



## MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE QUATRO ESPÉCIES COMPONENTES DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO BRASIL

Ana Paula Araujo Correa<sup>1</sup>, Marcos Silveira Wrege<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista PIBIC, Estudante, Graduação em Ciências Biológicas, UFPR, Curitiba-PR

<sup>2</sup>Pesquisador em Agrometeorologia, Embrapa Florestas, Curitiba-PR. E-mail: marcos.wrege@embrapa.br,

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para, Belém, PA

**RESUMO.** A Floresta Ombrófila Mista (FOM) ocupa regiões de alto rigor climático, com representatividade social e ecológica significativa. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um estudo de modelagem de distribuição potencial para as principais espécies da Floresta Ombrófila Mista, indicando áreas ambientalmente adequadas a partir de parâmetros climáticos de temperatura e pluviosidade. As delimitações foram feitas através da modelagem de nicho ecológico, onde foram relacionados matematicamente os locais de ocorrência das espécies com camadas de dados climáticos. Os pontos de ocorrência das espécies foram levantados no banco de dados do Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA) e na literatura, e os dados climáticos do Brasil fornecidos por diversas instituições de pesquisa. Os cenários climáticos e os mapas finais foram elaborados usando o software *ArcGIS 10*, e a modelagem espacial foi desenvolvida com o software *OpenModeller*. Os modelos de distribuição demonstraram uma alta correlação entre os parâmetros climáticos e a distribuição potencial das espécies. Todas as espécies apresentaram restrições a esta unidade fitoecológica, corroborando a necessidade de estratégias de conservação e manejo sustentável, que possam garantir a sua continuidade e o cumprimento de sua função socioambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** distribuição potencial; baixas temperaturas, espécies nativas.

## MODELING OF POTENTIAL DISTRIBUTION TO FOUR SPECIES COMPONENTS OF SUBTROPICAL OMBROPHILOUS FOREST IN BRAZIL

**ABSTRACT.** The Araucaria Forest (FOM) occupy regions of high rigorous climate, with significant social and ecological representativeness. The objective of this study was to develop a modeling study of potential distribution for the main species of Araucaria Forest, indicating environmentally appropriate areas from climatic parameters in temperature and rainfall. The delimitations were made by ecological niche modeling, which were related mathematically the places of occurrence of species with climate data layers. The points of occurrence of the species were collected in the database of the Reference Center on Environmental Information (CRIA) and literature, and climatic data of Brazil provided by various research institutions. The climate scenarios and the final maps were developed using the ArcGIS 10 software and spatial modeling was developed with the software OpenModeller. Distribution models demonstrated a high correlation between climatic parameters and the potential distribution of the species. All species restrictions to this unit phytoecological, confirming the need for





strategies for conservation and sustainable management, which can ensure its continuity and fulfillment of its social and environmental.

**KEY-WORDS:** potential distribution; low temperature; native species.

## INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) é uma unidade fitoecológica que contempla a coexistência de representantes da flora tropical e temperada distribuídas em locais de elevada altitude, baixas temperaturas médias anuais, e com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (RODERJAN et al., 2002). Compreende formações florestais típicas e exclusivas dos planaltos da região Sul do Brasil, com disjunções na região Sudeste, e estendendo-se para o nordeste da Argentina e leste do Paraguai (RODERJAN et al., 2002). Em função de sua intensa exploração no passado, a FOM encontra-se hoje bastante fragmentada e reduzida a menos de 1% de sua área original, em estágio sucessional avançado e bem conservado (CASTELLA; BRITTEZ, 2004). A conservação e a restauração dos remanescentes de FOM são de grande importância ambiental, principalmente por contribuírem para uma maior conexão entre fragmentos e reservas florestais (HIGUCHI et al., 2012), favorecendo a sustentabilidade e sobrevivência das populações dentro destes ecossistemas.

A composição florística desta unidade inclui algumas espécies exclusivas e que são de alto valor econômico, como a araucária, a erva-mate, a bracatinga e a imbuia. Do ponto de vista social, existe uma grande discussão que envolve a questão da pressão contínua a qual a FOM está sujeita, devido à extração ilegal de essências florestais e substituição por outros usos da terra, como a pecuária e as florestas plantadas (LIEBSCH; MIKICH, 2009), e o fato de muitas comunidades rurais dependerem da FOM para garantir sua fonte de renda, por meio da extração da semente da araucária (pinhão), e de outros produtos madeireiros e não madeireiros (HIGUCHI et al., 2012).

