vols: 8, 17 e 18 RADAMBRASIL) que abrangem uma área de aproximadamente 840 mil km² com cerca de 74% de áreas florestadas. Os 612 hectares analisados apresentavam 558 espécies. Recentemente os dados de levantamentos de aproximadamente 3000 localidades foram digitalizados e disponibilizados para a comunidade acadêmica (ftp://geofp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/banco_dados_georeferenciado_recursos_naturais/albers/amazonia_legal/vegetacao/), dando início a uma série de novas análises e interpretações a respeito dos padrões de distribuição da flora da região (TER STEEGE et al., 2006, EMILIO et al., 2010).

Outros inventários, mais esporádicos, vêm sendo conduzidos em diversos projetos de pesquisa por pesquisadores de instituições científicas, mas esses dados raramente são utilizados para aprimorar o conhecimento da biogeografia das espécies. As principais

dificuldades na utilização de dados de inventários é que nem sempre os dados estão amplamente disponibilizados, como os de coleções, e nem sempre as espécies foram registradas em fases férteis; assim, a identificação a nível específico com pouca margem de dúvida é possível apenas para um número limitado de espécies. Além disso, dados oriundos de inventários florísticos de cunho ecológico em geral são de uso limitado pela variedade de metodologias aplicadas, principalmente em relação ao tamanho e forma das parcelas e do critério de inclusão dos espécimes na amostragem (NELSON; OLIVEIRA, 2001). Dados vindos de inventários comerciais, apesar de seguirem uma metodologia padrão (de acordo com a Legislação Ambiental específica) quanto aos tamanhos e formas das parcelas seu uso é limitado, por não existir uma padronização entre a nomenclatura vulgar das plantas adotada no campo pelo identificador com aquela conferida pelo técnico responsável pelo inventário posteriormente no escritório tornando essas informações inviáveis para estudos científicos (FERREIRA, 2009).

Essa lacuna de informações dificulta a aplicação de ações conservacionistas, pois estas ficam limitadas à conservação da espécie de interesse apenas em áreas onde ela já tenha sido registrada. Como a área de distribuição real da espécie de interesse pode estar subestimada devido ao baixo esforço de coleta; expedições ou projetos com objetivo específico de procurar aleatoriamente novas populações possuem baixa taxa de sucesso (BARRETO, 2009).

Os 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 a distribuição destas espécies (GUISAN; ZIMMERMANN, 2000). Esses modelos diferem entre si em relação à sua natureza matemática ou família estatística, mas apresentam um ponto em comum: utilizando pontos de ocorrência, conseguem, com diversas formas de inter cruzamento com dados ambientais, prever áreas geográficas com maior grau de adequabilidade ambiental à presença da mesma. Outro ponto em comum aos modelos é a tentativa de representar parcialmente o nicho fundamental da espécie, excluindo desse as interações, fatores históricos, entre outros (SOBERÓN; PETERSON, 2005). Assim, trabalha-se na maioria das vezes com o nicho Grinneliano, que não inclui interações ou recursos, e abrange variáveis, conjunto de componentes abióticos de ampla escala, que permite a existência das espécies (SOBERÓN, 2007).

Nos últimos anos, várias técnicas de modelagem de nicho têm sido utilizadas (FUNK et al., 1999; GUISAN; ZIMMERMANN, 2000; TER STEEGE et al., 2000) para a obtenção

da distribuição geográfica potencial de espécies com diferentes objetivos. Estes algoritmos têm sido amplamente utilizados para estimar áreas que a espécie não foi registrada, mas sua presença é provável. Dependendo do algoritmo aplicado, podem ser utilizados apenas dados de presença ou dados de presença e ausência da espécie. Os modelos baseados apenas em dados de presença, embora sejam considerados menos eficientes por alguns autores (GRAHAM et al., 2004; HUETTMANN, 2005; SOBERÓN; PETERSON, 2005; HIJMANS et al. 2000; REESE et al., 2005) são mais facilmente obtidos, seja em revisões taxonômicas ou em coleções científicas, já que em geral não são registrados os locais onde a espécie não foi encontrada. Na maioria dos modelos de nicho, busca-se evidenciar áreas potenciais de ocorrência dessas espécies com base nas condições ambientais semelhantes às das áreas em que as espécies já foram registradas (SIQUEIRA, 2005).

Os estudos de modelagem geralmente privilegiam espécies de ampla distribuição geográfica, tendo em vista a maior quantidade de dados disponíveis (ANDERSON et al., 2002; SIQUEIRA; DURIGAN, 2007; PETERSON et al., 2008). Com o avanço da informática e da disponibilização de uma variedade de dados espaciais em diversas resoluções e de bancos de dados de coleções científicas pela internet, é crescente a realização de estudo que modelam espécies raras, endêmicas e ameaçadas de extinção (RAXWORTHY et al., 2003; GUIBAN et al., 2006; PAPES, 2006; GIOVANELLI et al., 2008; SIQUEIRA et al., 2009; WILLIAMS et al., 2009).

Tanto os trabalhos com modelagem para espécies de ampla distribuição como para espécies raras, endêmicas e ameaçadas indicam que os resultados podem direcionar trabalhos de campos a regiões desconhecidas ou pouco exploradas, evitando coletas em áreas bem amostradas ou com baixo potencial de ocorrência da espécie, racionalizando o uso do tempo e dos recursos financeiros.

Referências Bibliográficas

ANDERSON, R. P.; GÓMEZ-LAVERDE, M.; PETERSON, A. T. Geographical distributions of spiny pocket mice in South America: insights from predictive models. **Global Ecology & Biogeography**, v. 11, p. 131-141, 2002.

CAMARGOS, J. A. et al. **Catálogo de árvores do Brasil**. Brasília: IBAMA, 2001. 896 p.

DIAMOND, J. M. How many unknown species are yet to be described? **Nature**, v. 315, p. 538-538, 1985.

EMILIO, T. et al. Assessing the relationship between forest types and canopy tree beta diversity in Amazonia. **Ecography**, v. 33 p. 738-747, 2010.

FERREIRA, G. C. Modelagem **ambiental de espécies de árvores no Vale do Jari, Monte Dourado, Pará usando dados de inventário florestal**. 2009.204 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro.

FUNK, V. A.; ZERMOGLIO, M. F.; NAZIR, N. Testing the use of specimen collection data and gis in biodiversity exploration and conservation decision making in Guyana. **Biodiversity and conservation**, v. 8, p. 727-751, 1999.

GIOVANELLI, J. G. R. et al. Modelagem do nicho ecológico de Phyllomedusa ayeaye (Anura: Hylidae): previsão de novas áreas de ocorrência para uma espécie rara. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 3, p. 59-65, 2008.

GOVAERTS, R. How many species of seed plants are there? **Taxon**, v. 50, p. 1085-1090, 2001.

GRAHAM, C. H. et al. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 19, p. 497-503, 2004.

GROOMBRIDGE, B. (Ed.). **Global biodiversity: Status of the earth's living resources**. London: Chapman & Hall, 1992. 585 p.

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

GUISAN, A. et al. Using niche-based models to improve the sampling of rare species. **Conservation biology**, v. 20, p. 501-511, 2006.

HEYWOOD, V. Floristic and monography – an uncertain future? **Taxon**, v. 50, p. 361-380, 2001.

HIJMANS, R. J. et al. Assessing the geographic representativeness of genebank collections: the case of Bolivian wild potatoes. **Conservation Biology**, v. 14, p. 1755-1765, 2000.

HOPKINS, M. J. G. Modelling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon Basin. **Journal of Biogeography**, v. 34, p. 1317-1328, 2007.

HUETTMANN, F. Databases and Science-Based Management in the Context of wildlife and habitat: Toward a certified ISO standard for objective decision-making for the global community by using the internet. **Wildlife Management**, v. 69, p. 466-472, 2005.

KANASHIRO, M. As Diferenças entre as Árvores. São Paulo: FAPESP, 2002. 33 p.

MAY, R. M. How many species are there? **Nature**, v. 324, p. 514-515, 1986.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; FERREIRA, G. C. **Acervo do Herbário IAN 1: Meliaceae e Ventenat**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. 58p.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V. **Coleta e Identificação de Espécimes Botânicos**. Belém: EMBRAPA, 2002. 40 p.

MITTERMEIER, R. A., P. ROBLES-GIL; MITTERMEIER, C. G. **Megadiversity**: Earth's biological wealthiest nations. Mexico: Agrupacion Sierra Madre, 504 p. 1997.

NELSON, B. W. et al. Endemism centres, refugia and botanical collection density in Brazilian Amazonia. **Nature**, v. 345, n. 6277, p. 714-716. 1990.

NELSON, B. W.; OLIVEIRA, A. A. Área botânica. In: CAPOBIANCO J. P. R.; VERÍSSIMO A.; MOREIRA A.; SAWYER D.; SANTOS I. dos; PINTO L. P. (Orgs.). **Biodiversidade da Amazônia Brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios**. São Paulo: Estação Liberdade/Instituto Socioambiental, 2001. p. 132-176.

PAPES, M. 2006. Ecological niche modeling approaches to conservation of endangered and threatened birds in Central and Eastern Europe. *Biodiversity Informatics* 4, 14-26.

PEIXOTO, A. L.; MORIM, M. P. Coleções botânicas: documentação da biodiversidade brasileira. **Ciência e Cultura**, v. 55, p. 21-24, 2003.

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.

PRANCE, G. T. Floristic inventory of the tropics: where do we stand? **Missouri Botanical Garden**, v. 64, p. 659-685, 1977.

PRANCE, G. T.; CAMPBELL, D. G. The present state of tropical floristics. **Taxon**, v. 37, p. 519-548, 1988.

PRANCE, G. T. et al. The tropical flora remains undercollected. **Missouri Botanical Garden**, v. 87, p. 67-71, 2000.

PROCÓPIO, L. C.; SECCO, R. D. S. A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do “tauari” (*Couratari* spp. e *Cariniana* spp. – *Lecythidaceae*) em duas áreas manejadas no estado do Pará. **Acta Amazônica**, v. 38, p. 31-34, 2008.

RAVEN, P. H. The scope of the plant conservation problem worldwide. In: BRAMWELL, D. et al. (Ed.). **Botanic gardens and the world conservation strategy**. London: Academic Press, p. 155-179. 1987.

RAXWORTHY, C. J. et al. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. **Nature**, v. 426, p. 837-841, 2003.

REESE, G. C. et al. Factors affecting species distribution predictions: A simulation modeling experiment. **Ecological Applications**, v. 15, p. 554-564, 2005.

ROLLET, B. Tree populations in natural tropical rain forest. **Bois et Forest des Tropiques**, v. 236, p. 43-55, 1993.

SANTOS, K. A. J.; FERREIRA, G. C.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V. **Acervo do herbário IAN 2: Lecythidaceae e Poiteau**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 2000. 190 p.

SCOTLAND, R. W.; WORTLEY, A. H. How many species of seed plants are there? **Taxon**, v. 52, p. 101-104, 2003.

SCHULMAN, L.; TOIVONEN, T.; RUOKOLAINEN, K. Analysing botanical collecting effort in Amazonia and correcting for it in species range estimation. **Journal of Biogeography**, v. 34, p. 1388-1399, 2007.

SIQUEIRA, M. F. **Uso de modelagem de nicho fundamental na avaliação do padrão de distribuição geográfica de espécies vegetais**. 119 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo. 2005

SIQUEIRA, M. F.; DURIGAN, G. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, p 233-243, 2007.

SIQUEIRA, M. F.; DURIGAN, G., DE MARCO JR., P.; PETERSON, A. T. Something from nothing: Using landscape similarity and ecological niche modeling to find rare plant species. **Journal for Nature Conservation**, v. 17, p. 25-32, 2009.

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. **Ecological Letters**, v. 10, p. 1115-1123, 2007.

TER STEEGE, H. et al. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. **Journal of Tropical Ecology**, v. 16, p. 801-828, 2000.

TER STEEGE, H. et al. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. **Nature**, v. 443, p. 444-447, 2006

WILLIAMS, J. N. et al. Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. **Diversity and Distributions**, v. 15, p. 565-576, 2009.

WILSON, E. O. **Biodiversity**. Washington: National Academy of Science, 538 p. 1988.

MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DE DOZE ESPÉCIES VEGETAIS (SEIS MADEIREIRAS E SEIS PALMEIRAS) NA AMAZÔNIA, USANDO DADOS DE COLEÇÃO E DE INVENTÁRIOS

Valdenice Moscoso¹, Ana Luisa Albernaz^{1,2}, Rafael de Paiva Salomão³

- 1. Curso de Pós-Graduação em Botânica Tropical, Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emilio Goeldi**
- 2. Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia, Museu Paraense Emilio Goeldi**
- 3. Coordenação de Botânica, Museu Paraense Emilio Goeldi**

ABSTRACT

Knowledge on the distribution of plant species is essential for planning management and conservation, especially in the case of economically important species. The data available today about plant species in the Amazon reflect more the areas where botanical collections have been conducted than their actual distribution. These collections are often ad hoc, especially near large towns or cities close to research institutions and along major rivers, so that a considerable portion the occurrence area of the species has never been collected. The consequence is that one can't know the actual distribution of species of Amazonian flora and many species of restricted occurrence probably have never been collected. In attempt to fill this knowledge gap, the most widely used approach is niche modeling, which consists of correlating the data records of species with environmental conditions in respective areas of occurrence, generating maps with the potential geographical distribution based on a combination of environmental features suitable for each species. The main objective of this study is to evaluate the feasibility of modeling the distribution of six timber species and six palm trees in the Amazon, using data from biological collections and the contribution of data from research inventories to improve the models. Modeling was made through the Maxent algorithm. All models generated presented low extrinsic omission rate (TOE) and satisfactory AUC, above 0.75. The area predicted by the model for the timber species was more uniform than for palm trees due to the greater amount of occurrence points available for modelling, most of the originated from the RADAM inventories. After including data from other research projects, the Jaccard index used to analyze the similarity between maps showed values between 0.41 and 0.60 for wood species and values above of 0.80 for palms, except for *A. murumuru*, showing that there was a subtle difference in the occurrence maps generated for most species, despite the inclusion of new records, because most research inventories are distributed over a small spatial scale and on areas already sampled. The niche models associated with field studies can contribute enormously to increase the knowledge on the current distribution of these species, especially if inventories are distributed over wide areas. The inventory records were important to establish, with a minimum of reliability, the extent of occurrence and area of occupancy of the species to support conservation and management measures.

Keywords: Modelling, Amazon, Inventories, Herbarium, Timber, Palm

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da distribuição geográfica de espécies é fundamental para planejamento de ações de manejo, conservação (Ferrier, 2002; Funk and Richardson, 2002; Rushton et al., 2004), e para entender os determinantes ecológicos e evolutivos dos padrões espaciais da biodiversidade (Graham et al., 2006; Ricklefs, 2004). Entretanto, conhecer a distribuição das espécies ainda constitui um desafio, uma vez que essa distribuição é representada por poucos registros de ocorrência, que efetivamente reflete apenas pontos sobre mapas (Peterson, 2006). Esse conhecimento torna-se mais restrito quando se trata de espécies vegetais, pois há várias dificuldades para se realizar a identificação das espécies, tais como, acesso às copas e a fase fenológica, uma vez que algumas árvores podem florescer a cada cinco ou mais anos (Hopkins, 2007), e apenas o material fértil incorporado às coleções biológicas fornece identificações confiáveis.

Acredita-se que mais de 90% das espécies de Angiospermas já estejam descritas, mas a grande maioria delas continua praticamente desconhecida (Heywood, 2001) e boa parte da flora tropical permanece subamostrada (Prance et al., 2000). A distribuição geográfica da maior parte das espécies de plantas tropicais ainda não é bem caracterizada, e em geral, são poucas as espécies para as quais há informação disponível em escala regional (Siqueira, 2005).

A Amazônia é uma das regiões menos conhecida floristicamente. Grandes lacunas nas áreas de coleta e o número relativamente pequeno de registros disponíveis em herbários impedem o mapeamento preciso da distribuição de muitas espécies de plantas e uma melhor compreensão dos seus padrões de distribuição. Isso torna difícil a identificação das regiões de interesse para a conservação e quais as condições mais favoráveis ao manejo das espécies vegetais.

Nelson et al. (1990), utilizando dados de coleções mostraram que para o gênero *Inga* o número de coletas foi concentrado em algumas áreas, perto de cidades ou institutos de pesquisa. Schulman et al. (2007), novamente usando dados de herbário para analisar a distribuição do esforço de coleta, revelaram que esta situação não mudou nos últimos 15 anos, e que grande parte da Bacia Amazônica não mostra evidências de ter sido botanicamente explorada. Existe uma forte tendência de concentração de coletas botânicas em poucos lugares, resultando em *checklists* relativamente completos apenas para alguns lugares mais bem coletados (especialmente perto das cidades com instituições de pesquisa), dando a impressão que estas áreas têm um maior número de espécies (Hopkins, 2007).

