

# **DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE PALMEIRAS (ARECACEAE) NO ESTADO DE SÃO PAULO EM CENÁRIOS DE AQUECIMENTO GLOBAL**

Mariana Cavalcanti da Conceição (Bolsista PIBIC/CNPQ)  
Silvana Amaral (Orientadora)

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)

Julho de 2015

# **DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE PALMEIRAS (ARECACEAE) NO ESTADO DE SÃO PAULO EM CENÁRIOS DE AQUECIMENTO GLOBAL**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Mariana Cavalcanti da Conceição (UNITAU, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: mariana.cdac@gmail.com

Silvana Amaral (OBT/DPI/INPE, Orientadora)  
E-mail: silvana@dpi.inpe.br

## **COLABORADORES**

Dra. Simey Thury Vieira Fisch (Departamento de Biologia/UNITAU)

Julho de 2015

## RESUMO

As palmeiras, plantas da família Arecaceae, são de ampla ocorrência nas regiões de clima tropical, sendo sensíveis a mudanças de temperatura, podendo ser utilizadas como bioindicadoras em estudos relacionados às mudanças climáticas. Esse trabalho tem por objetivo mapear a distribuição potencial atual de palmeiras nativas do estado de São Paulo e em cenários futuros de aquecimento global. Foi elaborado um banco de dados com a ocorrência de palmeiras nativas dos biomas Mata Atlântica e Cerrado ocorrentes no Estado de São Paulo. Esses dados foram obtidos do Herbário Virtual da Flora e dos Fungos do INCT, com acesso no dia 09 de abril de 2014, e a partir de uma tabela de Levantamento Quantitativo do Pesquisador Eduardo Cabral Gomes do Instituto de Botânica do Estado de São Paulo, sendo posteriormente complementados por dados presentes na literatura e informações coletadas em expedição a campo no nordeste do Estado. Foram selecionados apenas os registros que apresentaram informações das coordenadas geográficas de latitude e longitude originais, verificadas com auxílio do sistema Google Earth, para eliminar registros com erros de localização. As espécies com mais de 10 registros foram selecionadas para realizar os primeiros modelos de distribuição atual destas. Das 32 espécies originais, apenas catorze apresentaram registros suficientes para serem utilizadas nos experimentos de modelagem. A espécie com maior número de registros foi *Euterpe edulis* Mart. (79) e com a distribuição mais ampla foi *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (67). A espécie com menos registros e distribuição mais restrita foi *Lytocaryum hoehnei* (Burret) Toledo (08). Após esta primeira de criação de modelos pode-se observar que ainda faltam registros para os modelos serem mais condizentes com a distribuição real das espécies. Pretende-se buscar mais pontos para aumentar a base de dados para assim realizar modelos de distribuição melhores para descrever a distribuição original para assim realizar os exercícios simulando cenários climáticos futuros.

**Palavras-chave:** palmeiras, Arecaceae, registro de ocorrência de espécies, modelagem de distribuição potencial, mudanças climáticas.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
Modelos de distribuição de espécies para a família Arecaceae .....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	8
4. RESULTADOS .....	12
5. DISCUSSÃO .....	22
6. CONCLUSÃO .....	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	25

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade, o desenvolvimento das civilizações trouxe como consequência a perda de vários habitats naturais ao redor do mundo. O desmatamento intenso e a liberação de poluentes por combustíveis fósseis têm aumentado a temperatura do planeta no decorrer dos anos, ocasionando o fenômeno mundialmente conhecido como aquecimento global. As mudanças climáticas também causam efeitos sobre os sistemas geofísicos, provocando eventos como inundações, secas, degelo, aumento do nível do mar da frequência de ondas de calor, e aumento da temperatura da superfície e (IPCC, 2014). O aumento da temperatura global pode influenciar a distribuição geográfica das espécies vegetais e animais deslocando ou alterando suas áreas originais de ocorrência.

As palmeiras (Arecaceae) são plantas que apresentam distribuição predominantemente pantropical, com cerca de 40 gêneros e 260 espécies distribuídas pelo território brasileiro, estando presente em praticamente todas as formações vegetais (SOUZA & LORENZI, 2012). Poucas espécies de palmeiras toleram clima de regiões frias e temperadas, e há ainda espécies encontradas com grande densidade em áreas degradadas sendo consideradas bioindicadoras de ambientes alterados (HENDERSON et al., 1995)

Os modelos preditivos de distribuição de espécies são importantes ferramentas para estudos de biogeografia, evolução, ecologia, conservação e gerenciamento de recursos naturais e de espécies invasoras (ANDERSON et al., 2003).