Devido à sua importância socioambiental e representatividade na caracterização de uma floresta que ocupa regiões de alto rigor climático, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um estudo de modelagem de distribuição potencial para as principais espécies da Floresta Ombrófila Mista, indicando áreas ambientalmente adequadas a partir de parâmetros climáticos de temperatura e pluviosidade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A modelagem de distribuição de espécies tem como finalidade estimar modelos baseados em nichos ecológicos (RODRIGUES, 2012), convertendo dados primários de ocorrência de espécie em mapas de distribuição geográfica, e indicando a provável presença ou ausência da espécie em determinado local, a partir de um conjunto de variáveis ambientais com as quais os indivíduos de uma espécie são capazes de sobreviver e manter suas populações.

Neste estudo, a distribuição potencial foi construída para quatro espécies arbóreas que integram a composição florística da Floresta Ombrófila Mista, de interesse ecológico-econômico (Tabela 1).





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



Tabela 1. Espécies florestais nativas da Floresta Ombrófila Mista, de interesse ecológico-econômico.

Espécie	Nome comum
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Kuntze	Araucária
<i>Ilex paraguariensis</i> A. St. Hill	Erva-mate
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Bracatinga
<i>Ocotea porosa</i> (Ness & C. Mart.)	Imbuia

Inicialmente, elaborou-se um banco de dados de ocorrência geográfica das espécies, a partir de dados compilados na literatura, em áreas experimentais da Embrapa Florestas, e no banco de dados do CRIA - Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA, 2013). O sistema de coordenadas geográficas para todo o processo foi o WGS 1984, em grau decimal. Em seguida, realizou-se o mapeamento de variáveis meteorológicas e ambientais. As variáveis ambientais definidas consideraram altitude, latitude e longitude como limites geográficos, e os dados climáticos de séries temporais de uma rede de estações fornecidos pelo INMET em todo o Brasil e dados extraídos do Atlas Climático da Região Sul do Brasil (WREGE et al., 2011), fornecidos pelas instituições estaduais de pesquisa da região sul do Brasil, entre as quais Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) e Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), sendo usado o período histórico de 1920 a 2010, para médias anuais de temperaturas máxima, média e mínima do ar e precipitação pluviométrica acumulada em um ano, em um total de 715 estações meteorológicas. Usando dados de temperatura do ar, foi calculada a evapotranspiração potencial (ETP) acumulada em um mês, pelo método de THORNTHWAITE (1948), segundo as equações 1 a 4:

$$ETP = f \times 16 \times (10 \times tmed/I)^a \quad (\text{Equação 1})$$

Em que,

$$f = [0,006 \times (-1) \times \text{latitude} + 1,01] \quad (\text{Equação 2})$$

$$I = \sum_{12}^1 (tmed/5)^{1,514} \quad (\text{Equação 3})$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 0,01791 \times I + 0,492 \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

f: representa a função de ajuste do modelo para cada local, considerando-se que a equação é dada para calcular a ETP em um período de 12 horas de brilho solar, o que não ocorre em todas as regiões;

I: é o índice anual de calor;

a: é a função cúbica do índice anual de calor;

tmed: é a temperatura média do ar nos meses de janeiro a dezembro, em °C;

$\sum_{12}^1 tmed$ : é o somatório das temperaturas médias do ar de janeiro a dezembro, em °C.

A latitude, na equação, foi expressa em graus decimais negativos e serviu para calibrar os valores de ETP para cada local.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



Para a análise da contribuição das variáveis de temperatura para o modelo, foi realizada uma análise estatística multivariada, aplicando-se o modelo de regressão linear múltipla, cuja significância permite estimar uma maior correlação entre as variáveis de temperatura e relevo, conforme equação 5:

$$\text{risco de geada (0 a 1)} = \alpha + \beta \times \text{latitude} + \chi \times \text{longitude} + \delta \times \text{altitude} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que,

$\alpha$  = constante;

$\beta$  = coeficiente da latitude (representada em graus decimais negativos);

$\chi$  = coeficiente da longitude (representada em graus decimais negativos);

$\delta$  = coeficiente da altitude (m s.n.m.).