Na Amazônia brasileira, os três maiores herbários somam aproximadamente 594.000 coleções no total, sendo 175.000 amostras depositadas no Instituto Agrônomo do Norte (IAN) (www.cpatu.embrapa.br), 237.000 no herbário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) (<http://brahms.inpa.gov.br>) e 181.705 no herbário MG do Museu Paraense Emílio Goeldi (<http://marte.museu-goeldi.br/herbario>), dando uma densidade total de coleta para a área de cerca de um espécime por km². Mesmo espécies importantes para o desenvolvimento da região estão mal representadas nos acervos dos herbários, como já foi evidenciado para Meliaceae (Martins-da-Silva and Ferreira, 1998) e Lecythidaceae (Santos et al., 2000), com base na análise de dados encontrados nos herbários IAN (Embrapa Amazônia Oriental) e MG (Museu Paraense Emílio Goeldi).

Na década de 70, foi realizado o maior inventário da Amazônia brasileira, o Projeto RADAMBRASIL, no qual foram amostrados cerca de 2.000 hectares e incluídas na amostragem todas as árvores com circunferência a altura do peito (CAP) maior ou igual a 100 cm (DAP \geq 32 cm). Recentemente, os dados de levantamentos de aproximadamente 3000 localidades foram digitalizados e disponibilizados para a comunidade acadêmica (ftp://geofp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/banco_dados_georeferenciado_recursos_naturais/albers/amazonia_legal/vegetacao/), dando início a uma série de novas análises e interpretações a respeito dos padrões de distribuição da flora da região (ter Steege et al., 2006, Emilio et al., 2010). Outros inventários, mais esporádicos, vêm sendo conduzidos em diversos projetos de instituições científicas, mas esses dados raramente são utilizados para aprimorar o conhecimento da biogeografia das espécies.

As principais dificuldades na utilização de dados de inventários é que nem sempre os dados estão amplamente disponibilizados, como os de coleções, e nem sempre as espécies foram registradas em fases férteis; assim, a identificação a nível específico com pouca margem de dúvida é possível apenas para um número limitado de espécies. No entanto, para as espécies em que a identificação é relativamente confiável, os dados de inventários podem representar um aporte de dados importante para a melhoria dos conhecimentos acerca da distribuição das espécies.

Nos últimos anos a abordagem mais utilizada para contribuir para o aprimoramento do conhecimento da distribuição das espécies tem sido a modelagem de nicho, que consiste em correlacionar dados primários de registros de espécies com as condições ambientais das áreas de ocorrência, gerando mapas com a distribuição geográfica potencial baseada na combinação de características ambientais favoráveis a cada espécie. Nos últimos anos, várias técnicas de

modelagem de nicho têm sido utilizadas (Funk et al., 1999; Guisan and Zimmermann 2000; ter Steege et al., 2000) para a obtenção da distribuição geográfica potencial de espécies, com diferentes objetivos. Estes algoritmos têm sido amplamente utilizados para estimar áreas em que a espécie não foi registrada, mas sua presença é provável. Dependendo do algoritmo aplicado, podem ser utilizados apenas dados de presença ou dados de presença e ausência da espécie. Os modelos baseados apenas em dados de presença, embora sejam considerados menos eficientes por alguns autores (Graham et al., 2004; Huettmann, 2005; Soberón and Peterson 2005; Hijmans et al., 2000; Reese et al., 2005) são mais facilmente obtidos, seja em revisões taxonômicas ou em coleções científicas, em que muitas vezes não são registrados os locais onde a espécie não foi encontrada. Dados de presença e ausência só podem ser obtidos a partir de estudos de campo, mas esses têm uma disponibilidade de uso bem mais restrita.

Espécies de interesse econômico, como as madeiras e as palmeiras, estão entre as primeiras a terem seus estoques diminuídos quando não se define estratégias adequadas para a sua conservação e manejo. A retirada de madeiras na Amazônia é altamente seletiva, com algumas espécies, que possuem maior valor comercial, sendo mais intensivamente exploradas (Uhl and Viera, 1991; Kitamura, 1994; Barros and Veríssimo, 1996; Lisboa, 1989). Embora essas espécies possam atingir altas densidades em algumas áreas, se sua distribuição for muito restrita pode haver dificuldade na reposição dos estoques ou na busca de matrizes com características genéticas distintas, que poderiam ser importantes para o manejo. Já as palmeiras constituem um grupo de plantas de múltiplos usos, podendo ser utilizadas para a alimentação (frutos e palmitos), para a produção de óleos alimentares e combustíveis, para a obtenção de sementes e fibras usados em artesanatos, ou no uso de folhas (palhas) para a cobertura de casas. Embora para as palmeiras o uso possa afetar todo o indivíduo (como a extração de palmitos), parte dele (retirada de folhas e fibras), ou envolver apenas a coleta de frutos e sementes, um melhor conhecimento da distribuição dessas espécies ajudaria a traçar estratégias para seu manejo, incluindo a avaliação do potencial de exploração comercial.

Neste estudo, buscamos avaliar a viabilidade de modelar a distribuição de seis espécies madeiras *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), *Hymenolobium excelsum* Ducke (Fabaceae), *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier (Sapotaceae), *Mezilaurus itauba* (Meissn.) Taubert ex Mez (Lauraceae), *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae) e *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) e seis palmeiras: *Astrocaryum aculeatum* G. Mey., *Astrocaryum murumuru* Mart., *Attalea maripa* (Aubl.) Mart., *Euterpe oleracea* Mart., *Mauritia flexuosa* L. e *Oenocarpus bacaba* Mart. na Amazônia, utilizando

dados de coleções biológicas, do inventário do Radam e de inventários realizados em projetos de pesquisa.

As espécies foram selecionadas por serem de identificação relativamente confiável e em função da importância econômica que apresentam. No entanto, mesmo sendo espécies supostamente mais conhecidas, o número de registros nas coleções é irregular.

De acordo com o exposto, os principais objetivos desse estudo são: (1) localizar as prováveis áreas de ocorrência das espécies nos espaços físico e geográfico, (2) analisar se os resultados estão de acordo com os conhecimentos empíricos sobre as espécies em estudo, (3) analisar se o aporte de dados de inventários pode trazer uma contribuição importante para a modelagem e (4) propor estratégias de inventários mais efetivas para acelerar os conhecimentos da distribuição dessas e de outras espécies de interesse econômico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A Amazônia cobre uma área de aproximadamente 7,5 milhões de km² da América do Sul, indo de 4°N a 18°S e de 42° a 79°W. Aproximadamente 4,9 milhões de Km² (67,79%) estão no Brasil, 956.751 Km² no Peru (13,02%), 824.000 Km² na Bolívia (11,2%), 406.000 Km² na Colômbia (5,52%), 123.000 Km² no Equador (1,67%), 53.000 mil Km² na Venezuela (0,72%) e 5.370 km² nas Guianas (0,08%) (CABS/CI, 2000).

O clima é quente e úmido, com temperatura média anual de 26,6° C (Ribeiro and Adis, 1984). A precipitação anual total varia de 3.000 mm na parte Oeste a 1.500 mm no Centro-Leste. Localmente, o total pode alcançar de 5.000 a 6.000 mm em áreas limitadas próximas aos Andes na Colômbia, Equador e Peru e há áreas no sudeste onde a média total pode chegar a menos de 1.500 mm (Nobre, 1984; Salati and Marques, 1984; Salati, 1985). O clima é distribuído de maneira a caracterizar duas estações: a seca e a chuvosa. Devido às precipitações e temperaturas elevadas, os solos sofrem alterações em seu material de origem (minerais) e lixiviação em suas bases, tornando-se profundos e bem drenados, apresentando coloração vermelha ou amarela, e sendo predominantemente pouco férteis e ácidos. De maneira geral, os solos na Amazônia têm uma forte relação com a topografia, estando os solos mais argilosos no platô, os mais arenosos nos fundos de vales e solos intermediários nas áreas com declives (Chauvel et al., 1993). O relevo apresenta poucas áreas com altitudes acima de 200 metros, porém na fronteira do Brasil com a Venezuela localiza-se o ponto culminante do país, o Pico da Neblina, com 3.014 metros. A floresta é a vegetação predominante, entretanto,

a região inclui áreas de savanas, campinaranas e outros tipos de vegetação que tornam a região bastante complexa.

2.2. Espécies em estudo

Foram selecionadas seis espécies madeireiras e seis palmeiras. De acordo com a avaliação da IUCN, três dessas espécies estão classificadas como vulneráveis (*C. odorata*, *M. itauba* e *S. macrophylla*). Estas espécies estão entre as de maior valor comercial da região. Todas as espécies madeireiras incluídas estão classificadas na categoria vulnerável na lista de espécies da flora ameaçada do Estado do Pará, que segue os critérios de avaliação da IUCN (União Internacional para Conservação da Natureza) para avaliar o grau de ameaça, pressão e risco de desaparecimento das espécies. Não são disponíveis listas de espécies ameaçadas em escala local para outras partes da região.

As palmeiras incluídas no estudo não estão na lista de espécies ameaçadas, mas têm grande importância econômica e cultural na Amazônia. Entre as espécies escolhidas, o açaí (*E. oleracea*), o buriti (*M. flexuosa*), a bacaba (*O. bacaba*) e o tucumã (*A. aculeatum*), são utilizadas na alimentação, o murumuru (*A. murumuru*) como fonte de óleo vegetal, o açaí e tucumã têm as sementes utilizadas em artesanatos, e o buriti e o inajá (*A. maripa*) têm suas palhas utilizadas na cobertura de casas. Buriti e açaí estão ainda sendo utilizados na produção de cosméticos em escala industrial.

2.3. Pontos de ocorrência

Os pontos de ocorrência das espécies foram compilados a partir das coleções dos herbários João Murça Pires (MG- Museu Paraense Emílio Goeldi), Instituto Agrônomo do Norte (IAN- Embrapa Amazônia Oriental) e Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JABOT), além das bases de dados digitais das redes Specieslink, MOBOT (Missouri Botanical Garden) e GBIF (Global Biodiversity Information Facility). Para garantir maior confiabilidade dos dados, foram selecionadas apenas as coordenadas originais, excluindo as derivadas. Esse procedimento fez com que a maioria dos registros utilizados fossem mais recentes, tomados a partir da década de 80, quando as coordenadas já eram obtidas com uso de equipamentos de GPS. Foi realizada uma pré-seleção do montante de pontos de ocorrência, excluindo aqueles com identificação duvidosa.

Os dados de inventários utilizados foram obtidos a partir do banco de dados do Projeto RADAMBRASIL e de projetos de pesquisa coordenados pelos autores (ALA e RS), os quais incluem os dados do Projeto de Monitoramento de Florestas Primárias e Plantadas (Altamira,

Juruti e Porto Trombetas), Projeto Integrado MCT-EMBRAPA PIME (BR-163) e do Projeto “Subsídios ao Planejamento de áreas protegidas nas várzeas do Rio Madeira”.

Todas as coordenadas obtidas foram transformadas em graus decimais e para cada espécie foi produzido um arquivo *.csv onde constava o nome da espécie e as coordenadas (latitude e longitude) de localização dos seus indivíduos.

2.4. Modelagem

O algoritmo utilizado para a modelagem foi o Maxent 3.3.0 (Phillips et al., 2004 and Phillips et al., 2006). Trata-se de um método para realizar 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), submetidas a um conjunto de restrições que representam a informação incompleta sobre a distribuição alvo.

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, trabalha apenas com dados de presença, o que permite a utilização de dados de coleções na modelagem, e gera estatísticas de validação.

Os modelos das espécies madeireiras foram rodados em três etapas: na primeira foram utilizados os dados de coleção (herbários), na segunda, dados de coleções e de inventário do Projeto Radam e na terceira etapa foram adicionados dados de inventários das regiões de Altamira, Juruti e Porto Trombetas, obtidos em projetos de pesquisa.

Os modelos de palmeiras foram rodados primeiramente com dados de coleção (herbários) e em seguida com dados de inventários de projetos de pesquisa desenvolvidos nas regiões de Altamira, Juruti e Porto Trombetas. Para duas espécies (*E. oleracea* e *A. murumuru*) foram utilizados, ainda, dados do Distrito Florestal da BR-163/Projeto PIME e os obtidos nas várzeas do rio Madeira. Para *M. flexuosa* não houve registro em inventários, tendo sido os modelos rodados apenas com dados de coleções.

Para cada espécie foram gerados 50 modelos, usando de “bootstrap”. (técnica de re-amostragem com reposição, com diferentes partições no conjunto de dados de calibração, (Guisan and Zimmermann, 2000). Esse método permite o uso das estatísticas de validação e evita a perda de pontos de ocorrência, pois todos os pontos acabam sendo utilizados em alguma rodagens de treino.

Para as espécies madeireiras, com um número maior de registros, foram utilizadas proporções de 70% para treino (calibragem do modelo) e 30% para teste (validação do modelo). Para as palmeiras, com menos registros, optou-se por usar 85% dos registros para treino e 15% para teste.

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 (AUC) ROC 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. O valor 1 de AUC representaria um modelo perfeito enquanto um valor de 0.5 representa um modelo selecionado ao acaso. 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). No entanto, sua aplicação para avaliar a acurácia de modelos de distribuição que utilizam o preceito do nicho ecológico é questionada, porque é fortemente influenciada pela prevalência (Lobo et al., 2007; Peterson et al., 2008). Para minimizar o efeito da prevalência, aqui foi utilizada uma avaliação parcial da curva ROC, desenvolvida por Narayani Barve, do Biodiversity Institute, Lawrence, KS (para detalhes ver Peterson et al. 2008). Utilizando o software Partial ROC, foi calculada a área sob a curva (AUC) ROC utilizando as amostras de teste dos modelos médios resultantes das 50 partições aleatórias realizadas.

Para avaliação do desempenho, foi utilizada ainda a taxa de omissão extrínseca (TOE), que corresponde à fração dos pontos de ocorrência do conjunto de testes situados em pixels preditos como ausência nos modelos. De acordo com Anderson et al. (2003), a taxa de omissão é uma boa medida do desempenho dos modelos, com taxas de omissão baixas associadas a previsões úteis da distribuição potencial de uma espécie.

A avaliação da contribuição de cada variável foi feita através do teste jackknife, na rotina inserida no MaxEnt. 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. Utilizou-se as variáveis com maiores contribuições para descrever os ambientes mais favoráveis para cada espécie e analisar se seria possível avaliar os limiares de tolerância das espécies para essas variáveis. Para isso, os pontos de ocorrência foram plotados sobre as bases de dados ambientais e obteve-se em um SIG (Sistema de Informação Geográfica) os valores

mínimos, máximos, médios e desvio-padrão para cada variável que teve uma alta contribuição para a geração dos modelos.

Para definir a área de ocorrência predita de cada espécie, a partir dos mapas gerados pelo modelo, que apresentam superfícies contínuas de probabilidade, foram estabelecidos limiares de probabilidade a partir dos quais a espécie seria considerada presente. As reclassificações foram baseadas no limiar (*threshold*) Sensitivity-specificity sum maximization que é o balanço entre sensibilidade (fração positiva verdadeira) e especificidade (fração negativa verdadeira) (Fielding and Bell, 1997; Liu et al., 2005; Pearson, 2007). Esse método restringe um pouco mais a área de ocorrência, levando a um mapa menos inclusivo a fim de minimizar os erros de comissão na distribuição das espécies.

Em seguida foi feita a reclassificação dos modelos gerados incluindo os registros de inventários e a comparação destes com os modelos gerados apenas com dados de coleção. O índice de Jaccard foi utilizado para analisar a similaridade entre os mapas gerados apenas com dados de coleção, com dados de coleção e dos inventários do RADAM (só para as madeiras) e com os dados de todos os inventários. Considerou-se que o acréscimo de dados de inventários foi relevante quando a similaridade entre os mapas dessas diferentes etapas foi baixa e pouco relevante quando a similaridade foi alta.

Além dos critérios de validação associados à modelagem, os modelos gerados foram comparados com atlas de distribuição existentes e informações descritas na literatura ou no conhecimento empírico das espécies (validação informal - Cayuela et al., 2009). Os modelos gerados para as espécies de palmeiras foram comparados com os mapas de distribuição de Henderson, 1995 e Lorenzi, 2010 e a distribuição do mogno (*S. macrophylla*) foi comparada com as informações de Grogan, et al. (2002).

O processamento dos dados georreferenciados, as reclassificações e a elaboração dos mapas foram feitos no software ARCGIS 9.3 (ESRI, 2009).