O objetivo principal deste trabalho é conhecer a distribuição atual potencial de palmeiras nativas do estado de São Paulo e realizar exercícios que simulem a distribuição destas espécies em cenários de aquecimento global. Cenários de distribuição de espécies de palmeiras, simulando diferentes condições climáticas futuras permitirão supor hipóteses acerca dos prováveis impactos das mudanças climáticas nos remanescentes de vegetação natural no estado de São Paulo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### Modelos de distribuição de espécies para a Família Arecaceae

O aumento contínuo das emissões de gases de efeito estufa têm provocado mudanças do clima e impactos variados, além de ter contribuído para uma crescente ênfase na vulnerabilidade, adaptação e sustentabilidade das espécies do planeta (IPCC, 2014). Como consequência do aumento da emissão do gás carbônico (CO<sub>2</sub>), a temperatura global vem sofrendo alterações num evidente processo de aquecimento global, em grande parte pelos efeitos das atividades humanas, alterando as concentrações e distribuição atmosférica dos gases de efeito estufa. Os dados do IPCC indicam que as tendências de aquecimento em ecossistemas terrestres foram compatíveis com a mudança observada no tempo da primavera, no deslocamento em direção aos pólos e nas das alterações das faixas de distribuição de plantas e animais.

Os ecossistemas terrestres afetam o clima alterando a concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> através da fotossíntese e da respiração. Dessa forma, mudanças no ciclo do carbono terrestre afetam diretamente a atmosfera (NOBRE et al., 2012). Ao mesmo tempo, o clima é o fator que mais influencia na determinação da distribuição de vegetação e suas características num contexto global. A localização de desertos, florestas tropicais, entre outras, é ditada pelas características do clima e, portanto, mudanças no clima afetam a distribuição geográfica da vegetação global. Por outro lado, mudanças na distribuição e na estrutura da vegetação influenciam o clima (Prentice, 1990, *apud* NOBRE et al., 2012).

As palmeiras são uma das maiores famílias de plantas no mundo e, por sua forma e aspecto típicos, a mais característica da flora tropical. São plantas monocotiledôneas que pertencem à família Arecaceae (ou Palmae) e podem ser encontradas ao longo dos trópicos e subtropicais, sendo raras em áreas temperadas e nos desertos e semiáridos, exceto em locais onde as águas subterrâneas são mais superficiais (RIBEIRO et al., 1999; HENDERSON et al., 1995).

Na floresta, muitas espécies de palmeiras são essenciais para a alimentação e sobrevivência das aves e outros animais. É importante fonte de alimento, inclusive para o ser humano, que se alimenta do palmito e dos frutos de determinadas espécies. São também

utilizadas em construções, artesanatos e na ornamentação de ambientes (LORENZI et al., 2004).

Segundo Myers et al. (2000), o bioma Mata Atlântica é um dos *hot-spots* mundiais de biodiversidade, não apenas pela grande número de espécies, mas também pelo alto grau de endemismo. Entretanto, a Mata Atlântica tem sido intensamente explorada desde o início da colonização brasileira, e por isso requer medidas de preservação, bem como estudos sobre os impactos da interferência humana sobre suas espécies. Segundo dados da Fundação SOS Mata Atlântica, da extensão da cobertura original de Mata Atlântica, restam apenas 8,5 % de remanescentes florestais com área maior que 100 hectares. Somados todos os fragmentos de floresta nativa com mais de três hectares de área, há atualmente 12,5% de Mata Atlântica.

A Lista de espécies da Flora do Brasil, elaborada pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro indica a existência de 32 espécies de palmeiras nativas no Estado de São Paulo, em ambientes tanto de Mata Atlântica quanto de Cerrado, e com diferentes áreas de distribuição, sendo essa característica causada por fatores fisiológicos e morfológicos das palmeiras, além das características do ambiente, como apontado por Ruokolainen & Vormisto (2000).

As características físicas da vegetação e dos solos têm grande influência nas trocas de energia, água e momentum entre a superfície terrestre e a atmosfera. Mudanças na vegetação alteram as propriedades físicas da superfície, incluindo o albedo superficial, a rugosidade da superfície, o índice de área foliar, a profundidade das raízes e a disponibilidade de umidade do solo (Prentice et al., 1992 apud NOBRE et al., 2012).

A modelagem de distribuição potencial de espécies baseia-se no conceito de nicho ecológico. Neste conceito, Hutchinson (1957) relata que a sobrevivência e reprodução dos indivíduos ou população dependem de um conjunto de fatores, as variáveis bióticas e abióticas. Para Ruokolainen & Vormisto (2000), a distribuição geográfica de uma espécie vegetal pode ser vista como uma função da sua capacidade de se dispersar, se estabelecer e persistir em novos locais, sendo que essa distribuição pode ser estimada por diversas variáveis, como topografia, tipo de solo, textura do solo, drenagem, fertilidade, relação com espécies vizinhas, altura do caule, tamanho do fruto e da semente, entre outros.

Na ausência de dados de coleta de campo a partir de um desenho amostral específico para a modelagem de distribuição, os dados provenientes de coleções de história natural (CHN) constituem uma alternativa consistente para a formação de um banco de dados de ocorrências das espécies (ARASATO, 2011). Uma vez verificada a consistência destes dados, eliminando-se pontos com erros de localização, registros errados ou repetidos, essas informações são úteis para a realização dos modelos de distribuição.