O modelo de superfície do terreno usado foi o GTOPO30, o qual reproduz as cotas altimétricas do Brasil, elaborado pelo serviço geológico dos Estados Unidos (USGS, 2011) a partir de imagens de satélite da Terra. Foram elaborados, também, modelos dos paralelos e dos meridianos (representando o efeito de continentalidade), modelos que reproduzem a latitude e a longitude do Brasil, na escala 1:250.000, exatamente como o modelo de superfície do terreno.

Por sua vez, a precipitação foi estimada a partir de métodos de interpolação espacial, sendo a *krigagem por indicação* a técnica mais utilizada, por adotar o princípio de que a correlação espacial entre observações vizinhas pode prever valores para locais não-amostrados (CARVALHO; ASSAD, 2005).

A construção dos cenários climáticos mensais foi executada no programa ArcGis 10.0, através da geração de mapas em formato *Raster*, utilizando os resultados das regressões e interpolações, para temperatura e precipitação, respectivamente. Os mapas foram gerados para todo o Brasil e as delimitações foram feitas utilizando-se as divisas do IBGE (IBGE, 2011). Em seguida, os mapas foram convertidos em *ASCII*, para que pudessem ser empregados no processo de modelagem de distribuição de espécies.

A modelagem de distribuição foi desenvolvida em ambiente computacional, no programa *OpenModeller*, uma ferramenta de código aberto desenvolvida pelo CRIA, que permite reunir vários algoritmos em uma única arquitetura, facilitando a comparação dos resultados gerados. Os modelos são criados a partir de um conjunto de pontos de ocorrência (latitude/longitude) associados a um conjunto de camadas ambientais definidos pelo usuário. Por apresentarem maior similaridade com os pontos de presença/ausência das espécies analisadas, foram aplicados os seguintes algoritmos:

- *Niche Mosaic*: utiliza um padrão de busca para encontrar uma solução ideal para um conjunto de variáveis bioclimáticas em torno de cada ponto de presença registrado (CANHOS, 2009).

- *Envelope Score*: a amplitude ambiental de ocorrência da espécie é estimada pelos valores máximos e mínimos de cada variável ambiental definida em todos os locais de ocorrência da espécie, e a sua distribuição potencial é definida como todas as quadrículas em que todas as variáveis ambientais estão presentes dentro deste intervalo (PRADO et al., 2003).

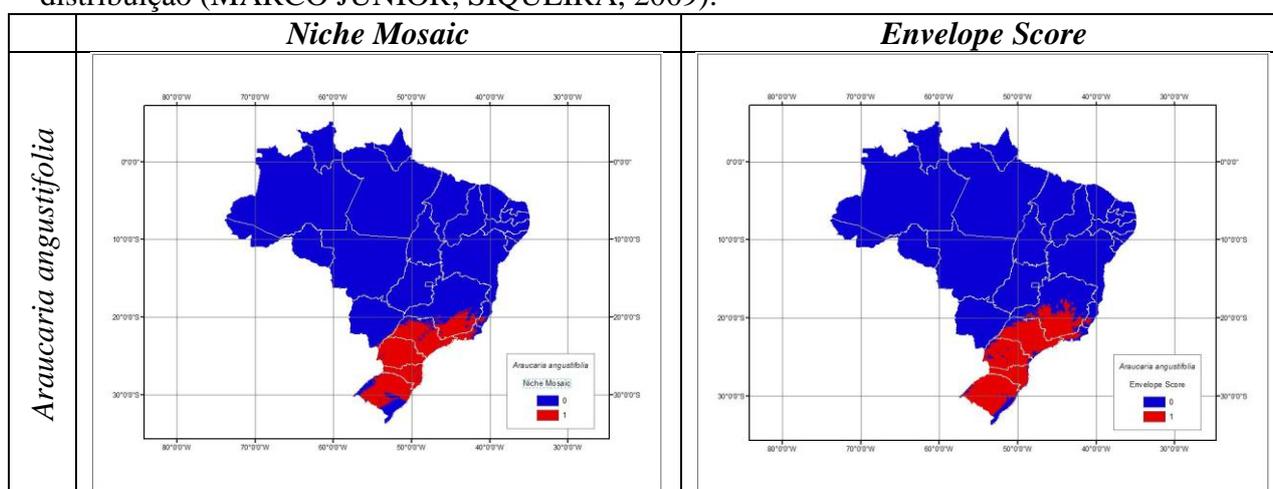


## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos mapas de distribuição potencial de ocorrência das espécies são apresentadas as delimitações das zonas de ocorrência das espécies florestais, citadas anteriormente na Tabela 1, gerados no software *OpenModeller*, através dos algoritmos *Niche Mosaic* e *Envelope Score* (Figura 1).