2.5. Variáveis ambientais

Para a modelagem foram utilizadas 20 variáveis ambientais, sendo 19 bioclimáticas e uma topográfica. Todas as variáveis foram previamente recortadas para a América do Sul. As variáveis bioclimáticas foram extraídas do banco de dados do Worldclim (www.worldclim.org, versão 1.4, *release* 3) na resolução espacial aproximada de 1 Km² (Tabela 1). Essas variáveis 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). A variável topográfica (altitude) foi extraída da base de dados da U.S. Geological Survey's Hydro 1K⁶ (eros.usgs.gov) na resolução espacial de 1 Km².

A escolha das variáveis climáticas e topográficas segue recomendação geral da literatura (Guisan and Zimmermann 2000; Chapman et al., 2005; Phillips et al., 2006), que as consideram apropriadas para modelos de distribuição geográfica e com menos redundância de informação. Após testes incluindo e excluindo variáveis com maiores correlações, verificou-se que os melhores modelos eram aqueles que incluíram todas as variáveis, pois apresentavam menores taxas de omissão.

Tabela 1. Descrição das variáveis bioclimáticas do WorldClim.

Códigos	Variáveis
BIO ₁	Temperatura média anual
BIO ₂	Variação média diurna (média mensal (temp. max.- temp. min.))
BIO ₃	Isotermalidade (BIO2/BIO7) (*100)
BIO ₄	Sazonalidade da temperatura (desvio-padrão*100)
BIO ₅	Temperatura máxima no mês mais quente
BIO ₆	Temperatura mínima no mês mais frio
BIO ₇	Variação anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO ₈	Temperatura média no quarto mais úmido
BIO ₉	Temperatura média no quarto mais seco
BIO ₁₀	Temperatura média no quarto mais quente
BIO ₁₁	Temperatura média no quarto mais frio
BIO ₁₂	Precipitação anual
BIO ₁₃	Precipitação no mês mais úmido
BIO ₁₄	Precipitação no mês mais seco
BIO ₁₅	Sazonalidade da precipitação (coeficiente de variação)
BIO ₁₆	Precipitação no quarto mais úmido
BIO ₁₇	Precipitação no quarto mais seco
BIO ₁₈	Precipitação no quarto mais quente
BIO ₁₉	Precipitação no quarto mais frio

3. RESULTADOS

O número de registros obtidos para cada espécie variou de 51 a 731. Para algumas das espécies madeireiras, como *C. odorata* e *Handroanthus impetiginosus*, registros de coleções e de inventários foram em quantidade similares; para as demais, o número de registro de inventários foi maior, tendo chegado a representar mais de 85% dos registros nos casos de *H. excelsum* e *M. itauba*. Para as palmeiras, a maior parte dos registros foi obtida em coleções, entretanto os dados dos herbários do Instituto Agrônômico do Norte (IAN) e João Murça Pires (MG) não foram utilizados por apresentarem apenas as coordenadas do município sede e estarem identificadas apenas a nível de gênero (Tabela 2).

Tabela 2. Número de registros de espécies por fonte, usados na modelagem.

Espécies	Coleções						Inventários		Total
	IAN	MG	JABOT	SpeciesLink	MOBOT	GBIF	RADAM	Projetos	
<i>C. odorata</i>	05	21	02	29	173	-	212	06	447
<i>H. excelsum</i>	11	11	07	07	02	03	240	11	292
<i>M. huberi</i>	54	03	-	14	03	20	299	05	398
<i>M. itauba</i>	05	28	01	10	31	38	599	19	731
<i>S. macrophylla</i>	02	07	02	03	34	-	61	02	111
<i>H. impetiginosus</i>	28	43	28	32	43	-	139	08	321
<i>A. aculeatum</i>	-	-	-	04	12	16	-	19	51
<i>A. murumuru</i>	-	-	-	06	37	96	-	19	158
<i>A. maripa</i>	-	-	-	14	13	60	-	17	104
<i>E. oleracea</i>	-	-	-	-	17	52	-	24	93
<i>M. flexuosa</i>	-	-	02	16	36	95	-	-	149
<i>O. bacaba</i>	-	-	-	03	07	46	-	12	68

3.1. MODELAGEM

3.1.1. Madeireiras

Os mapas de distribuição geográfica potencial, gerados com os registros totais de ocorrência foram considerados satisfatórios e podem ser interpretados como uma aproximação razoável da distribuição potencial dessas espécies. A maioria das espécies madeireiras pertence ao domínio fitogeográfico Amazônia, com a ocorrência conhecida amplamente distribuída na região. As exceções são *S. macrophylla*, que tem uma área de ocorrência mais limitada, e as espécies *C. odorata* e *Handroanthus impetiginosus*, que além da Amazônia distribuem-se por outros domínios como Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Flora do Brasil, 2011). Os modelos com a distribuição dos respectivos registros de ocorrência usados na construção e avaliação estão representados nas figuras de 2 a 7 (a-d).

Os modelos médios gerados nas três etapas apresentaram, a partir do limiar escolhido, taxa de omissão extrínseca (TOE) baixa e valores de AUC que variaram de 0,75 a 0,86 (Tabela 3).

O índice de Jaccard utilizado para comparar a similaridade entre os mapas gerados nas etapas 1 e 3 e 2 e 3 mostrou que houve uma diferença bastante significativa nesses mapas quando os dados dos inventários do RADAM foram acrescentados aos dados de coleção (tabela 4). O acréscimo de dados de outros projetos não causou grande mudança nas áreas de ocorrência preditas pelos modelos, com os índices de Jaccard entre essas etapas ficando sempre acima de 0,91.

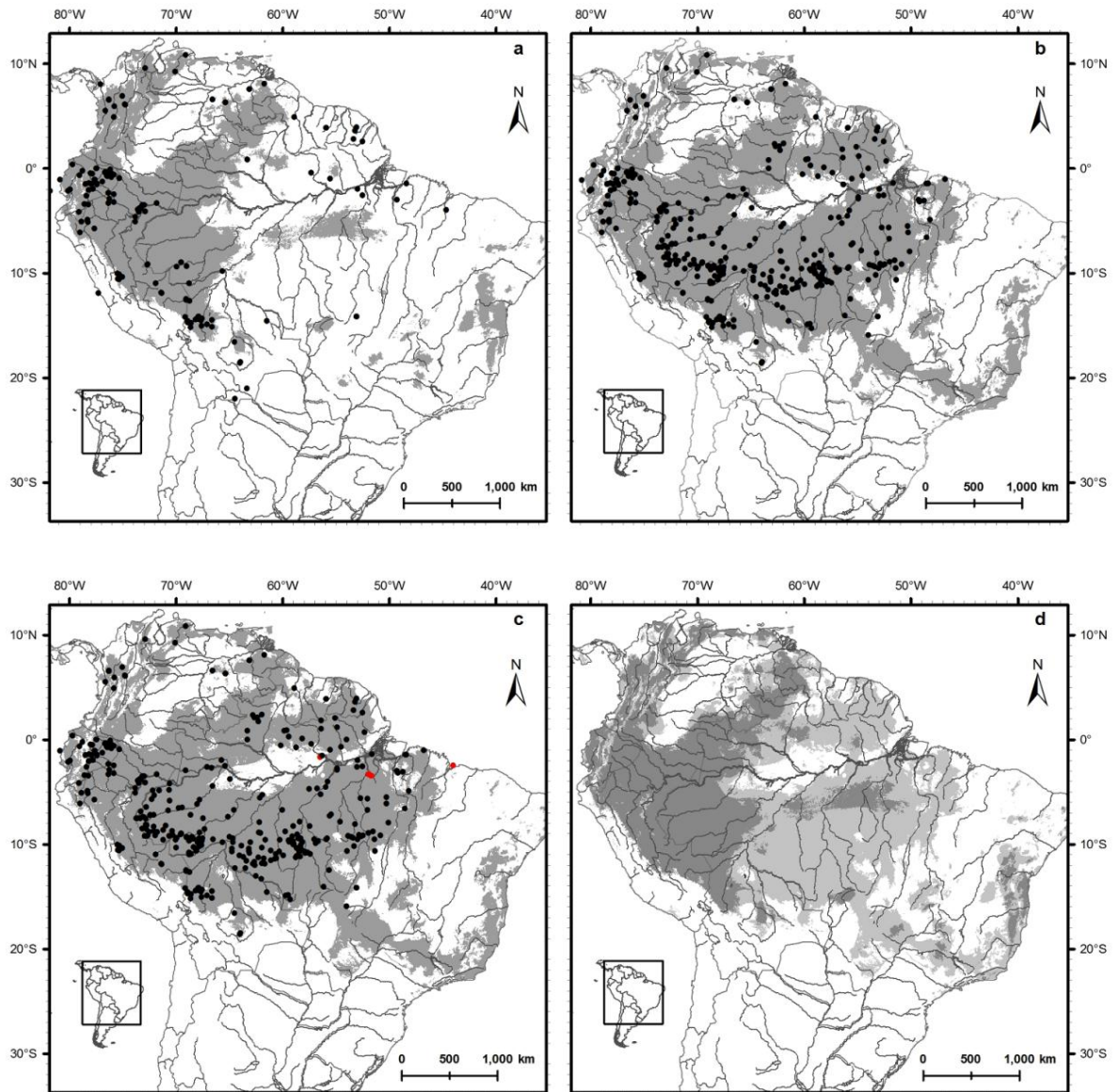


Figura 2. Mapas da modelagem para *Cedrela odorata* com a distribuição dos registros de ocorrência: (a) obtidos em coleções; (b) coleções e inventário do projeto Radam; (c) coleções, inventário do Radam e inventários de projetos de pesquisa e (d) a comparação dos mapas a e c. Os pontos em preto representam os dados de coleções e inventário do Radam e os pontos em vermelho, os obtidos em projetos de pesquisa.

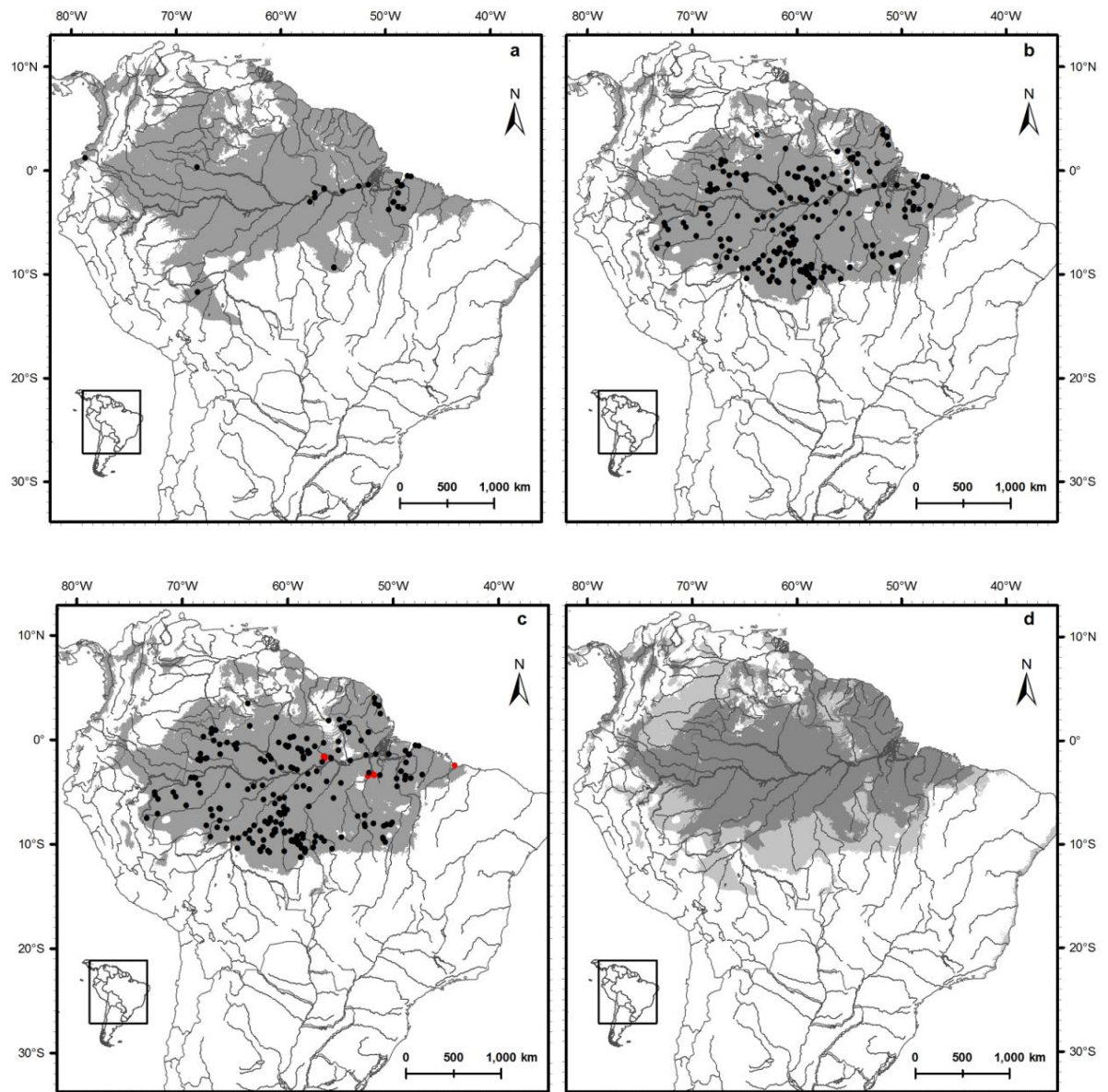


Figura 3. Mapas da modelagem para *Hymenolobium excelsum* com a distribuição dos registros de ocorrência: (a) obtidos em coleções; (b) coleções e inventário do projeto Radam; (c) coleções, inventário do Radam e inventários de projetos de pesquisa e (d) comparação dos mapas a e c. Os pontos em preto representam os dados de coleções e inventário do Radam e os pontos em vermelho os obtidos em projetos de pesquisa.

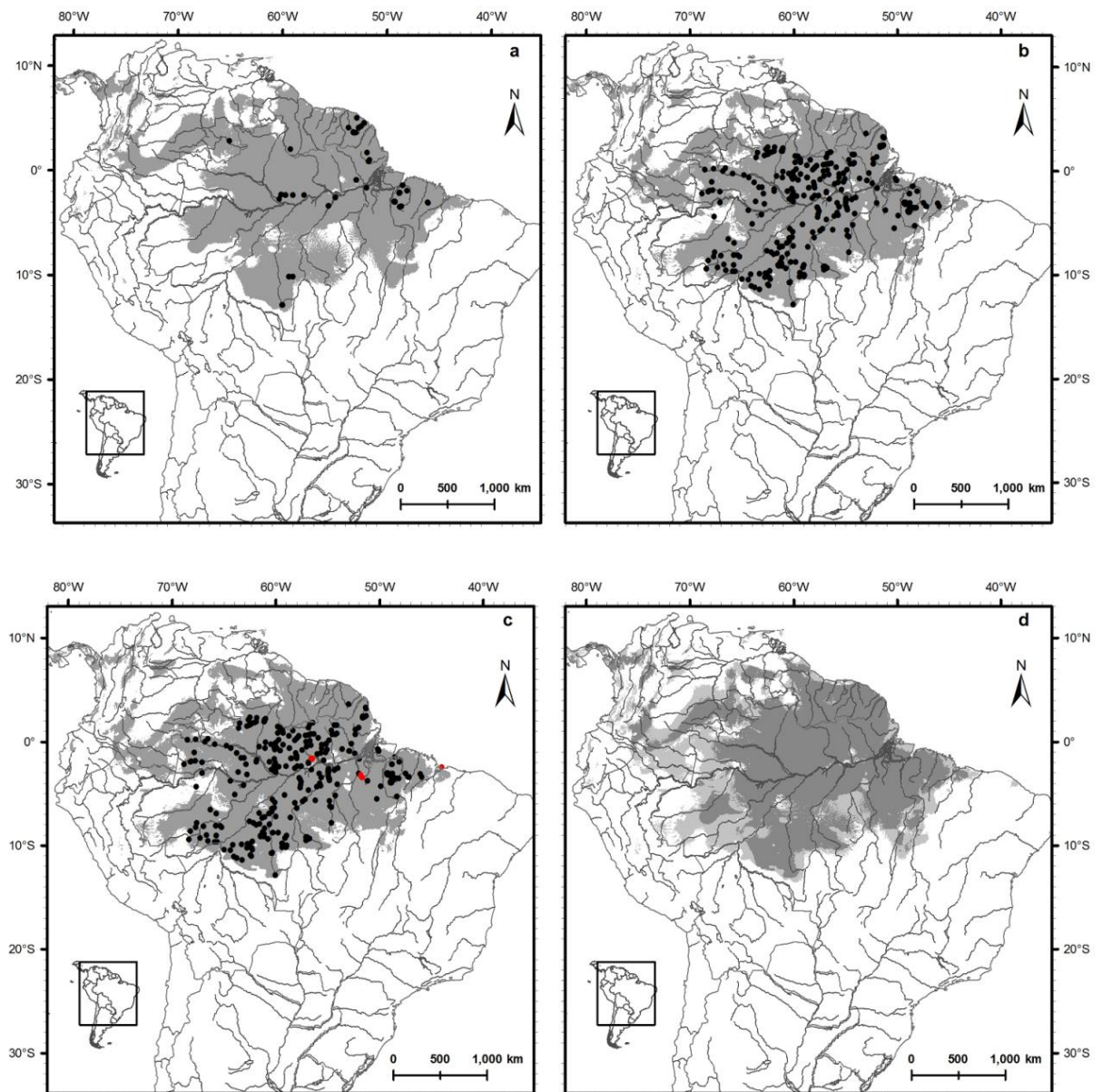


Figura 4. Mapas da modelagem para *Manilkara huberi* com a distribuição dos registros de ocorrência: a) obtidos em coleções; (b) coleções e inventário do projeto Radam; (c) coleções, inventário do Radam e inventários de projetos de pesquisa e (d) comparação dos mapas a e c. Os pontos em preto representam os dados de coleções e inventário do Radam e os pontos em vermelho, os obtidos em projetos de pesquisa.

