

**Modelos de Distribuição de Espécies –
subsídios para a coleta e a conservação de
Ocotea porosa (Nees) L. (Lauraceae)**

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 181

Modelos de Distribuição de Espécies – subsídios para a coleta e a conservação de *Ocotea porosa* (Nees) L. (Lauraceae).

Marcelo Brilhante: Doutor em Ecologia

Vinícius de Souza: Bacharel em Geografia

Sérgio Noronha: Bacharel em Geografia

Cecília Borges: Bacharel em Engenharia Florestal.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Serviço de Atendimento ao Cidadão
Parque Estação Biológica, Av. W/5 Norte (Final) –
Brasília, DF CEP 70770-900 – Caixa Postal 02372 PABX: (61) 448-4600 Fax: (61) 340-3624
<http://www.cenargen.embrapa.br>
e.mail:sac@cenargen.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Sergio Mauro Folle*
Secretário-Executivo: *Maria da Graça Simões Pires Negrão*
Membros: *Arthur da Silva Marante*
Maria de Fátima Batista
Maurício Machain Franco
Regina Maria Dechechi Carneiro
Sueli Correa Marques de Mello
Vera Tavares de Campos Carneiro
Supervisor editorial: *Maria da Graça S. P. Negrão*
Normalização Bibliográfica: *Maria Iara Pereira Machado*
Editoração eletrônica:

1ª edição

1ª impressão (2007):

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

M 689 Modelos de distribuição de espécies – subsídios para a coleta e a conservação de
Ocotea porosa (Nees) L. (Lauraceae) / Marcelo Brillhante ... [et al.]. -- Brasília,
DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007.
11 p. -- (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Recursos
Genéticos e Biotecnologia, 1676 - 1340; 181).

1. *Ocotea porosa* - coleta e conservação. 2. Germoplasma vegetal. 3.
Lauraceae. I. Brillhante, Marcelo. II. Série.

333.9534 - CDD 21.

Modelos de Distribuição de Espécies – subsídios para a coleta e a conservação de *Ocotea porosa* (Nees) L. (Lauraceae)

Marcelo Brilhante¹

Vinícius de Souza²

Sérgio Noronha³

Cecília Borges⁴

Introdução

Os modelos de distribuição de espécies têm um amplo espectro de aplicação como, por exemplo, para avaliar o potencial de invasão de espécies exóticas ou pragas (SUTHERST et al., 2000), para obter conhecimento em biogeografia e biologia das espécies (ANDERSON et al., 2002), para identificação de *hotspots* de espécies ameaçadas (GODOWN e PETERSON, 2000) e para o estabelecimento de áreas apropriadas para translocações/relocações ou cultivo (CUNNINGHAM et al., 2002).

A disponibilidade de dados ambientais, juntamente com o uso de computadores, tem permitido um rápido aumento na predição de modelos de requerimentos ambientais e distribuição geográfica das espécies (PHILLIPS et al., 2006).

Os modelos baseados em nichos ecológicos, também conhecidos como Modelos de Distribuição de Espécies-MDEs, representam uma aproximação dos requerimentos ambientais de determinadas espécies, representando um conjunto de condições que permitem a sobrevivência a longo prazo (BROWN e LOMOLINO, 1998). A primeira idéia de nicho foi definida como sendo simplesmente os locais (habitats) onde os requisitos para uma determinada espécie viver e se reproduzir estão presentes (GRINELL, 1917). O nicho ecológico foi definido então por Hutchinson (1957) como sendo um espaço com um hipervolume n-dimensional onde cada dimensão representa o intervalo de condições ambientais ou de recursos necessários para a sobrevivência e reprodução da espécie.

O uso dos modelos baseados em nichos ecológicos e em distribuição espacial pode subsidiar a coleta e a conservação de germoplasma vegetal de recursos genéticos em áreas sob impacto

¹ Doutor em Ecologia, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

² Bacharel em Geografia

³ Bacharel em Geografia, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

⁴ Bacharel em Engenharia Florestal

ambiental, como por exemplo, áreas de hidrelétricas. Através de mapas de distribuição potencial das espécies, os esforços de coleta podem ser direcionados para áreas previamente selecionadas, diminuindo custos e tempo na localização de remanescentes populacionais. Além disso, a modelagem dos requerimentos ambientais pode também subsidiar a re-introdução de germoplasma na área de origem através de plantios como estratégia de conservação *in situ*. Este estudo teve por objetivo gerar e comparar Modelos de Distribuição Espacial para *Ocotea porosa* (Nees) L., conhecida popularmente como Imbuia, como uma nova ferramenta para subsidiar a coleta e a conservação de germoplasma vegetal.