Vários estudos demonstram que a acurácia dos modelos de distribuição potencial aumenta na medida em que são disponibilizadas um maior número de pontos de ocorrência, assim como a resolução e a escolha das variáveis ambientais afetam fortemente os resultados da modelagem (MARCO JÚNIOR; SIQUEIRA, 2009). Os modelos de distribuição gerados pelo algoritmo *Niche Mosaic* apresentaram uma grande similaridade entre os pontos de presença identificados no projeto e os pontos de ocorrência registrados no banco de dados, sugerindo uma alta correlação entre as variáveis ambientais (temperatura e pluviosidade) e os locais de ocorrências das espécies. Para os modelos criados pelo algoritmo *Envelope Score*, a ampliação dos locais de ocorrência se deve à estimativa dos valores máximos e mínimos de cada variável ambiental dentro dos locais de ocorrência de cada espécie.

É necessário enfatizar que o número os pontos de ocorrência registrados para as espécies foram irregulares entre si, e isso poderia interferir no resultado final do processo de modelagem. Em problemas de conservação de espécies espera-se que o número de pontos de ocorrência disponíveis deva ser considerado o principal limitante para modelos de distribuição (MARCO JÚNIOR; SIQUEIRA, 2009).



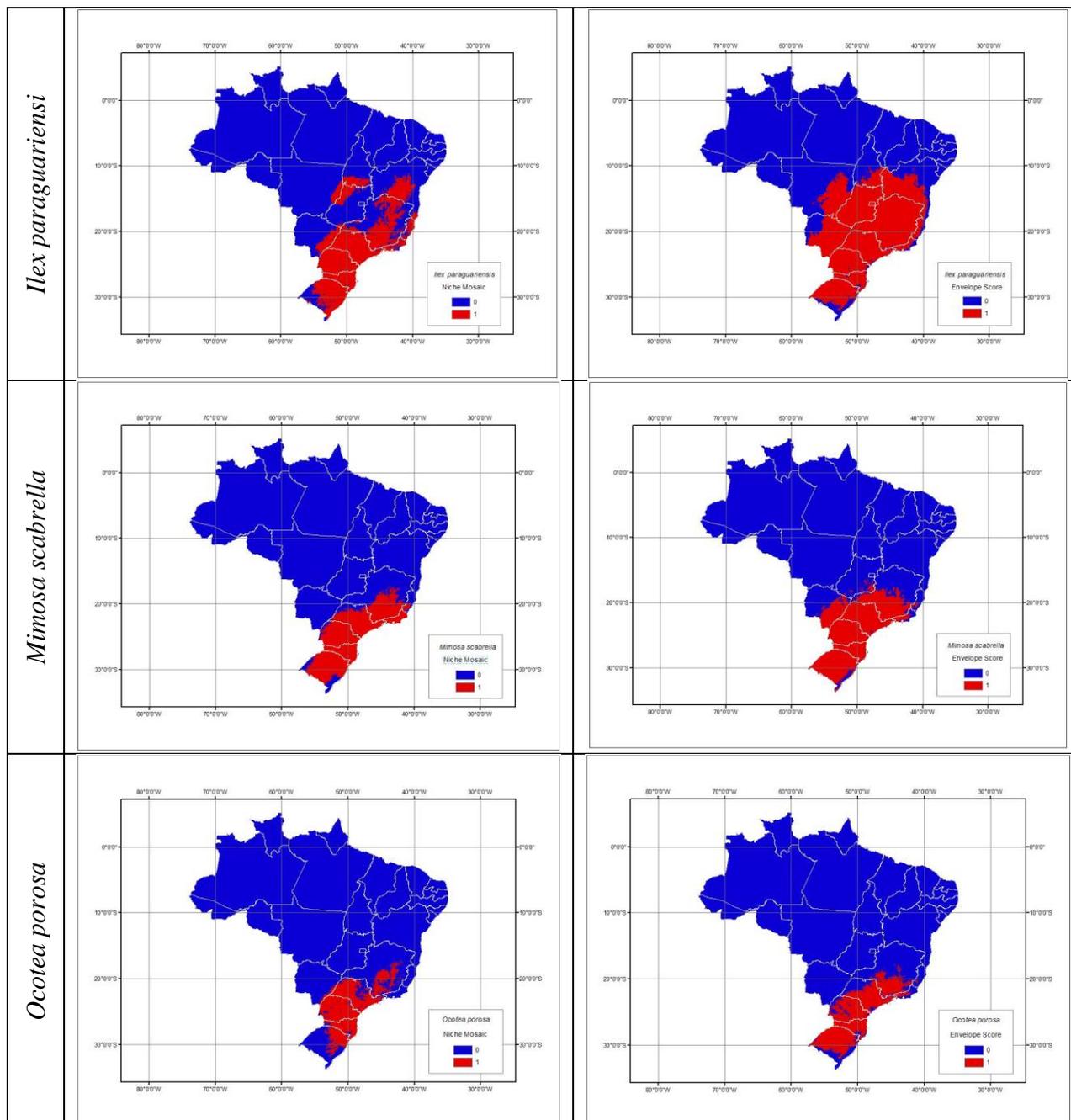


Figura 1. Delimitação das zonas de ocorrência e distribuição potencial de araucária (*A. angustifolia*), erva-mate (*I. paraguariensis*), bracatinga (*M. scabrella*) e imbuia (*O. porosa*), baseado nos algoritmos *Niche Mosaic* e *Envelope Score*.



## CONCLUSÃO

No presente trabalho, ambos os modelos de distribuição empregados demonstraram uma alta correlação entre os parâmetros climáticos e a distribuição potencial das espécies. Todas as espécies apresentaram restrições a esta unidade fitoecológica, corroborando a necessidade de estratégias de conservação e manejo sustentável, que possam garantir a sua continuidade e o cumprimento de sua função socioambiental.

## REFERÊNCIAS

- CANHOS, V. P. **OpenModeller**: a framework for species distribution modeling. 2009. Disponível em: [http://openmodeller.cria.org.br/documentos/relatorios/openModeller\\_Report\\_4.pdf](http://openmodeller.cria.org.br/documentos/relatorios/openModeller_Report_4.pdf). Acesso em 29 mai 2013.