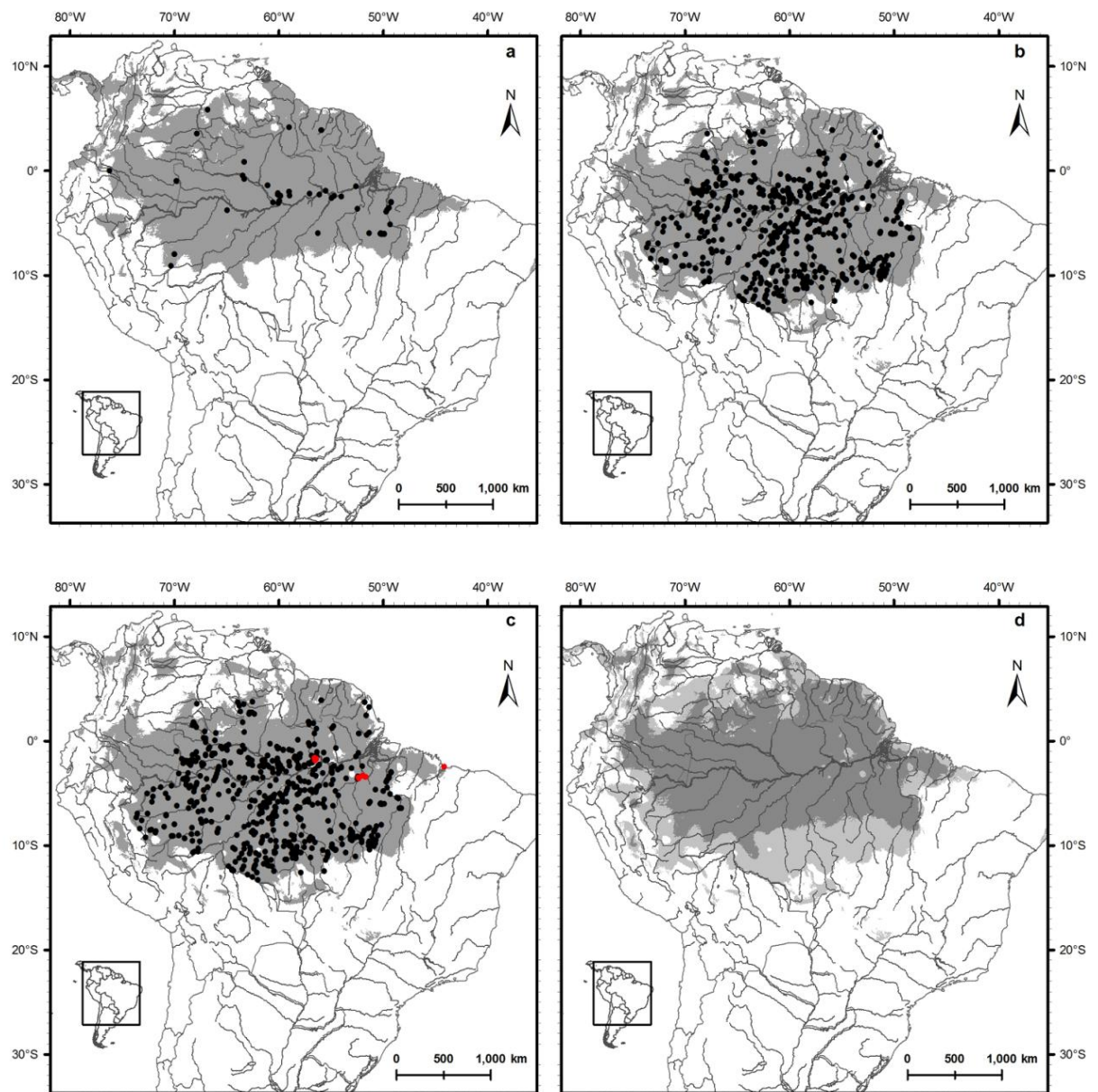


Figura 5. Mapas da modelagem para *Mezilaurus itauba* com a distribuição dos registros de ocorrência: (a) obtidos em coleções; (b) coleções e inventário do projeto Radam; (c) coleções, inventário do Radam e inventários de projetos de pesquisa e (d) comparação dos mapas a e c. Os pontos em preto representam os dados de coleções e inventário do Radam e os pontos em vermelho os obtidos em projetos de pesquisa.

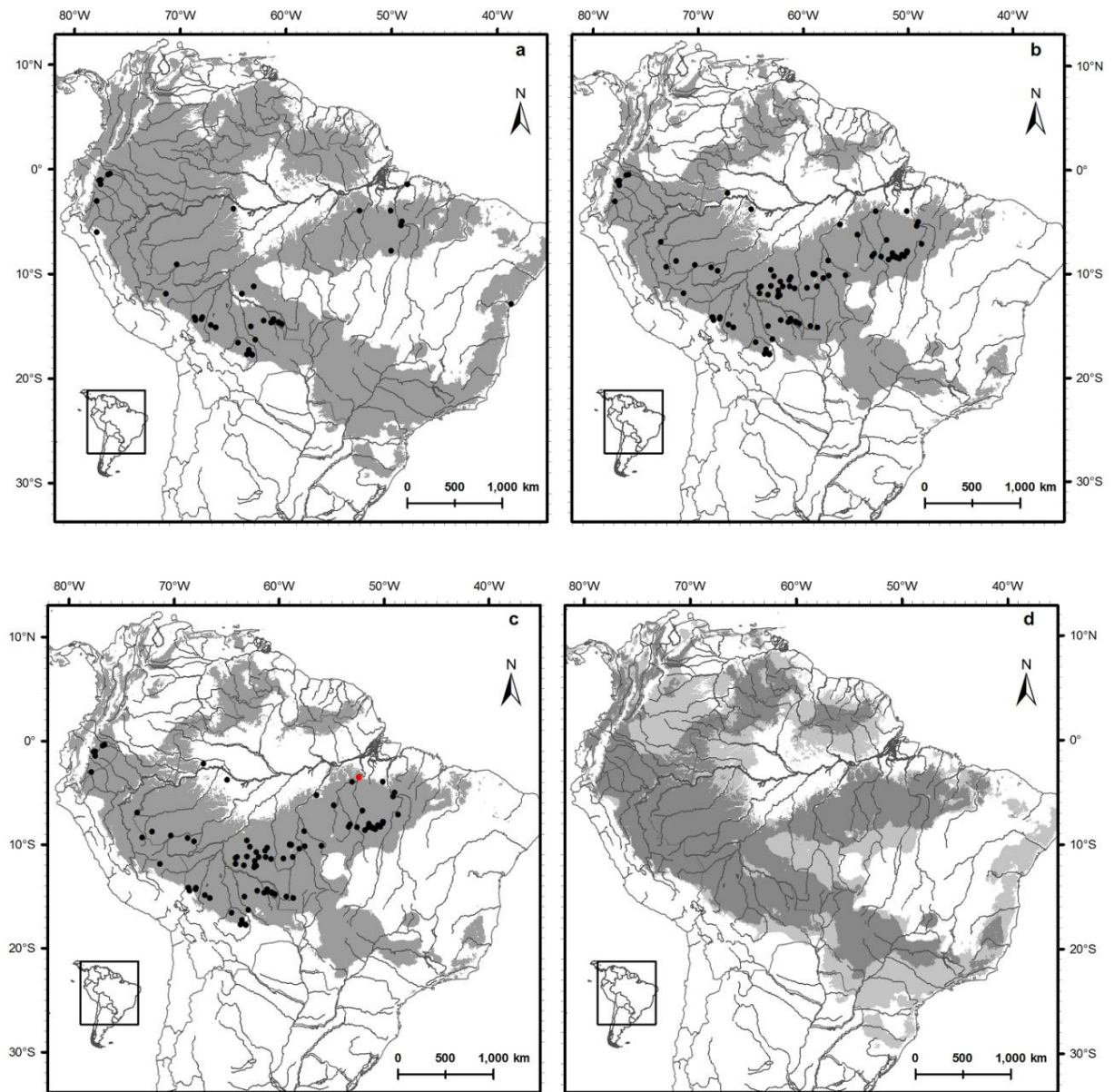


Figura 6. Mapas da modelagem para *Swietenia macrophylla* com a distribuição dos registros de ocorrência: (a) obtidos em coleções; (b) coleções e inventário do projeto Radam; (c) coleções, inventário do Radam e inventários de projetos de pesquisa e (d) comparação dos mapas a e c . Os pontos em preto representam os dados de coleções e inventário do Radam e os pontos em vermelho os obtidos em projetos de pesquisa.

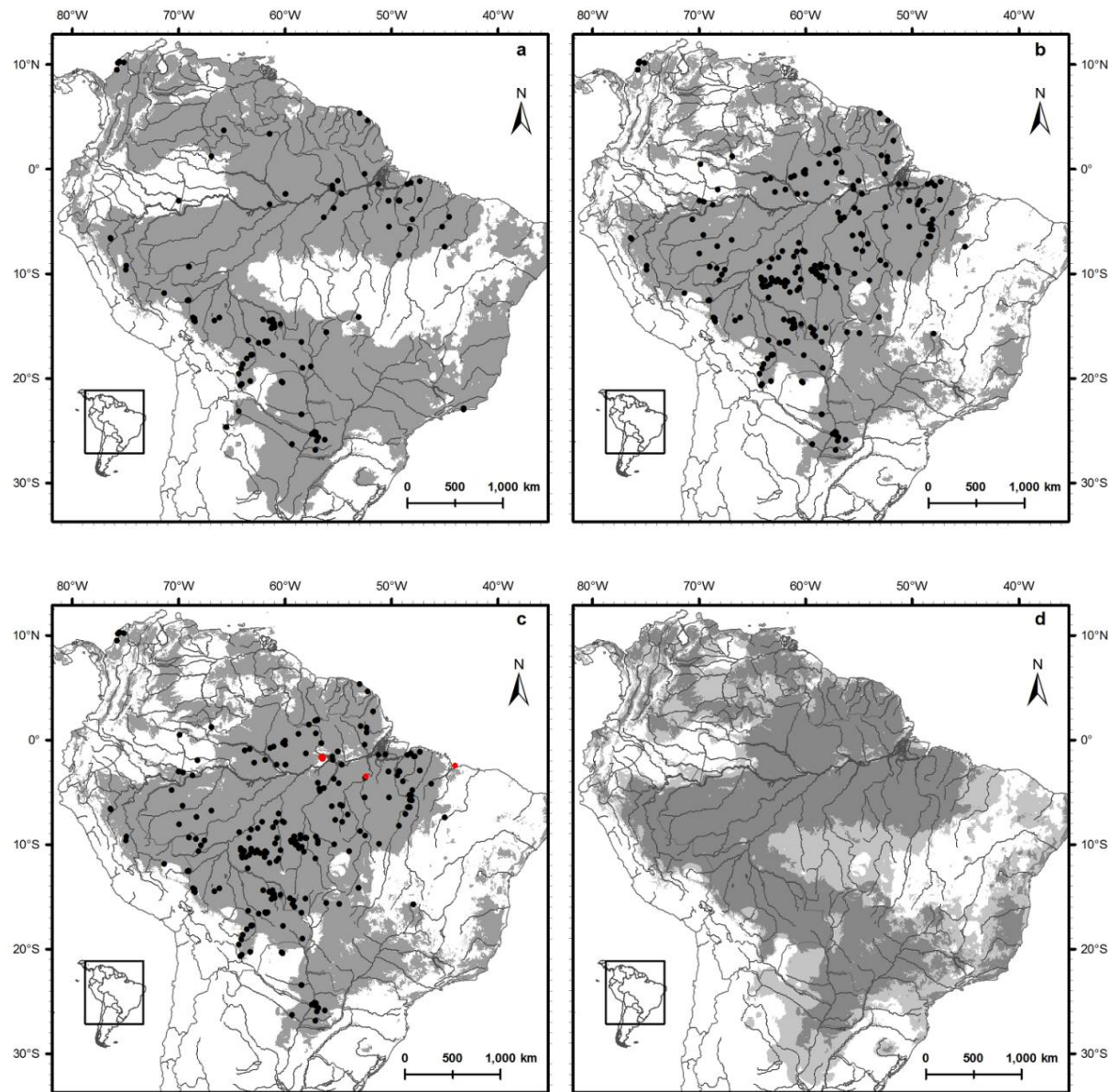


Figura 7. Mapas da modelagem para *Handroanthus impetiginosus* com a distribuição dos registros de ocorrência: (a) obtidos em coleções; (b) coleções e inventário do projeto Radam; (c) coleções, inventário do Radam e inventários de projetos de pesquisa e (d) comparação dos mapas a e c. Os pontos em preto representam os dados de coleções e inventário do Radam e os pontos em vermelho os obtidos em projetos de pesquisa.

Tabela 3. Avaliação dos modelos de distribuição de espécies madeireiras, utilizando dados de coleção (etapa 1), dados de coleção e inventários do projeto Radam (etapa 2) e dados de coleção, Radam e inventários de pesquisadores do MPEG (etapa 3).

Espécie	Threshold			TOE			AUC PARCIAL		
	(limiar)			(taxa de omissão extrínseca)			(area under curve)		
	Etapa1	Etapa2	Etapa3	Etapa1	Etapa2	Etapa3	Etapa1	Etapa2	Etapa3
<i>C. odorata</i>	0,08	0,18	0,17	0,18	0,22	0,23	0,78	0,75	0,76
<i>H. excelsum</i>	0,07	0,13	0,13	0,15	0,19	0,19	0,82	0,82	0,82
<i>M. huberi</i>	0,07	0,12	0,13	0,10	0,13	0,12	0,85	0,86	0,84
<i>M. itauba</i>	0,13	0,19	0,19	0,19	0,13	0,12	0,79	0,78	0,76
<i>S. macrophylla</i>	0,11	0,15	0,17	0,22	0,19	0,15	0,76	0,77	0,77
<i>H. impetiginosus</i>	0,22	0,13	0,15	0,28	0,27	0,32	0,82	0,78	0,85

Tabela 4. Índice de Jaccard comparando a similaridade entre os mapas gerados apenas com dados de coleção (etapa 1), gerados com dados de coleção e Radam (etapa 2) e gerados com dados de coleção, Radam e inventários de projetos de pesquisa (etapa 3).

	(Etapas 1 e 3)	(Etapas 2 e 3)
<i>C. odorata</i>	0,41	0,95
<i>H. excelsum</i>	0,57	0,99
<i>M. huberi</i>	0,63	0,99
<i>M. itauba</i>	0,60	0,99
<i>S. macrophylla</i>	0,55	0,91
<i>H. impetiginosus</i>	0,59	0,92

Precipitação anual (BIO 12), sazonalidade da temperatura (BIO 4) e precipitação no quarto mais úmido (BIO 16) foram as variáveis com maiores contribuições na modelagem para a maioria das espécies (Tabela 5). As espécies amazônicas cujos modelos apresentaram forte influência da precipitação anual estão todas associadas a áreas com mais de 1500 mm de chuva, sendo *S. macrophylla*, que pode ocorrer em áreas mais secas (a partir de 1105 mm), uma exceção. Para *C. odorata*, cuja distribuição não é restrita à Amazônia, foram encontrados registros em áreas com pluviosidade mínima de 250 mm (Apêndice 1). Entre as espécies que tiveram resposta relacionada à sazonalidade da temperatura, *M. huberi* e *H. excelsum* foram as que tiveram faixas de ocorrência mais restrita. Entre as que responderam à precipitação no quarto mais úmido, *H. impetiginosus* e *S. macrophylla* apresentaram grandes amplitudes de

ocorrência e *A. aculeatum* a faixa mais restrita (Apêndice 1). É relevante também a resposta de *S. macrophylla* à altitude, pelo fato da espécie ter sido encontrada em uma faixa bem restrita de ocorrência (cerca de 120 m). Assim, com raras exceções, mesmo aquelas variáveis que tiveram maiores contribuições nos testes de jackknife não apresentaram limiares estreitos de ocorrência que pudessem indicar claramente os ambientes mais favoráveis à ocorrência das espécies estudadas.