Material e Métodos

Caracterização da espécie *Ocotea porosa* (Nees) L. e do seu habitat

A Floresta Ombrófila Mista Montana caracteriza-se pela ocorrência freqüente da *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze, árvore emergente que também caracteriza esta formação como Floresta de Araucária ou Pinhais. De sua extensão original estimada em 200.000 km² restam atualmente aproximadamente 5%, dos quais menos de 1% guardam todas suas características originais (BRASIL, 2007). Ao norte de Santa Catarina e ao sul do Paraná, a espécie *A. angustifolia* estava associada à *O. porosa*, formando agrupamentos característicos. Embora tenha sido uma formação com área bastante extensa em vários estados do sul e sudeste e, principalmente em Santa Catarina, os desmatamentos no Planalto Meridional no século passado restringiram a área de ocorrência desta formação a poucos remanescentes pequenos e isolados (REITZ e KLEIN, 1966).

A ocorrência natural de *O. porosa*, pertencente à família Lauraceae, inclui desde a latitude 22° 30' (RJ) a 29° 50' S (RS), abrangendo os estados do Paraná (sul e centro), Rio de Janeiro (Itatiaia), Rio Grande do Sul (nordeste), Santa Catarina (norte) e São Paulo (Serra da Cantareira), com maior concentração em Santa Catarina (CARVALHO, 1994). É uma árvore de grande porte, até 30 m de altura, outrora muito abundante na Floresta Ombrófila Mista na região Sul, predominando no sub-bosque com outras espécies de Lauraceae (KLEIN, 1963).

A espécie *O. porosa*, juntamente com *Araucaria angustifolia*, foi alvo de intensa exploração pela indústria madeireira durante as últimas décadas, o que resultou em elevada diminuição das populações remanescentes destas espécies (CALDATO et al., 1999).

Modelagem da Distribuição Espacial

A modelagem de distribuição potencial de *Ocotea porosa* foi realizada através de coordenadas de registros de ocorrência das espécies e mapas temáticos que resumem a informação ambiental sobre a distribuição desta espécie.

Os registros de presença (coordenadas geográficas) foram gerados através de consultas às bases de dados na Internet, incluindo Trópicos³ - Missouri Botanical Garden (MISSOURI..., 2007) e

Species Link (CENTRO..., 2007). Nesta última base de dados foram obtidas coordenadas de material coletado dos seguintes herbários e fontes: Instituto Agronômico de Campinas, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Dom Bento Pickel, Missoure Botanical Garden e SinBiota. Além destes, foram obtidas coordenadas geográficas do Herbário da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. No total foram utilizados 31 pontos de coordenadas geográficas para a geração de MDEs.

Os dados abióticos (mapas temáticos) foram utilizados com os dados de clima (precipitação máxima, mínima e média e temperatura máxima, mínima e média) e altitude (imagem de radar) disponíveis na base de dados Worldclim (HIJMANS et al., 2007). A resolução espacial utilizada compreendeu um quadrante de 5 minutos.

Para a geração dos modelos foram utilizados dois programas: 1. Openmodeller Gui (FREE..., 1991): ambiente de modelagem que permite o uso de vários algoritmos para a geração de MDEs, incluindo GARP-Algoritmo Genético para Predição de Regras (ANDERSON et al., 2002) e Bioclim (BEUMONT et al., 2005); 2. Maxent versão 2.3.0-Método de Máxima Entropia (PHILLIPS et al., 2006), o qual utiliza o algoritmo Maxent.

O algoritmo GARP opera sobre um conjunto de regras, realizando a “seleção natural” ao excluir as regras menos eficientes baseadas nos valores das camadas ambientais presentes nos registros de ocorrência das espécies. As regras são modificadas aleatoriamente através de operadores heurísticos de recombinação e mutação. Quando um número pré-determinado de iterações é atingido o algoritmo é finalizado (PHILLIPS et al., 2006).

O algoritmo Maxent baseia-se no princípio da máxima entropia, na qual a melhor aproximação para uma distribuição de probabilidades desconhecida é aquela que satisfaça qualquer restrição à distribuição (PHILLIPS et al., 2006).