- CARPANEZZI, A. A.; CARVALHO, P. E. R. **Cultivo da araucária**: aspectos ecológicos. Embrapa Florestas, Sistemas de Produção, 7, 2 ed., nov 2010. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Araucaria/CultivodaAraucaria\\_2ed/Aspectos\\_Ecologicos.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Araucaria/CultivodaAraucaria_2ed/Aspectos_Ecologicos.htm). Acesso em 05 jun 2013.
- CARVALHO, P. E. R. **Cultivo da bracatinga**. Embrapa Florestas, Sistemas de Produção, 6, out 2003. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Bracatinga/CultivodaBracatinga/06\\_aspectos\\_ecologicos.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Bracatinga/CultivodaBracatinga/06_aspectos_ecologicos.htm). Acesso em 04 jun 2013.
- CARVALHO, J. R. P. DE; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 377–384, ago. 2005.
- CASTELLA, P. R.; BRITZ, R. M. **A floresta com araucária no Paraná**: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2004.
- HIGUCHI, P. et al. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 22, n. 1, p. 79–90, 2012.
- KLEIN, R. M. Árvores nativas da Ilha de Santa Catarina. **Insula**, Florianópolis. n. 3, 1969, p. 3-93.
- LIEBSCH, D.; MIKICH, B. O. S. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brasil. **Revista Brasil**, v. 32, n. 2, p. 375–391, 2009.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
*Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia*



MARCO JÚNIOR, P. DE; SIQUEIRA, M. F. DE. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? **Megadiversidade**, v. 5, n. 12, p. 65–76, 2009.

PRADO, P. I. et al. Avaliação de modelos de distribuição geográfica e sua aplicação para prever a ocorrência de espécies de mamíferos no Corredor Central da Mata Atlântica. In: **Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia**. CD-ROM. Ilhéus: IESB / CI / CABS / UFMG / UNICAMP, 2003. p. 1–16.

RODERJAN, C. V. et al. Unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, jan-jun, p. 75–92, 2002.

RODRIGUES, C. **Teoria da informação e adaptatividade na modelagem de distribuição de espécies**. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