Tabela 5. Resultado da análise Jackknife de contribuição de cada variável ambiental para a geração dos modelos pelo Maxent. Os números em negrito correspondem a porcentagem de contribuição das variáveis mais importantes.

Variáveis	Porcentagem de contribuição					
	<i>C. odorata</i>	<i>H. excelsum</i>	<i>M. huberi</i>	<i>M. itauba</i>	<i>S. macrophylla</i>	<i>H. impetiginosus</i>
Bio1	0.5	1.2	0.3	0.7	0.0	5.2
Bio2	3.6	1.1	0.8	1.5	0.9	2.3
Bio3	0.6	1.5	0.2	0.5	1.6	1.5
Bio4	30.9	39.9	39.6	30	10.2	4.8
Bio5	0.9	4.9	1.2	2.6	0.0	8.3
Bio6	3.8	0.8	0.3	1.6	5.4	5.6
Bio7	4.6	0.5	1.1	1.3	4.0	3.4
Bio8	1.7	0.8	0.5	1.0	0.0	2.9
Bio9	4.1	1.6	0.7	0.3	0.0	1.4
Bio10	7.2	0.8	0.4	0.5	0.0	7.5
Bio11	2.1	2.5	2.7	3.6	4.8	15.8
Bio12	17	11.2	12.2	14.1	11.7	5.1
Bio13	3.7	3.9	3.7	7.6	4.9	5.2
Bio14	0.5	0.3	0.3	0.2	8.4	3.0
Bio15	2.4	0.5	0.8	3.8	0.6	2.6
Bio16	3.5	17.8	12.7	23.9	11.5	9.8
Bio17	3.6	0.9	2.8	0.6	13.7	2.3
Bio18	2.8	1.2	11.2	1.0	1.0	3.6
Bio19	3.3	3.7	2.4	2.5	8.9	5.0
Alt	3.1	4.7	6.1	2.8	12.5	4.7

3.1.2. Palmeiras

Os modelos gerados resultaram em áreas de ocorrência bem mais restritas que as áreas conhecidas para as espécies, provavelmente em função do pequeno número de registros disponíveis para a modelagem, e principalmente a pequena quantidade de registros no Brasil. Todas as espécies ocorrem no domínio fitogeográfico Amazônia, *A. aculeatum* está presente também no domínio Cerrado e *M. flexuosa* no Cerrado e Caatinga (Flora do Brasil, 2011). Os mapas dos modelos com a distribuição dos respectivos registros de ocorrência usados na construção e validação estão representados nas figuras de 7 a 12 (a-d).

Os modelos gerados tanto na primeira quanto na segunda etapa apresentaram taxa de omissão extrínseca (TOE) baixa e tiveram valores da AUC considerados satisfatórios, uma vez que todos foram acima de 0,80. Os valores de *Threshold* (limiar), Taxa de omissão extrínseca (TOE) e AUC (area under curve), utilizados para avaliação e reclassificação dos modelos encontram-se na Tabela 6.

O índice de Jaccard, comparando a similaridade entre os mapas gerados nas etapas 1 e 2 apresentou valores acima de 0.80, com exceção da comparação entre os mapas de *A. murumuru* (tabela 7), indicando que o acréscimo dos dados de inventário não modificou substancialmente a área de ocorrência prevista pelos modelos.

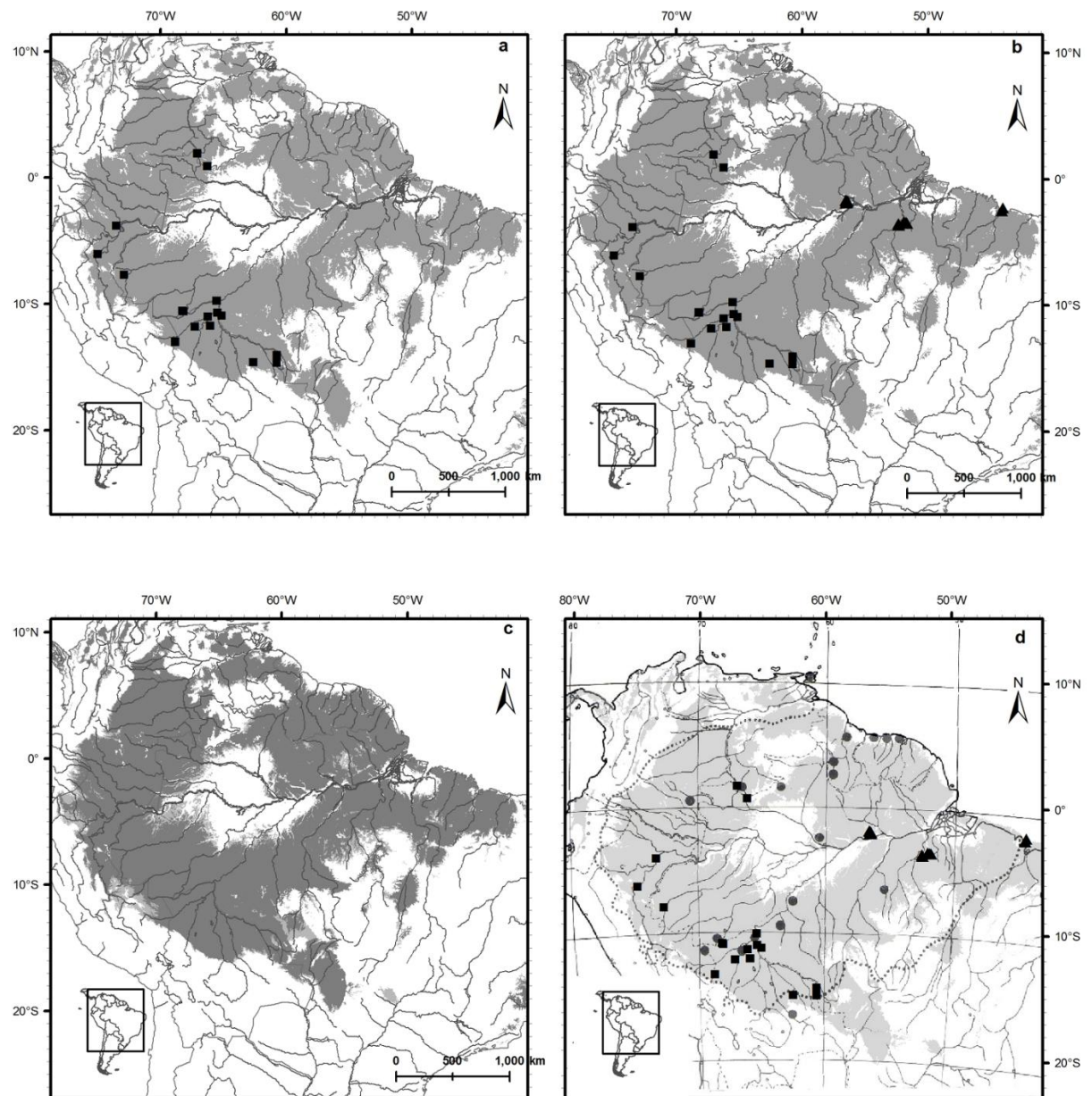


Figura 7. Mapas da modelagem para *Astrocaryum aculeatum*, com a distribuição dos registros de ocorrência: (a) obtidos em coleções; (b) coleções e inventários de projetos de pesquisa; (c) comparação dos mapas a e b e (d) comparação dos registros deste estudo com os registros feitos por Henderson, 1995. Os quadrados representam os dados de coleção, os triângulos, dados de inventários e os círculos do mapa d a distribuição de Henderson, 1995.

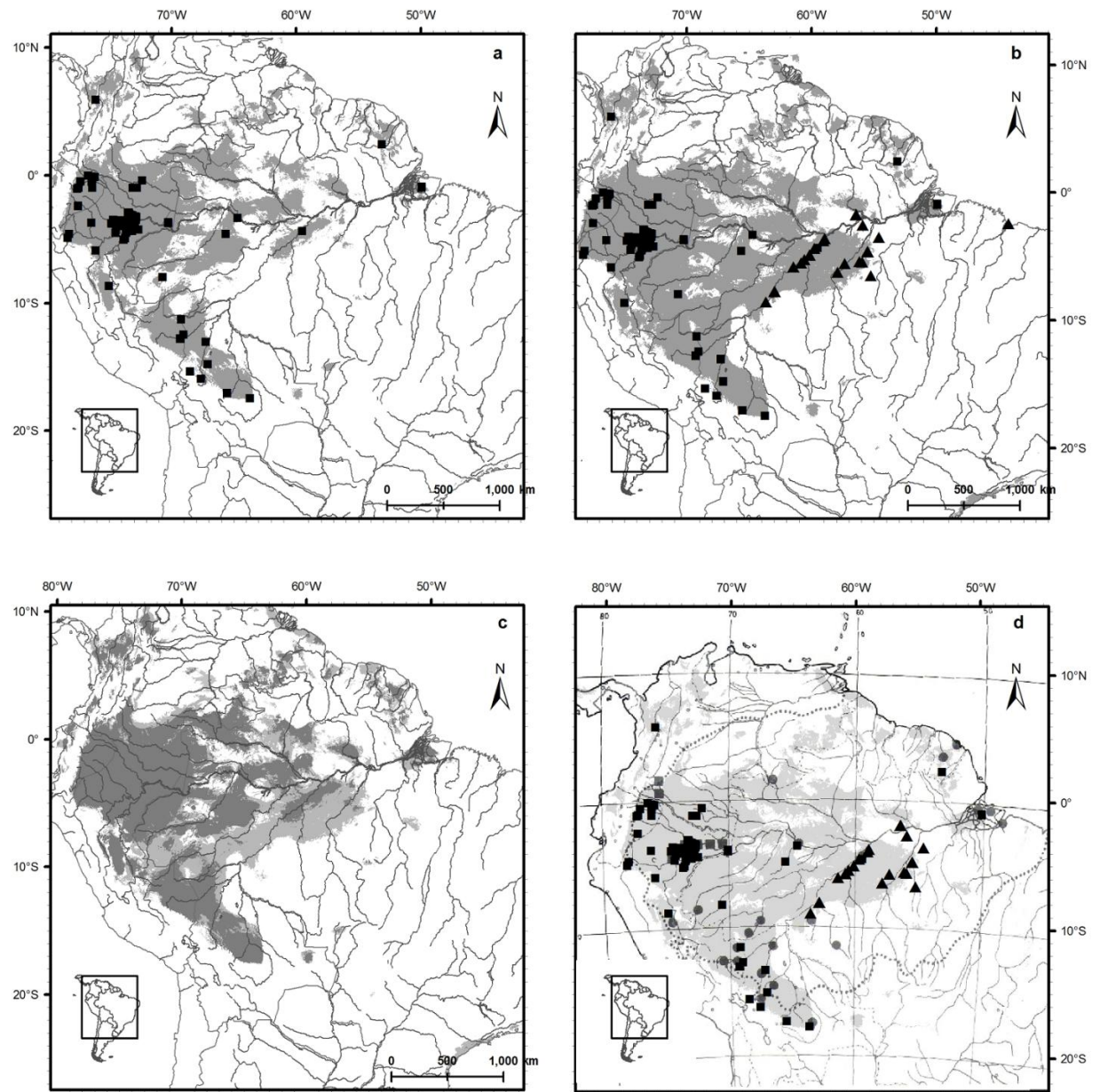


Figura 8. Mapas da modelagem para *Astrocaryum murumuru*, com a distribuição dos registros de ocorrência: (a) obtidos em coleções; (b) coleções e inventários de projetos de pesquisa; (c) comparação dos mapas a e b e (d) comparação dos registros deste estudo com os registros feitos por Henderson, 1995. Os quadrados representam os dados de coleção, os triângulos, os dados de inventários e os círculos do mapa d a distribuição de Henderson, 1995.

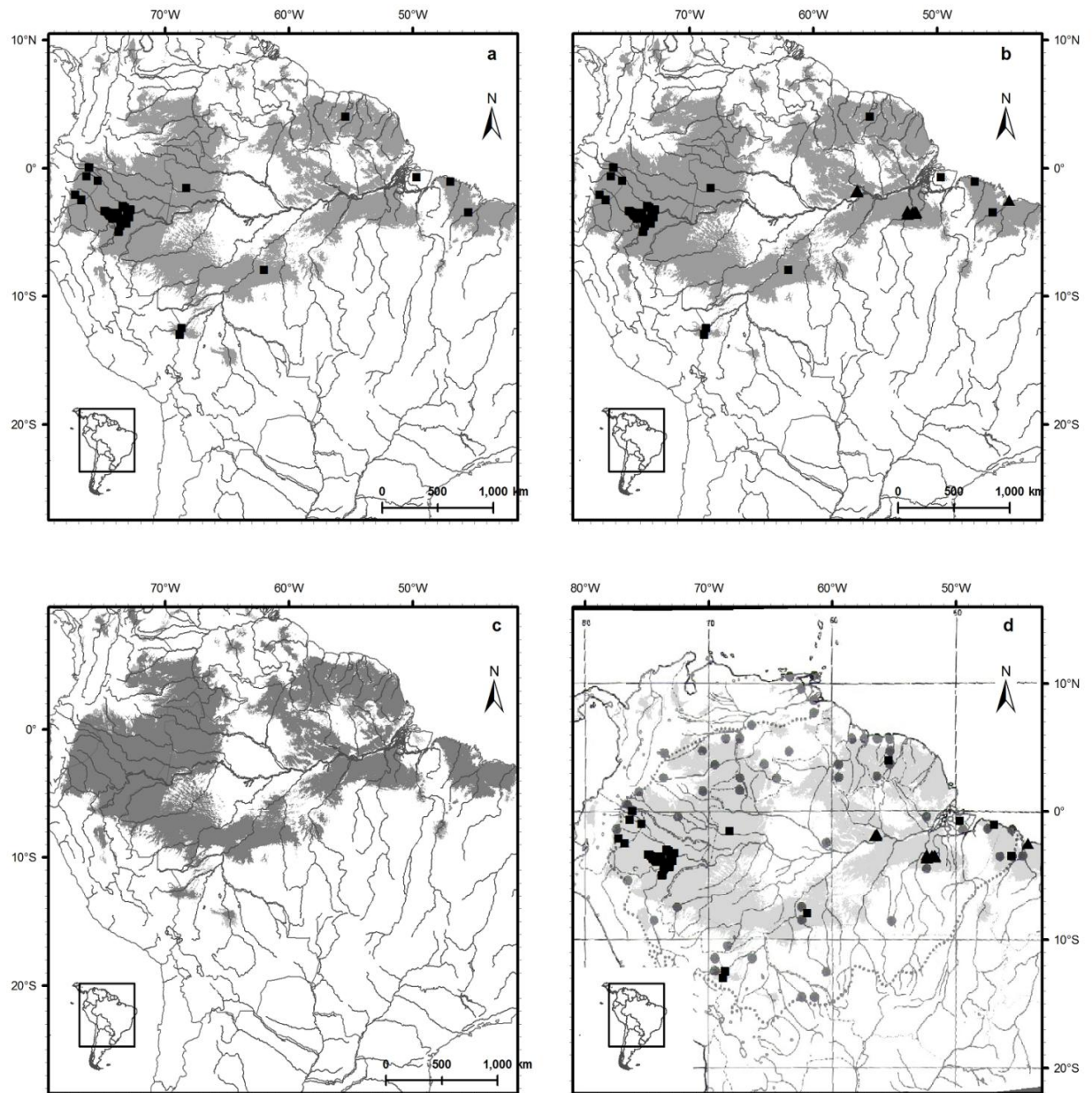


Figura 9. Mapas da modelagem para *Attalea maripa*, com a distribuição dos registros de ocorrência: (a) obtidos em coleções; (b) coleções e inventários de projetos de pesquisa; (c) comparação dos mapas a e b e (d) comparação dos registros deste estudo com os registros feitos por Henderson, 1995. Os quadrados representam os dados de coleção, os triângulos, dados de inventários e os círculos do mapa d a distribuição de Henderson, 1995.