O algoritmo Bioclim utiliza apenas dados de presença das espécies enquanto o GARP e o Maxent utilizam dados de presença e pseudo-ausência (pontos escolhidos aleatoriamente na área de estudo e que são usados como ausências durante a modelagem).

Os algoritmos GARP e Maxent foram utilizados com proporção de treino de 30% dos pontos de amostragem aleatoriamente para cálculo do erro de omissão (pontos de coordenadas que não coincidiram com o modelo de distribuição da espécie).

Para o algoritmo GARP foram desprezados os modelos gerados que apresentaram taxas de erro de omissão maiores que o nível de corte de 10%.

Análise ROC (curvas características de operação): utilizada para o algoritmo Maxent, esta análise permite avaliar a performance do modelo através dos possíveis limites de corte gerando um único valor, o qual representa a área sob a curva (AUC). A análise ROC é baseada na medida de sensibilidade, ou taxa de verdadeiros positivos (ausência de erro de omissão) versus a especificidade, ou taxa de falso positivo (erro de sobreposição).

Os mapas de distribuição espacial foram gerados com o programa ArcMap 9.0 (ESRI 2004), a partir dos modelos desenvolvidos nos programas OpenModeller e Maxent.

A validação dos modelos foi obtida através das estimativas de erro geradas pelo algoritmo GARP e Maxent, análise ROC e uso de dados de literatura sobre a distribuição da espécie.

Resultados e Discussão

O erro de omissão para o modelo selecionado do algoritmo GARP foi de 9,3% (acurácia de 90,7%) para o modelo.

A área sob a curva (AUC) com o modelo gerado pelo algoritmo Maxent com uma proporção de treino de 30% dos pontos de coordenadas apresentou valor igual a 0,951 (Figura 1), indicando um modelo eficiente.

De acordo com os dados de literatura (CARVALHO, 1994), os modelos de distribuição espacial gerados pelos três algoritmos foram eficientes para a representação da espécie *O. porosa*, abrangendo basicamente os estados do sul e sudeste.

O modelo gerado pelo algoritmo Bioclim (Figura 2), porém, não gerou uma gradação maior de probabilidade de ocorrência. A utilização de parâmetros climáticos mais importantes para a predição de distribuição espacial de espécies é um fator chave no uso de algoritmos como Bioclim (BEUMONT et al., 2005), assim como para outros. Os parâmetros ambientais utilizados para a geração dos MDEs de *O. porosa*, incluindo precipitação, temperatura e altitude, são de fato importantes para a predição de distribuição espacial da espécie. A associação dessa espécie com a formação Floresta Ombrófila Mista é outra informação essencial para a análise da eficiência dos modelos gerados. Ambos os MDEs concentraram a maior probabilidade de distribuição nesta formação florestal nos estados da região sul, além de outras formações do bioma Mata Atlântica que se encontram nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

O uso de algoritmos como Maxent e GARP pode gerar modelos de distribuição mais eficientes do que compilações de pontos conhecidos de distribuição de espécies (PHILLIPS et al., 2006), como os dados de herbário apenas. Os mesmos autores verificaram que ambos os algoritmos apresentaram resultados satisfatórios para a distribuição de duas espécies de mamíferos neotropicais. O algoritmo GARP tem a vantagem de reduzir erros de MDEs pela maximização da acurácia quando os modelos são selecionados pelo nível de corte do erro de omissão (ANDERSON et al., 2002). Neste sentido, os MDEs gerados pelo GARP (Figura 3) e Maxent (Figura 4) apresentaram uma maior gradação de probabilidade de ocorrência com a complementação de informações sobre taxas de erro de omissão dos pontos de coordenadas para reduzir a possibilidade de erros, o que os torna mais adequados para este estudo.

Considerando a carência de dados de coleta de muitas espécies, incluindo *O. porosa*, os MDEs gerados podem complementar as informações de distribuição espacial geradas apenas com dados de herbário, incluindo as condições ambientais requeridas (nicho ecológico) para subsidiar a coleta e a conservação a longo prazo da espécie. Os modelos podem ser úteis para a re-alocação

de genótipos resgatados e mantidos sob condição *ex situ* para as áreas de distribuição da espécie com base em seu nicho ecológico. Para as atividades de coleta de germoplasma em regiões amplas, a utilização de MDEs pode direcionar o trabalho de campo para locais mais precisos, principalmente quando as condições ambientais para a espécie apresentarem parâmetros mais específicos, resultando em distribuições espaciais mais limitadas. Além disso, estas ferramentas podem ser particularmente úteis para espécies com reduzida informação sobre distribuição espacial.

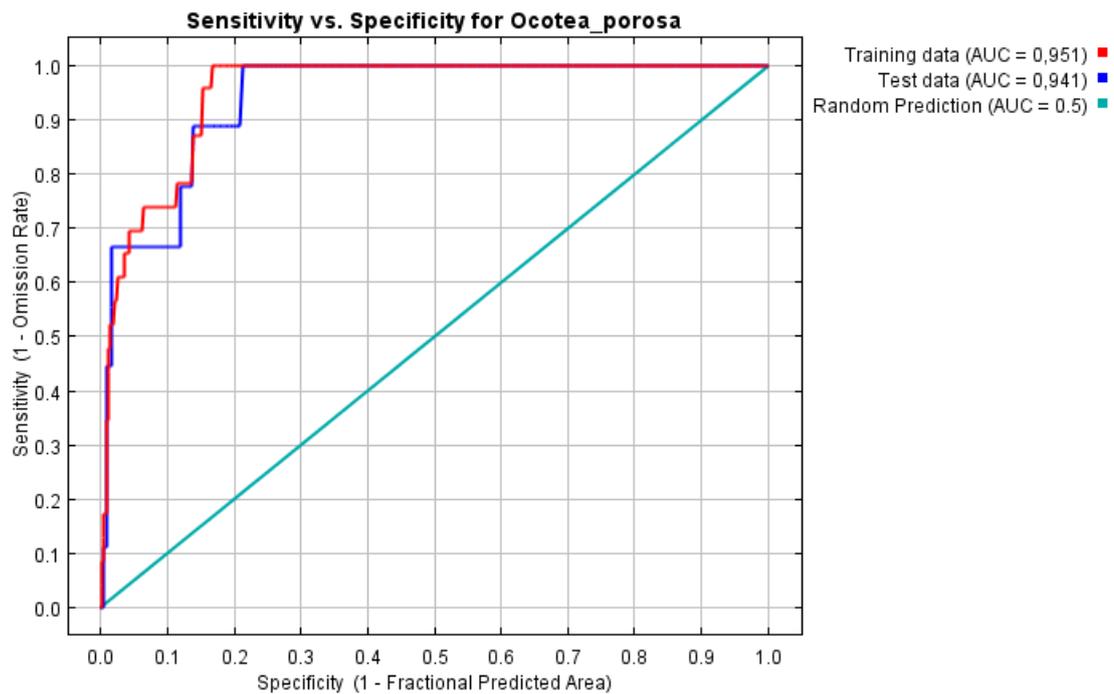


Figura 1: Curva ROC e área sob a curva (AUC) gerada para o MDE de *Ocotea porosa* com o algoritmo Maxent.