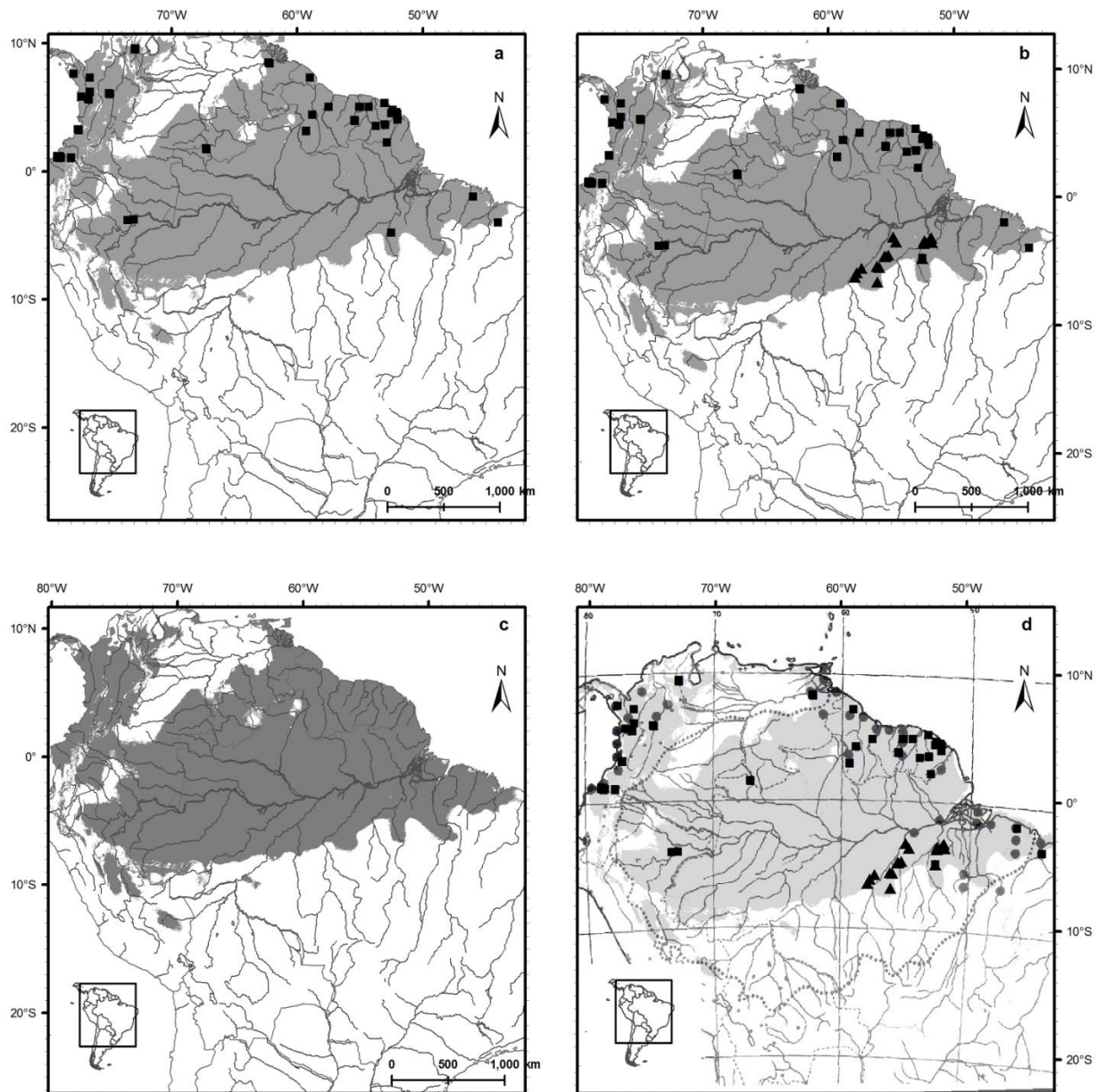


Figura 10. Mapas da modelagem para *E. oleracea*, com a distribuição dos registros de ocorrência: (a) obtidos em coleções; (b) coleções e inventários de projetos de pesquisa; (c) comparação dos mapas a e b e (d) comparação dos registros deste estudo com os registros feitos por Henderson, 1995. Os quadrados representam os dados de coleção, os triângulos, dados de inventários e os círculos do mapa d a distribuição de Henderson, 1995.

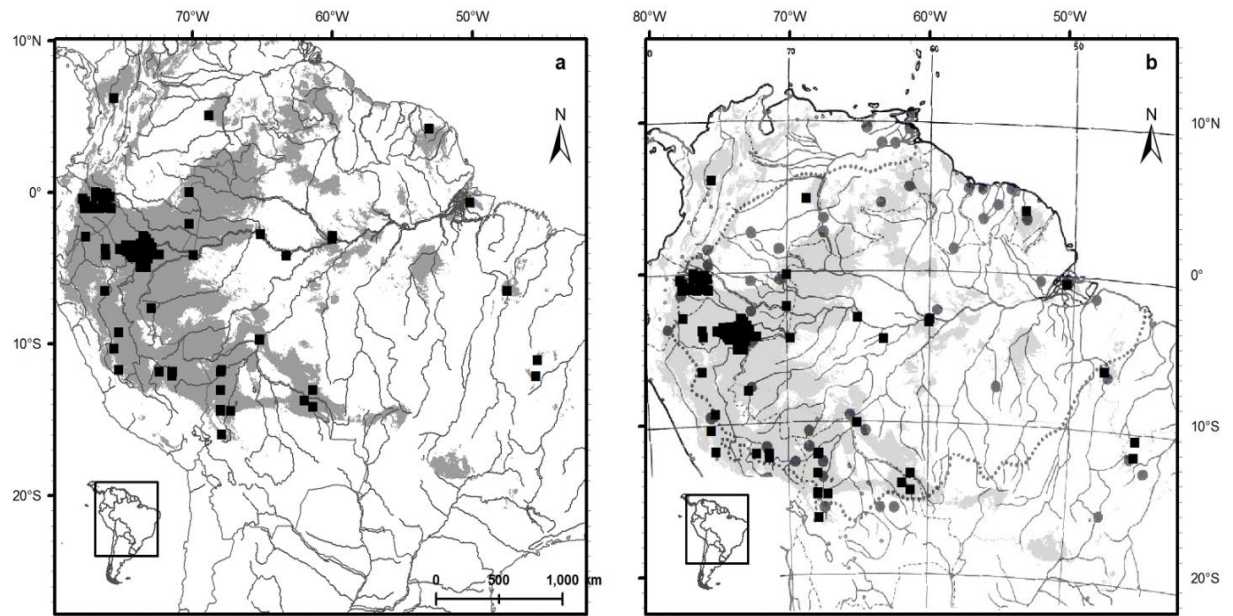


Figura 11. Mapas da modelagem para *Mauritia flexuosa* com a distribuição dos registros de ocorrência: (a) obtidos em coleções; (b) comparação dos registros deste estudo com os registros feitos por Henderson, 1995. Os quadrados representam os dados de coleção e os círculos do mapa d a distribuição de Henderson, 1995. Para essa espécie não houve registros de inventários.

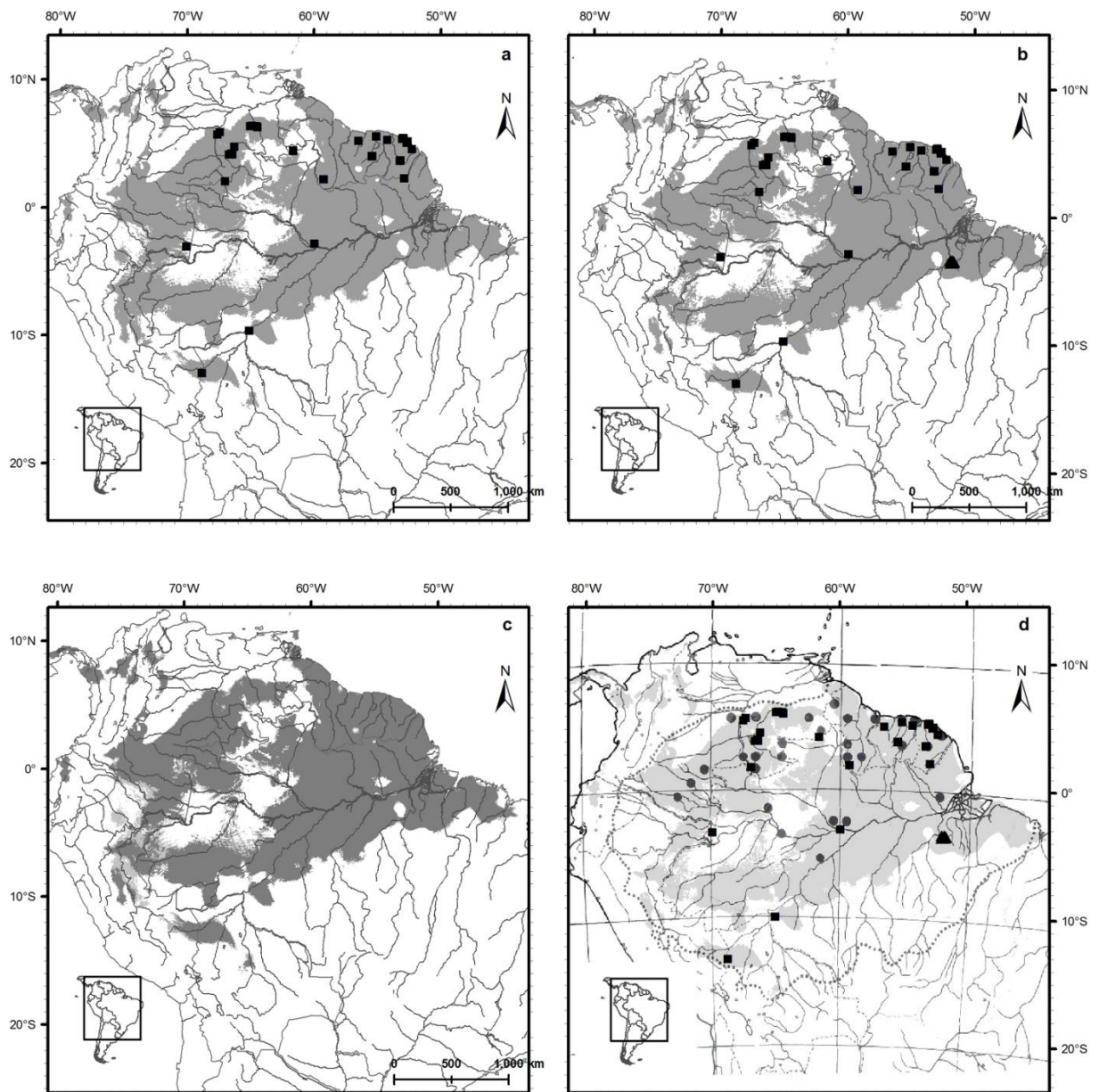


Figura 12. Mapas da modelagem para *Oenocarpus bacaba*, com a distribuição dos registros de ocorrência: (a) obtidos em coleções; (b) coleções e inventários de projetos de pesquisa; (c) comparação dos mapas a e b e (d) comparação dos registros deste estudo com os registros feitos por Henderson, 1995. Os quadrados representam os dados de coleção, os triângulos, dados de inventários e os círculos do mapa d a distribuição de Henderson, 1995.

Tabela 6. Validação dos modelos de distribuição de palmeiras, utilizando dados de coleção (etapa 1) e dados de coleção e inventários de projetos de pesquisa (etapa 2).

Espécie	Threshold		TOE		AUC PARCIAL	
	(limiar)		(taxa de omissão extrínseca)		(area under curve)	
	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 1	Etapa 2
<i>A. aculeatum</i>	0,12	0,13	0,18	0,21	0,84	0,86
<i>A. murumuru</i>	0,05	0,08	0,12	0,15	0,93	0,78
<i>A. maripa</i>	0,08	0,08	0,09	0,14	0,88	0,91
<i>E. oleracea</i>	0,12	0,13	0,13	0,16	0,85	0,94
<i>M. flexuosa</i>	0,06	-	0,14	-	0,95	-
<i>O. bacaba</i>	0,08	0,10	0,13	0,15	0,88	0,97

Tabela 7. Índice de Jaccard comparando a similaridade entre os mapas das etapas 1 (coleção) e 2 (coleção e inventários).

Espécie	Etapas 1 e 2
<i>A.aculeatum</i>	0,86
<i>A. murumuru</i>	0,60
<i>A. maripa</i>	0,88
<i>E. oleracea</i>	0,97
<i>O.bacaba</i>	0,89

Das 20 variáveis utilizadas na modelagem, 11 contribuíram na modelagem de pelo menos uma espécie, sendo a sazonalidade da temperatura (BIO 4) e a precipitação no mês mais seco (BIO 14) as variáveis com maiores contribuições na modelagem de um maior número de espécies (Tabela 8). No entanto, a sazonalidade da temperatura não teve porcentagens de contribuição muito alta para nenhuma das espécies. Para as palmeiras, a variável com contribuição mais alta e com faixa de ocorrência restritiva foi a altitude para *A. aculeatum*, que indicou que esta espécie está restrita a terras baixas (Apêndice 1). Para as demais espécies, assim como para as madeireiras, mesmo as variáveis com maiores contribuições no jackknife ajudaram pouco a compreender a especificidades de hábitat das espécies.

Tabela 8. Resultado da análise de contribuição de cada variável ambiental para a geração dos modelos.

Variáveis	Porcentagem de contribuição					
	<i>A.aculeatum</i>	<i>A. murumuru</i>	<i>A. maripa</i>	<i>E.oleracea</i>	<i>M.flexuosa</i>	<i>O. bacaba</i>
Bio1	0.0	0.6	0.0	0.0	0.2	0.0
Bio2	0.1	1.1	0.0	3.2	1.7	0.7
Bio3	2.9	1.2	5.1	10.7	9.3	3.5
Bio4	8.9	4.9	8.9	16.3	16.9	5.9
Bio5	0.0	2.9	0.0	0.0	1.4	0.0
Bio6	6.6	0.7	3.3	0.8	1.5	2.0
Bio7	1.4	7.1	4.9	3.3	4.8	0.3
Bio8	0.0	6.4	0.0	0.0	0.8	0.0
Bio9	0.9	0.9	0.0	0.0	3.4	0.0
Bio10	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0
Bio11	3.1	0.9	3.3	0.0	1.0	0.0
Bio12	2.9	13.6	3.3	1.2	1.1	7.6
Bio13	0.9	0.8	0.1	5.6	2.2	18.7
Bio14	3.5	11	26	17.3	6.7	21.5
Bio15	7.0	7.1	14.7	1.0	8.2	3.0
Bio16	19.1	1.6	4.5	0.4	1.5	0.0
Bio17	8.0	10.9	0.5	0.9	22	2.7
Bio18	4.2	26.6	3.1	3.3	15.9	7.7
Bio19	6.2	0.7	13	29.5	0.7	19.2
Alt	25	0.8	9.2	6.5	0.4	6.9

4. Discussão

4.1. Modelagem

Todos os modelos apresentaram um bom ajuste de acordo com os parâmetros de validação fornecidos pelo Maxent. Até mesmo para as palmeiras que possuíam poucos pontos de ocorrência, os modelos apresentaram valores de AUC (Area under curve) satisfatórios e taxa de omissão extrínseca (TOE) baixa. Entretanto, quando comparamos esses modelos com a distribuição conhecida das espécies, seja através de mapas de distribuição, ou conhecimento empírico, a maioria revelou áreas menores de distribuição que as conhecidas para as espécies, principalmente para as palmeiras.

Essa limitação na área predita provavelmente é devida aos poucos registros disponíveis em coleções para modelagem e ao padrão de distribuição dos dados disponíveis, haja visto que os modelos, principalmente das espécies madeireiras para as quais se utilizou dados de inventário do Radam, tiveram um aumento considerável na predição quando esses dados foram adicionados aos de coleção. Esse resultado mostra que os dados disponíveis em coleções, mesmo para espécies de alto valor comercial, ainda são insuficientes para gerar modelos com alto poder de predição.

O número reduzido de registros dos dados de coleção ocorreu também devido à exclusão das coordenadas derivadas e pela opção de se utilizar apenas as coordenadas originais e na maioria dos casos, obtidas a partir do uso do GPS. Essa estratégia pode ter reduzido a abrangência, mas foi adotada a fim de garantir uma precisão maior que possibilitasse a utilização das variáveis ambientais em uma escala mais fina (1Km^2). A redução da imprecisão é uma medida importante para aumentar o poder de predição do modelo, pois apesar das técnicas de modelagem serem robustas a algum erro nos dados, o desempenho do modelo pode mudar sob diferentes níveis de erro (Graham et al., 2008). No caso da Amazônia, para as variáveis climáticas as diferenças não são muito importantes, mas para a topografia, em que pequenas diferenças podem ser importantes, pixels de $1 \times 1 \text{ km}$ já representam uma grande generalização e a perda de poder preditivo (Schietti et al., 2007).