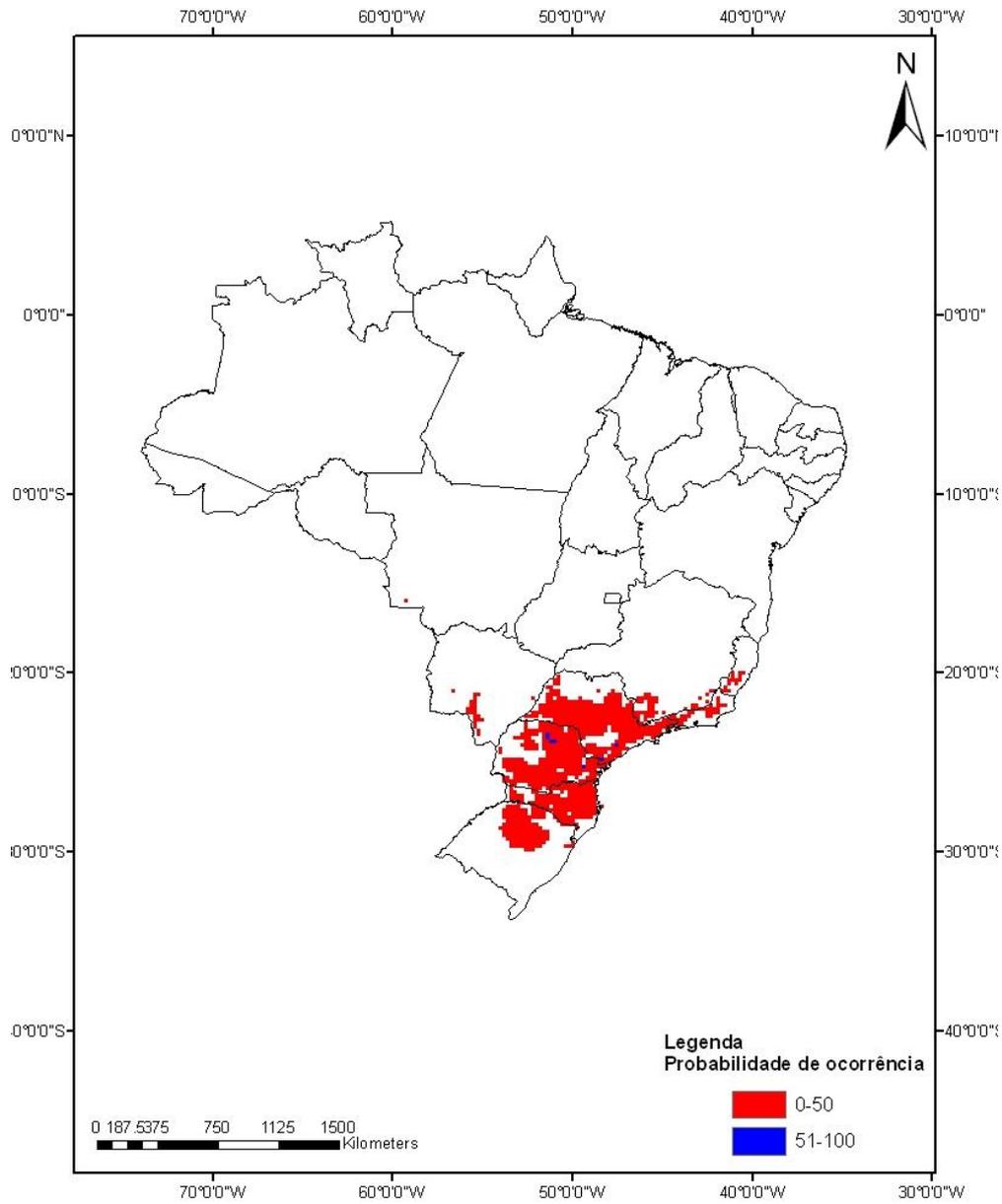


Figura 2: Modelo de Distribuição Espacial para a espécie *Ocotea porosa* no Brasil através do algoritmo Bioclim.

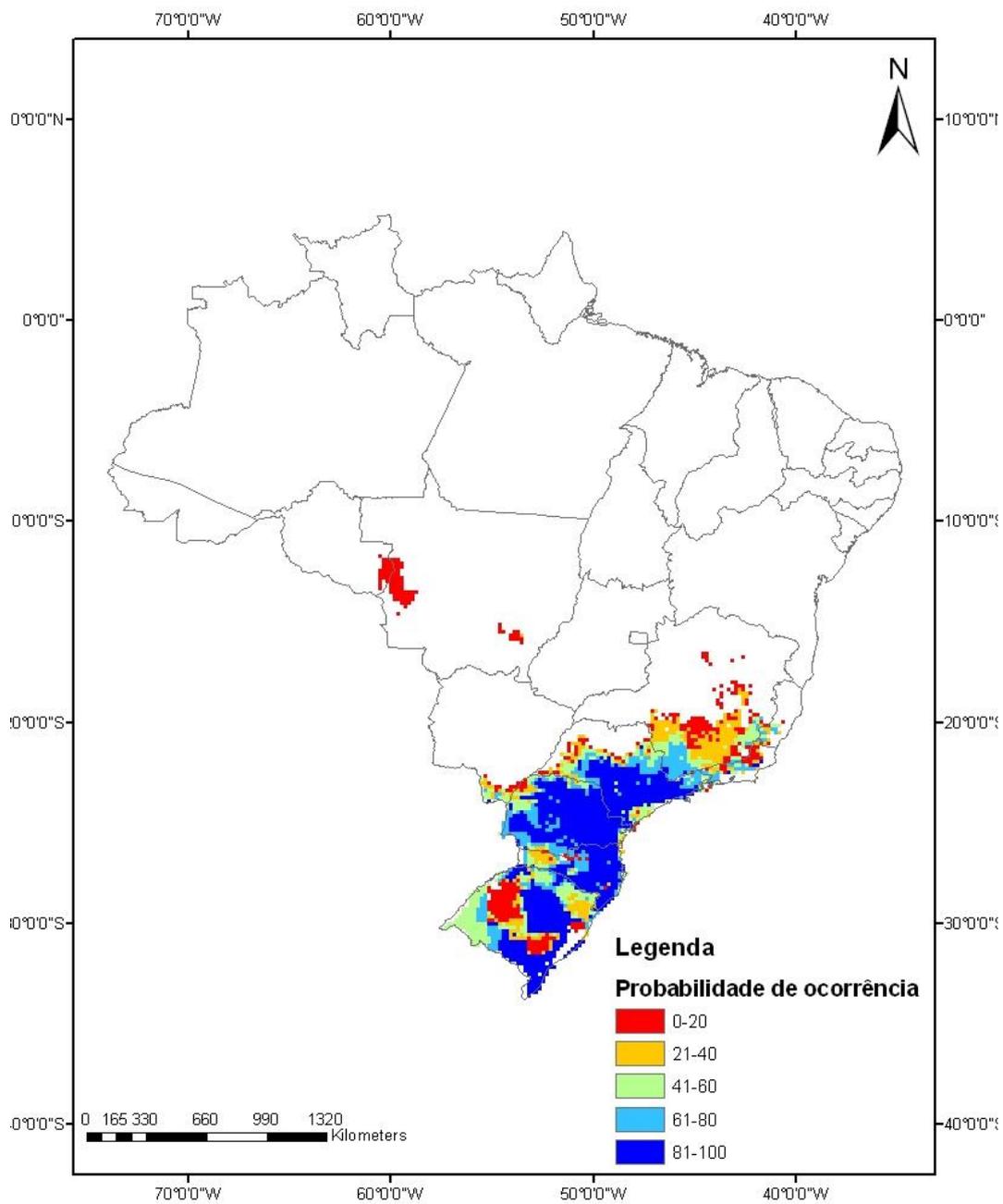


Figura 3: Modelo de Distribuição Espacial para a espécie *Ocotea porosa* no Brasil através do algoritmo GARP.