Existem poucas informações claras e organizadas sobre a distribuição geográfica e as características ecológicas das espécies arbóreas (Durigan et al., 2004). Essa ausência de conhecimento não permite que se faça uma comparação mais precisa entre os modelos e a distribuição conhecida, principalmente em relação às espécies madeireiras. Para as palmeiras foi possível comparar os modelos com as distribuições de Henderson, 1995 e Lorenzi, 2010,

entretanto, foi possível verificar que muitos dos pontos de Henderson coincidiram com os pontos de coleções compilados neste estudo. As comparações entre as predições dos modelos e os pontos de distribuição geográfica dos mapas de Lorenzi, oriundos de coleções (exsicatas) depositadas em herbários e de observações pessoais durante expedições botânicas realizadas nos últimos 30 anos, ao contrário dos pontos de Henderson, tiveram pouco coincidência com a área de ocorrência prevista pelos os modelos gerados, o que pode estar relacionado com a baixa amostragem de indivíduos e sua distribuição incompleta na área de ocorrência das espécies.

Para as madeireiras, os modelos mostraram uma ampla área de distribuição por toda a Amazônia, porém algumas espécies como *C. odorata* ainda apresentaram lacunas. De acordo com Lorenzi, 1998 a ocorrência dessa espécie estende-se da Amazônia até o Estado de São Paulo. Entretanto, segundo Valera (1997) embora a espécie apresente ampla área de distribuição, não é muito comum, apresentando ocorrência dispersa na floresta. Portanto, não podemos afirmar se a lacuna existente é em função da ausência de registros ou se a espécie realmente não ocorre nessa área. Apenas novas coletas nessas áreas poderiam dar uma resposta.

Outra espécie que apresentou uma grande lacuna quando se utilizou apenas dados de coleção foi *Handroanthus impetiginosus*, porém a predição melhorou consideravelmente quando dados de inventários foram acrescentados aos dados de coleção, sugerindo que a lacuna existente no primeiro modelo deva estar relacionada ao número reduzido de registros.

A presença de lacunas na área de distribuição, porém nem sempre significa que o modelo não representou adequadamente a área de distribuição da espécie. Um exemplo ocorreu com o mogno (*S. macrophylla*). O mogno foi a espécie madeireira para a qual se obteve a menor quantidade de registros e a que apresentou as maiores lacunas na distribuição predita pelo modelo. Porém, de acordo com a literatura, a zona de ocorrência natural do mogno no Brasil é apenas um arco ao sul da Amazônia, e este estudo indicou que esse padrão de distribuição está relacionado à uma faixa de altitude bem restrita. A área conhecida para a espécie estende-se do centro-leste do Pará, passando pelo sul do Estado, noroeste do Tocantins, noroeste de Mato Grosso, sudeste do Amazonas até a maior parte de Rondônia e Acre (Lamb, 1966). Fora dessa área a densidade é muito baixa, chegando a uma árvore para cada 5-20 ha dentro da zona de ocorrência. Dessa forma, os resultados da modelagem estão de acordo com os conhecimentos existentes, e ajudam a explicar a razão do padrão encontrado.

Entretanto, apesar dos modelos mostrarem as áreas prováveis de ocorrência em escala ampla, para a maioria das espécies não foi possível encontrar as variáveis mais importantes relacionadas aos padrões de distribuição, e que poderiam ajudar a definir estratégias para o seu manejo. Levantamos duas possíveis explicações para isso: a primeira é a pequena variação ambiental existente na região amazônica, que torna difícil diferenciar as áreas climaticamente com poucas variáveis. Aparentemente a influência maior na diferenciação de habitats não é relacionada à variáveis isoladas, mas às combinações entre variáveis. De fato, neste estudo, mesmo as variáveis com maiores contribuições nos modelos não indicaram faixas de ocorrência restrita para as espécies, que pudessem indicar habitats únicos. Outra explicação seria que os modelos não representam adequadamente as limitações em escala mais local, como as interações biológicas ou de habitats (proximidade da água, inclinação, qualidade dos solos, etc). Essa limitação pôde ser observada na distribuição de *M. huberi* e *M. flexuosa*. Em levantamentos de campo *M. huberi* foi encontrada apenas nos platôs, não ocorrendo em áreas alagadas (Embrapa, 2004), entretanto nesse estudo a modelagem não indicou relação com a altitude. Em relação a *M. flexuosa*, sua ocorrência normalmente está associada às áreas periódica ou permanentemente inundadas ou com drenagem deficiente, às vezes próxima a rios, ao longo de florestas de galeria e savanas (Brasil central e Venezuela). A espécie é particularmente encontrada em fito- fisionomias de vereda, brejo, campo limpo úmido e mata de galeria e em geral apresenta uma distribuição agregada quando encontram o habitat ideal, formando grandes populações, os “Buritizais”, onde é o elemento dominante no estrato arbóreo (Ferreira, 2008), mas esse padrão também não foi detectado na modelagem.

As distribuições prováveis tanto para as madeireiras quanto para palmeiras podem também sofrer alterações devido à influência antrópica. Por serem espécies de alto valor comercial e por serem intensivamente utilizados, seus estoques sofrem constantes alterações. O mogno, por exemplo, espécie de maior valor econômico da Amazônia, depois de três décadas de exploração pode estar caminhando para a exaustão, apesar de alguns esforços de manejo e plantio (Rodan et al., 1992). A maior parte das espécies da família Arecaceae é prejudicada por alterações antrópicas – seja com declínio ou com o favorecimento devido ao manejo das espécies ou ambientes. Segundo Scariot (1999) mesmo após curtos períodos de isolamento (10-15 anos), pequenos fragmentos de floresta têm menos espécies de plântulas do que as áreas de florestas contínuas. Severos declínios populacionais têm sido registrados para populações de palmeiras em pequenos fragmentos de floresta na América Central (Arroyo-Rodríguez et al., 2007) e na Mata Atlântica (Galetti et al., 2006), devido a fatores diversos,

como o aumento das taxas naturais de predação de sementes em áreas que sofreram mais profundamente com a defaunação (Galetti et al., 2006), a exploração destrutiva de adultos reprodutivos (Pizo and Vieira, 2004), ou o consumo de suas folhas por animais de criação (Endress et al., 2004). Por outro lado, *E. oleracea*, que originalmente era distribuída na porção mais oriental da Amazônia, atualmente está mais espalhada pelo bioma, devido ao seu valor comercial e *A. maripa*, que ocorre em pequena abundância em áreas de floresta, pode rapidamente ocupar áreas de vegetação secundária, tornando-se abundante.

A dificuldade de se obter informações acerca dos ambientes mais favoráveis para cada espécie através da contribuição de cada variável, com o auxílio da modelagem, torna difícil a utilização desses resultados para definir práticas de conservação e manejo, pois nem toda área predita como presença para a espécie significa que a mesma está ou estará presente (Anderson et al., 2002). Entretanto valores de $AUC > 0,75$ são considerados razoáveis (Swets, 1988) e adequados para uso no planejamento de conservação e outras aplicações (Pearce and Ferrier, 2000).

Os modelos foram capazes de definir os limites de distribuição das espécies com base nas dimensões ambientais que lhes foram representadas pelos pontos de ocorrência (Stockwell and Peterson 2002; Pearson et al., 2007). Entretanto é pouco provável que um número pequeno de localidades e a distribuição dessas ocorrências em área bem mais restrita que a conhecida para as espécies, no caso das palmeiras, tenha sido capaz de refletir o nicho das espécies (Lobo et al., 2008). O conceito de nicho implica necessariamente no entendimento dos fatores bióticos e abióticos sobre o *fitness* dos táxons (Kearney, 2006). Segundo Jimenez-Valverde et al., (2008), os modelos são capazes de projetar simulações sobre a distribuição dos táxons no espaço geográfico, mas não são capazes de fornecer uma descrição mais detalhada de nichos. Assim, para propor estratégias de manejo para essas espécies é necessário mais informações sobre as variações nas densidades, tamanho das populações, a estrutura etária da população e características da reprodução das espécies. Tais dados ainda faltam para as espécies estudadas e para a maioria das espécies que ocorrem nas regiões tropicais (Peterson and Papes 2006; Pearson et al., 2007).

4.2 Inventários

Os inventários podem ter contribuição significativa em estudos de distribuição geográfica de árvores, mas, para atender a esse objetivo, precisam ser amplamente distribuídos. Entretanto, a maioria dos inventários na Amazônia são realizados em áreas de 1 ha como um método padrão de amostragem (Black et al., 1950; Prance et al., 1976; Porto et al., 1976; Dantas and Müller 1979; Dantas et al., 1980; Uhl and Murphy 1981; Oliveira 2000; Nelson and Oliveira, 2001). Essas amostras têm fornecido informações insuficientes sobre a comunidade e não permitem a extrapolação dos resultados para áreas adjacentes (Oliveira, 2000). Inventários mais localizados, por outro lado, se adequadamente analisados podem fornecer informações sobre densidade, habitats preferenciais e estrutura das populações, que podem também ser de grande importância para o manejo.

Neste estudo, foi possível verificar que inventários com parcelas distribuídas sobre uma área mais ampla, como os realizados pelo RADAM, o PIME e ao longo do Rio Madeira, têm uma contribuição mais efetiva para ampliar o conhecimento acerca da distribuição das espécies. Houve um aumento considerável na área predita pelos modelos quando esses dados foram acrescentados aos dados de coleção. Os inventários dos projetos de pesquisa mais localizados tiveram pouca contribuição na escala de modelagem utilizada, principalmente devido à proximidade das parcelas entre si e por estar a maior parte dos inventários em áreas não muito distantes de registros de coleções, de forma que as áreas dos inventários já eram previstas como de ocorrência das espécies.

Entretanto, dados de inventários só podem ser utilizados para um número restrito de espécies por geralmente apresentarem um nível baixo na qualidade de identificação de árvores (Ferreira et al., 2004; Procópio and Secco 2008). A identificação, em geral, é feita por meio do conhecimento de nativos que não associam as características das plantas aos nomes utilizados e assim, geram agrupamentos de diferentes espécies sob um mesmo nome vulgar. Mesmo para as de interesse comercial, ainda há algumas dúvidas taxonômicas, como no caso de *M. huberi*. Por ser uma das espécies comerciais economicamente mais importantes, a indústria madeireira vem agrupando diferentes espécies de *Manilkara* sob o nome maçaranduba (Gayot and Sist, 2004). Esse procedimento pode afetar a dinâmica das populações, principalmente de *M. huberi* que, por ser a espécie que alcança os maiores diâmetros, é a mais explorada (Azevedo et al., 2008).

Outra questão a ser levantada quando tratamos de inventários, principalmente na Amazônia, é a exclusão das palmeiras. Uma possível explicação para isso seria o fato de

algumas serem espinescentes, o que dificulta a coleta (Henderson et al., 1995) e outra, não menos importante, seria o fato da maioria dos estudos que abordam a distribuição de espécies florestais na Amazônia utilizarem DAP maior ou igual a 10 cm o que exclui a maioria das espécies de palmeiras nativas de pequeno porte, resultando em pouca informação sobre as comunidades de palmeiras da região (Rocha and Silva, 2005) e dificultando o conhecimento dessa família, que, ao lado das leguminosas e gramíneas, constitui um dos grupos mais importantes em termos de utilidade (Henderson et al., 1995).

Conclusões

1. Modelos para as espécies madeireiras podem ser confiáveis para decisões sobre conservação, mas para as finalidades de manejo devem ser analisados com ressalvas devido às variações de abundância em escala local.
2. Os dados de inventários podem constituir um acréscimo importante para a modelagem, principalmente se forem distribuídos sobre áreas amplas e pouco amostradas. No entanto, se aplicam a um número limitado de espécies - apenas aquelas cuja identificação por caracteres vegetativos é mais confiável.
3. Para as palmeiras, os modelos, mesmo com o acréscimo de dados de inventários não representam adequadamente as distribuições conhecidas. É necessário estimular coletas de exemplares, principalmente na Amazônia Brasileira, e a inclusão dessas espécies em levantamentos de campo.
4. Modelos são apenas um instrumento a mais que podem ser utilizados em estratégias de manejo e conservação, entretanto não substituem a necessidade de novos registros de campo. São eles que garantem a construção de modelos com maior poder preditivo e a efetiva validação dos mesmos.
5. Os inventários são a base do conhecimento e, conseqüentemente das tomadas de decisão para a conservação e uso sustentável de diversas espécies. Entretanto, as metodologias empregadas, principalmente quanto à forma e tamanho da área amostral, e diâmetro de inclusão devem ser analisadas para que se tenha uma visão mais abrangente acerca da distribuição geográfica das espécies.

Referências Bibliográficas

- Anderson, R.P., Gómez-Laverde, M., Peterson, A.T., 2002. Geographical distributions of spiny pocket mice in South America: insights from predictive models. *Global Ecology & Biogeography* 11, 131-141.
- Anderson, R.P., Lew, D., Peterson, A.T., 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162, 211-232.
- Arroyo-Rodríguez, V., Aguirre, A., Benítez-Malvido, J., Mandujano, S., 2007. Impact of rain forest fragmentation on the population size of a structurally important palm species: *Astrocaryum mexicanum* at Los Tuxtlas. *Biological Conservation* 138, 198-206.
- Azevedo, V.C.R., Kanashiro, M., Grattapaglia, D., Ciampi, A.Y. 2008. Variabilidade no cpDNA em *Manilkara huberi*, espécie sob manejo sustentável na Amazônia brasileira. In, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, pp. 859-867.
- Barros, A.C., Veríssimo, A., 1996. A expansão da atividade madeireira na Amazônia: impactos e perspectivas para o desenvolvimento do setor florestal no Pará. IMAZON, Belém.
- Black, G.A., Dobzhansky, T.H., Pavan, C. 1950. Some attempts to estimate species diversity and population density of trees in Amazonian forests. *Botanical Gazette* 111, 413-425.
- CABS/CI (Eds.), 2000. Data base on Amazonian protected areas. Center for Applied Biodiversity Science (CABS), Conservation International (CI), Washington D.C., and Conservation International do Brazil, Belo Horizonte.
- Cayuela, L., Golicher, D. J., Newton, A.C., Kolb, M., Albuquerque, F.S., Arets, E.J.M.M., Alkemade, J.R.M., Pérez, A. M. 2009. Species distribution modeling in the tropics: problems, potentialities, and the role of biological data for effective species conservation. *Tropical Conservation Science* 2, 319-352.
- Chapman, A.D., Muñoz, M.E.S., Koch, I., 2005. Environmental information: Placing biodiversity phenomena in a ecological and environmental context. *Biodiversity Informatics* 2, 24-41.

- Chauvel, C., Dupre, B., Arndt, N. T., 1993. Pb and Nd isotopic correlation in Belingwe komatiites and basalts, *in*, Bickle, M. J., and Nisbet, E. G., eds., The Geology of the Belingwe Greenstone Belt, Zimbabwe: A study of the evolution of Archean continental crust: Balkema, Rotterdam, Geological Society of Zimbabwe Special Publication 2, 167–174.
- Dantas, M., Muller, N.A.M., 1979. Aspectos fitossociológicos de mata sobre latossolo amarelo em Capitão Poço, Pará. In, Estudos fito-ecológicos do trópico úmido brasileiro II. CPATU/EMBRAPA, Belém.
- Dantas, M., Rodrigues, I.A., Muller, N.A.M. 1980. Aspectos fitossociológicos de mata sobre terra roxa na região de Altamira, Pará. In, Estudos fito-ecológicos do trópico úmido brasileiro I. Anais da Sociedade Botânica do Brasil, Campo Grande.
- Durigan, G., Siqueira, M.F.D., Franco, G.A.D.C., Contieri, W.A. 2004. A Flora Arbustivo-Arbórea do Médio Paranapanema: Base para a Restauração de Ecossistemas Naturais. In: Paulista, P.e.C.e.R.A.n.O. (Ed.). Instituto Florestal - Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e Japan International Cooperation Agency São Paulo.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, 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., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R., Soberón, J., Williams, S., Mary S., Wisz, M.S., Zimmermann, N.E., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29, 129 -151.
- EMBRAPA. Maçaranduba *Manilkara huberi*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. (Projeto Dendrogene. Espécies Arbóreas da Amazônia, 4).
- Emilio, T., Nelson, B.W., Schietti, J., Desmoulière, S.J.M., Santo, H.M.E.V., Costa, F.R.C., 2010. Assessing the relationship between forest types and canopy tree beta diversity in Amazonia. *Ecography* 33, 738-747.
- Endress, B.A., Gorchoy, D.L., Noble, R.B., 2004. Non-timber forest product extraction: effects of harvest and browsing on an understory palm. *Ecological. Applied.* 14, 1139-1153.