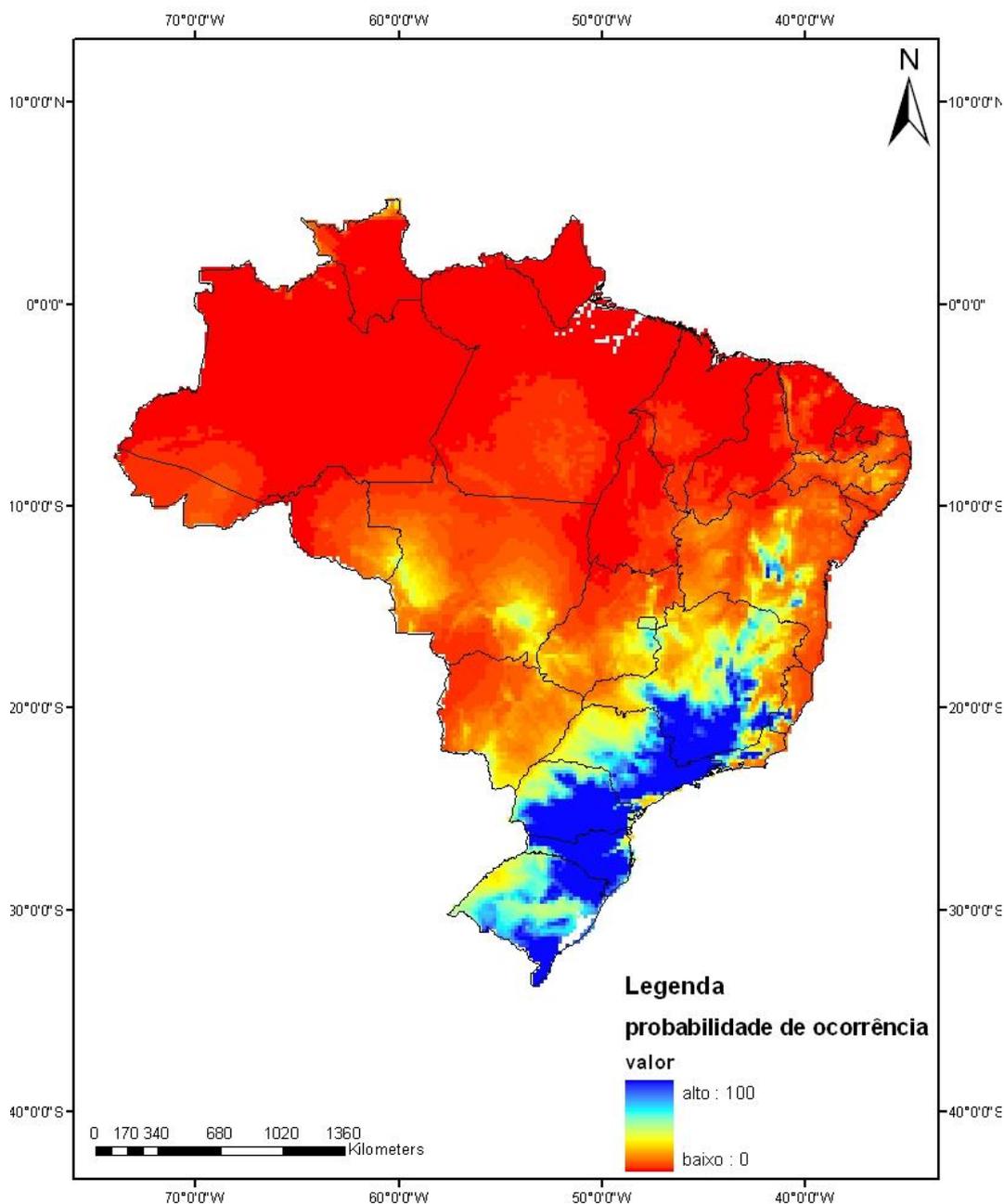


Figura 4: Modelo de Distribuição Espacial para a espécie *Ocotea porosa* no Brasil através do algoritmo Maxent.

Referências

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

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros**. Disponível em:

<www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3813> .
Acesso em: fev. 2007.

BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. **Biogeography**. Massachusetts: Sinauer Associates, 1998.

BEAUMONT, L. J.; HUGHES, L.; POULSEN, M. Predicting species distributions: use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species current and future distributions. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 186, p. 250-269, 2005.

CALDATO, S. L.; LONGHI, S. J.; FLOSS, P. A. Estrutura populacional de *Ocotea porosa* (Lauraceae) em uma Floresta Ombrófila Mista, em Caçador (SC). **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 9, n. 1, p. 89-101, 1999.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 639 p.

CENTRO DE REFERÊNCIA EM INFORMAÇÃO AMBIENTAL. Disponível em:
<www.splink.org.br> . Acesso em: maio 2007.

CUNNINGHAM, D. C.; ANDERSON, E. R.; WALSH, K. B. Ecology and biogeography of *Cassia brewsteri*: assessment of potential sites for cultivation. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 42, p. 1071-1080, 2002.

FREE SOFTWARE FOUNDATION. **Open ModellerGui**. Boston, 1991.

GODOWN, M. E.; PETERSON, A. T. Preliminary distributional analysis of US endangered bird species. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 9, p. 1313-1322, 2000.

GRINELL, J. Field tests of theories concerning distributional control. **American Naturalist**, Chicago, v. 51, p. 115-128, 1917.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S.; PARRA, J. **Worldclim version 1.4**. Disponível em:
<www.worldclim.org> . Acesso em: maio 2007.

HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, New York, v. 22, p. 415-427, 1957.

KLEIN, R. **Observações e considerações sobre a vegetação do Planalto Nordeste Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1963. (Separata de *Sellowia*, n. 15).

MISSOURI Botanical Garden. Disponível em: <www.mobot.org> . Acesso em: maio 2007.

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

REITZ, P. R.; KLEIN, R. M. **Araucariáceas**. In: FLORA ilustrada catarinense. Itajaí: UFSC, 1966. p. 62.

STOMS, D. M.; HARGROVE, W. W. Potential NDVI as a baseline for monitoring ecosystem functioning. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, GB, v. 21, p. 401-407, 2000.