- Ferreira, E. J. L. F. Manual das palmeiras do Acre, Brasil. Disponível em: http://www.nybg.org/bsci/acre/www1/manual_palmeiras.html. Acesso em: 20 de Fevereiro de 2012.
- Ferreira, G.C., Hopkins, M.J.G., Secco, R..S., 2004. Contribuição ao conhecimento morfológico das espécies de Leguminosae comercializadas no estado do Pará como Angelim. *Acta Amazônica*. 219-232.
- Ferrier, S. 2002. Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: Where to from here? *Systematic Biology* 51, 331-363.
- Fielding, A.H., Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of predictions errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24, 38-49.
- Funk, V.A., Zermoglio, M.F., Nazir, N., 1999. Testing the use of specimen collection data and gis in biodiversity exploration and conservation decision making in Guyana. *Biodiversity and conservation* 8, 727-751.
- Funk, V., Richardson, K., 2002. Systematic data in biodiversity studies: use it or lose it. *Syst. Biol* 51.303-316.
- Galetti, M., Donatti, C.I., Pires, A.S., Guimarães, P.R., Jordano, P., 2006. Seed survival and dispersal of an endemic Atlantic forest palm: the combined effects of defaunation and forest fragmentation. *Botanical. Journal. Linnean. Society* 151, 141-149.
- Gayot, M., Sist, P., 2004. Vulnérabilité des espèces de maçaranduba face à l'exploitation en Amazonie brésilienne: nouvelles normes d'exploitation à définir. *Bois et Forêts des Tropiques*, 280.
- Graham, C.H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C., Peterson, A.T. 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution* 19, 497-503.
- Graham, C.H., Moritz, C., Williams, S.E., 2006. Habitat history improves prediction of biodiversity in a rainforest fauna. *Ecology* 103, 632 -636.
- Graham, C.H., Elith, J., Hijmans, R.J., Guisan, A., Peterson, A.T., Loiselle, B.A. 2008. The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. *Journal of Applied Ecology* 45, 239–247.

- Grogan, J., Barreto, P., Veríssimo, A. 2002. Mogno na Amazônia Brasileira: Ecologia e Perspectivas de Manejo. IMAZON, Belém.
- Guisan, A., Zimmermann, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, 147-186.
- Henderson, A., 1995. The palms of the Amazon, Oxford University Press, New York.
- Herbário IAN : www.cpatu.embrapa.br . Acesso em 03/02/2012.
- Herbário INPA: <http://brahms.inpa.gov.br>. Acesso em 03/02/2012.
- Herbário MG: <http://marie.museu-goeldi.br/herbario>. Acesso em 03/02/2012.
- Heywood, V., 2001. Floristic and monography – an uncertain future? *Taxon* 50, 361-380.
- Hijmans, R. J., Garret, K.A., Huamán, Z., Zhang, D. P., Schreuder, M., Bonierbale, M. 2000. Assessing the geographic representativeness of genebank collections: the case of Bolivian wild potatoes. *Conservation Biology* 14, 1755-1765.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25, 1965–1978.
- Hopkins, M.J.G., 2007. Modelling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon Basin. *Journal of Biogeography* 34, 1317-1328.
- Huettmann, F., 2005. Databases and Science-Based Management in the Context of wildlife and habitat: Toward a certified iso standard for objective decision-making for the global community by using the internet. *Wildlife Management* 69, 466–472.
- IUCN, 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <www.iucnredlist.org>. acesso em 29 August 2011.
- Jimenez-Valverde, A., Lobo, J.M., Hortal, J., 2008. Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modelling. *Diversity and Distributions* 14, 885 - 890.
- Kitamura, P.C., 1994. A Amazônia e o Desenvolvimento Sustentável. In. EMBRAPA-SPI, Brasília, p. 182.
- Kearney, M., 2006. Habitat, environment and niche: what are we modelling? *Oikos* 115, 186-191.
- Lamb, F., 1966. Mahogany of tropical America, its ecology and management. Michigan.

- Lisboa, P.L.B., 1989. Alguns Aspectos do Impacto da colonização Humana sobre as Florestas de Rondônia. In: Boletim da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza. Rio de Janeiro, pp. 11-19.
- Lista de Espécies da Flora do Brasil 2011 *in* <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2011>.
- Liu, C., Berry, P.M., Dawson, T.P., Pearson, R.G., 2005. Selecting threshold of occurrence in the predictions of species distributions. *Ecography* 28, 385-393.
- Lobo, J.M., Baselga, A., Hortal, J., Jiménez-Valverde, A., Gómez, J.F., 2007. How does the knowledge about the spatial distribution of Iberian dung beetle species accumulate over time? *Diversity and Distributions* 13, 772-780.
- Lobo, J.M., Jimenez-Valverde, A., Real, R., 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology & Biogeography* 17, 145-151.
- Lorenzi, H., 1998. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Instituto Plantarum, SP.
- Lorenzi, H., 2010. Flora Brasileira: Arecaceae (Palmeiras). Instituto Plantarum, São Paulo.
- Martins-Da-Silva, R.C.V., Ferreira, G.C., 1998. Acervo do Herbário IAN 1- Meliaceae Ventenat. In. EMBRAPA-CPATU, Belém, p. 58.
- Metz, C.E., 1986. ROC methodology in radiologic imaging. *Investigative Radiology*. 21, 720-733.
- Narayani, B., 2008, Tool for Partial-ROC (Biodiversity Institute, Lawrence, KS), ver 1.0.
- Nelson, B.W., Ferreira, C.A.C., da Silva, M.F., Kawasaki, M.L., 1990. Refugia, endemism centres and collecting density in Brazilian Amazonia. *Nature* 345, 714–716.
- Nelson, B.W., Oliveira, A.A.de., 2001. Área botânica. In: Capobianco, J.P.R., Veríssimo, A., Moreira, A., Sawyer, D., Santos, I.dos, Pinto, L.P., (Orgs). Biodiversidade da Amazônia Brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios. São Paulo, Estação Liberdade: Instituto Socioambiental. pp. 132-176.
- Nobre, C.A., 1984. The Amazon and climate. In. INPE, São José dos Campos.
- Oliveira, A.A.d., 2000. Inventários quantitativos de árvores em matas de terra firme: histórico com enfoque na Amazônia Brasileira. *Acta Amazônica* 30, 543-567.

- Pearce, J., Ferrier, S., 2000. An evaluation of alternative algorithms for fitting species distribution models using logistic regression. *Ecological Modelling* 128, 127–147.
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M. Peterson, A. T. 2007. Predicting species' distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34, 102–117.
- Peterson, A.T., 2006. Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models. *Biodiversity Informatics* 3, 59–72.
- Peterson, A.T., Papes, M., Soberon, J., 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modeling* 213, 63–72.
- Phillips, S.J., Dudík, M., Schapire, R.E., 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*, ACM Press, New York, 655–662.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190, 231–259.
- Pizo, M.A., Vieira, E.M., 2004. Palm harvesting affects seed predation of *Euterpe edulis*, a threatened palm of the Brazilian Atlantic Forest. *Brazilian Journal of Biology* 64, 669–676.
- Porto, M.L., Longhi, H.M., Citadini, V., Ramos, R.F., Mariath, J.E.A., 1976. Levantamento fitossociológico em área de “mata-de-baixio” na estação experimental de silvicultura tropical. *Acta Amazonica* 6, 301–318.
- Prance, G.T., Rodrigues, W.A., Silva, M.F., 1976. Inventário florístico de um hectare de mata de terra firme, km 30 da estrada Manaus-Itacoatiara. *Acta Amazonica* 6, 9–35.
- Prance, G.T., Beentje, H., Dransfield, J., Johs, R., 2000. The tropical flora remains undercollected. *Missouri Botanical Garden* 87, 67–71.
- Procópio, L.C., Secco, R.d.S., 2008. A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do “tauari” (*Couratari spp.* e *Cariniana spp.* – *Lecythidaceae*) em duas áreas manejadas no estado do Pará. *Acta Amazônica* 38, 31–44.
- RadamBrasil. 1968–1978. Levantamento de recursos naturais. Vol. 1–18. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Rio de Janeiro.
- Reese, G.C., Kenneth, R.W., Jennifer, A.H., Curtis, H.F., 2005. Factors affecting species distribution predictions: A simulation modeling experiment. *Ecological Applications* 15, 554–564.
- Ribeiro, M.d.N.G., Adis, J., 1984. Local rainfall variability—a potential bias for bioecological studies in the Central Amazon. *Acta Amazonica* 14, 159–174.
- Ricklefs, R., 2004. A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecology Letters* 7, 1–15.
- Rocha, A.E.S.da., Silva, M.F.F.da., 2005. Aspectos fitossociológicos, florísticos e etnobotânicos das palmeiras (*Arecaceae*) de floresta secundária no município de Bragança, PA, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19, 657–667.

- Rodan, B., Newton, A., Veríssimo, A., 1992. Mahogany conservation: status and policy initiatives. *Environmental Conservation* 19, 331-342.
- Rushton, S.P., Ormerod, S.J., Kerby, G., 2004. New paradigms for modelling species distributions? *Journal of Applied Ecology*. 41, 193–200.
- Santos, K.A.J., Ferreira, G.C., Martins-Da-Silva, R.C.V., 2000. Acervo do herbário IAN 2-Lecythidaceae Poiteau. In, EMBRAPA-CPATU, Belém, p. 190.
- Salati, E., Marques, J., 1984. Climatology of Amazon Region. In: SIOLI, H. (Ed.), *The Limnology and landscape-ecology of a mighty river and its Basin*, pp. 85-126.
- Salati, E., 1985. As florestas e a água. *Ciência Hoje* 3. 58-64.
- Scariot, A., 1999. Forest fragmentation effects on palm diversity in central Amazonia. *Journal of Ecology* 87, 66-76.
- Schietti, J., Drucker, D., Keizer, E., Filho, A.C., Magnusson, W. 2007. Avaliação do uso de dados SRTM para estudos ecológicos na Amazônia central. In, *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto*. INPE, Florianópolis, pp. 6949-6955.
- Schulman, L., Toivonen, T., Ruokolainen, K., 2007. Analysing botanical collecting effort in Amazonia and correcting for it in species range estimation. *Journal of Biogeography* 34, 1388-1399.
- Siqueira, M.F., 2005. Uso de modelagem de nicho fundamental na avaliação do padrão de distribuição geográfica de espécies vegetais. In, *Escola de Engenharia de São Carlos*, São Paulo, p. 119.
- Soberón, J., Peterson, A.T., 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and specie's distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2, 1-10.
- Stockwell, D.R.B., Peterson, A.T., 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling* 148, 1-13.
- Swets, J.A., 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240, 1285-1293.
- ter Steege, H., Sebatier, D., Castellano, H., Andel, T.V., Duivenvoorden, J., Oliveira, A.A., Lilwah, R., Maas, P., Mori, S., 2000. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *Journal of Tropical Ecology*. 16, 801-828.

- ter Steege, H., Pitman, N., Phillips, O.L., Chave, J., Sabatier, D., Duque, A., Molino, J.F., Prevoist, M.F., Spichiger, R., Castellanos, H., van Hildebrand, P., Vasquez, R., 2006. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. *Nature* 443, 444-447.
- Uhl, C., Murphy, P.G., 1981. Composition, structure, and regeneration of terra firme in the Amazon basin of Venezuela. *Tropical Ecology* 22, 219-237
- Uhl, C., Vieira, I.C.G., 1991. Seleção Predatória. *Ciência Hoje* Volume especial, 108-115.
- USGS (U.S. Geological Survey). HYDRO 1k Elevation Derivative Database. Disponível em: <<http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro>. Acesso em: 03.01.2011.
- Valera, F.P., 1997. Genetic Resources of *Swietenia* and *Cedrela* in the Neotropics: Proposals for Coordinated Action. Forest Resources Division, Forestry Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 57p.

Apêndice1: valores mínimos, máximos, médios e desvio-padrão para as variáveis com maiores contribuições para descrever os ambientes mais favoráveis para cada espécie

Especie	Variável	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD
<i>A. aculeatum</i>	Altitude	41	188	147	119	38
<i>A. maripa</i>	Altitude	21	358	337	137	53
<i>S. macrophylla</i>	Altitude	125	126	1	126	1
<i>E. oleracea</i>	bio 3	68	81	13	75	5
<i>M. flexuosa</i>	bio3	68	89	21	83	5
<i>A. aculeatum</i>	bio 4	411	1367	956	759	299
<i>A. maripa</i>	bio 4	386	1109	723	477	142
<i>C. odorata</i>	bio 4	166	1970	1804	598	279
<i>E. oleracea</i>	bio 4	185	55537	55352	1459	7360
<i>H. excelsum</i>	bio 4	249	700	451	458	105
<i>M. huberi</i>	bio 4	236	741	505	473	111
<i>M. flexuosa</i>	bio 4	310	1384	1074	514	203
<i>M. itauba</i>	bio 4	253	985	732	467	119
<i>S. macrophylla</i>	bio 4	274	2248	1974	727	498
<i>H. impetiginosus</i>	bio 11	129	271	142	236	27
<i>C. odorata</i>	bio 12	253	7693	7440	2187	620
<i>H. excelsum</i>	bio 12	1619	3488	1869	2322	382
<i>M. huberi</i>	bio 12	1564	3572	2008	2239	357
<i>M. itauba</i>	bio 12	1502	3831	2329	2312	416
<i>A. murumuru</i>	bio 12	1229	3565	2336	2711	408
<i>S. macrophylla</i>	bio 12	1105	3794	2689	2011	557
<i>O. bacaba</i>	bio 13	273	550	277	413	79
<i>A. maripa</i>	bio 14	9	223	214	156	50
<i>E. oleracea</i>	bio 14	11	55537	55526	1112	7407
<i>A. murumuru</i>	bio 14	21	227	206	148	51
<i>O. bacaba</i>	bio 14	20	191	171	62	33
<i>A. maripa</i>	bio 15	7	81	74	21	16
<i>A. aculeatum</i>	bio 16	605	1154	549	808	148
<i>H. excelsum</i>	bio 16	751	1424	673	960	121
<i>M. huberi</i>	bio 16	678	1447	769	971	132
<i>M. itauba</i>	bio 16	695	1421	726	936	110
<i>S. macrophylla</i>	bio 16	499	1357	858	856	161
<i>H. impetiginosus</i>	bio 16	267	1418	1151	814	234
<i>M. flexuosa</i>	bio 17	1	746	745	467	190
<i>A. murumuru</i>	bio 17	91	709	618	488	155
<i>S. macrophylla</i>	bio 17	26	709	683	147	183
<i>M. huberi</i>	bio 18	85	930	845	300	134
<i>M. flexuosa</i>	bio 18	144	1098	954	641	177
<i>A. murumuru</i>	bio 18	229	963	734	679	128
<i>A. maripa</i>	bio 19	186	1342	1156	606	200
<i>E. oleracea</i>	bio 19	198	55537	55339	1801	7327
<i>O. bacaba</i>	bio 19	145	1314	1169	778	347

ANEXO: Normas da revista Forest Ecology

Preparação do manuscrito para Forest Ecology and Management

Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format, and 1.5 line-spacing and line-numbering should be used throughout. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your wordprocessor.

Article structure

Subdivision

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- ***Title.*** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- ***Author names and affiliations.*** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate

address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- ***Corresponding author.*** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**

- ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required (not longer than 400 words). The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself

Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531×1328 pixels (h \times w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5×13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical

requirements: ➡ [Illustration Service](#).

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Units

SI (Système International d'unités) should be used for all units except where common usage dictates otherwise. Examples of non-SI that may be more appropriate (depending on context) in many ecological and forestry measurements are ha rather than m², year rather than second. Use Mg ha⁻¹, not tonnes ha⁻¹, and use µg g⁻¹, not ppm (or for volume, µL L⁻¹ or equivalent). Tree diameter will generally be in cm (an approved SI unit) rather than m. Units should be in the following style: kg ha⁻¹ year⁻¹, kg m⁻³. Non-SI units should be spelled in full (e.g. year). Do not insert 'non-units' within compound units: for example, write 300 kg ha⁻¹ of nitrogen (or N), not 300 kg N ha⁻¹.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp.

Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as 'graphics' or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):
EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF: Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is'.

Please do not:

- Supply files that are optimised for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure Captions

Number figures consecutively in accordance with their appearance in the text. Ensure that each figure has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the figure. Keep text in the figures themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data

presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (☞ <http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (☞ <http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of

publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to

Index Medicus journal abbreviations: ➡ <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>;

List of title word abbreviations: ➡ <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>;

CAS (Chemical Abstracts Service): ➡ <http://www.cas.org/sent.html>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB.

Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: ➡ <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including

ScienceDirect: ➡ <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Linking to and depositing data at PANGAEA

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (➡ <http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: ➡ [doi:10.1016/0016-7037\(95\)00105-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00105-9). Please use PANGAEA's web interface to submit your data (➡ <http://www.pangaea.de/submit/>).

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any

item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone and fax numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site

at ➞ <http://support.elsevier.com>