Para criar um MDE é necessário selecionar um conjunto de variáveis ambientais, constituída por fatores bióticos e abióticos, diretamente relacionados à ecologia e fisiologia da espécie ou do grupo a ser estudado. Assim, a escolha das variáveis ambientais para a modelagem potencial de distribuição do nicho ecológico é dependente da espécie a ser estudada (ARASATO & AMARAL, 2013).

Colombo (2007) realizou um estudo com espécies de palmeiras arbóreas da Mata Atlântica utilizando projeções da distribuição das espécies para cenários otimista (aumento de 2°C na temperatura) e pessimista (aumento de 4°C na temperatura), baseando-se nas mudanças climáticas de temperatura e precipitação e levando em conta o aumento da concentração dos gases do efeito estufa. O autor concluiu que o aumento da temperatura pode interferir no deslocamento das espécies ou na redução ou aumento de suas áreas de ocorrência. Neste estudo, Colombo utilizou apenas uma espécie da família Arecaceae, a *Euterpe edulis* Mart., endêmica da Mata Atlântica, que resultou em 59% de perda de área no cenário pessimista e 16% no cenário otimista.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta primeira fase do trabalho, as atividades de modelagem tiveram o objetivo de definir a distribuição atual das espécies de palmeiras nativas do estado de São Paulo, conforme procedimentos descritos a seguir. A modelagem da distribuição potencial das espécies em cenários futuros será realizada posteriormente.

Da Lista de espécies da Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>), identificou-se 32 espécies de palmeiras nativas do Estado de São Paulo, divididas em 10 gêneros, para as quais se procedeu uma descrição morfológica segundo Lorenzi et al. (2004) e Henderson et al. (1995).

Para espacializar a distribuição dos registros das espécies existentes, elaborou-se um banco de dados de ocorrência das espécies de palmeiras disponíveis no INCT – Herbário Virtual da Flora e dos Fungos (acesso no dia 09 de abril de 2014), obtidos a partir do sistema *speciesLink*. Desta base de dados foram selecionadas apenas as espécies que apresentavam coordenadas geográficas dos locais de coleta originais. Esses registros foram então verificados utilizando imagens do sistema Google Earth, de modo a eliminar os dados com erros de localização. Os registros com pontos repetidos também foram eliminados. Como neste processo muitos registros foram descartados, outras fontes de dados foram acessadas para aumentar o número de ocorrências e assim viabilizar a futura modelagem. O “Levantamento Quantitativo de palmeiras” do Pesquisador Eduardo Cabral Gomes do Instituto de Botânica do Estado de São Paulo foi usado como referência para localizar outros registros oriundos de publicações e teses.

Para o processo de modelagem de distribuição potencial foram selecionadas as espécies com no mínimo 10 registros viáveis, como dado de entrada para o algoritmo Maxent 3.3.3k (Maximum Entropy Species Distribution Modelling) (Phillips et al., 2006). Inicialmente, procedeu-se a escolha do conjunto de variáveis climáticas e bioclimáticas significantes para a distribuição de cada espécie (Tabela 1). As variáveis foram selecionadas em grupos por testes de relevância para o modelo, dada pela contribuição de cada variável para o modelo Maxent e no teste de Jackknife das amostras. Foram utilizadas

primeiramente as variáveis de temperatura e precipitação, sendo as mais importantes então testadas novamente com as variáveis bioclimáticas. Um último teste avaliou a importância e a contribuição das variáveis de solo, altitude, déficit hídrico, exposição e drenagem, acessadas a partir do AMBDATA (Amaral et al., 2013). Para todas as espécies, 10% dos pontos de ocorrência formaram o conjunto teste, com exceção daquelas com número de pontos insuficientes.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas nos testes de relevância.

<b>Sigla</b>	<b>Variável</b>
<b>p1</b>	Precipitação total mensal - Janeiro
<b>p2</b>	Precipitação total mensal - Fevereiro
<b>p3</b>	Precipitação total mensal - Março
<b>p4</b>	Precipitação total mensal - Abril
<b>p5</b>	Precipitação total mensal - Maio
<b>p6</b>	Precipitação total mensal - Junho
<b>p7</b>	Precipitação total mensal - Julho
<b>p8</b>	Precipitação total mensal - Agosto
<b>p9</b>	Precipitação total mensal - Agosto
<b>p10</b>	Precipitação total mensal - Outubro
<b>p11</b>	Precipitação total mensal - Novembro
<b>p12</b>	Precipitação total mensal - Dezembro
<b>ax1</b>	Temperatura máxima mensal - Janeiro
<b>ax2</b>	Temperatura máxima mensal - Fevereiro
<b>ax3</b>	Temperatura máxima mensal - Março
<b>ax4</b>	Temperatura máxima mensal - Abril
<b>ax5</b>	Temperatura máxima mensal - Maio
<b>ax6</b>	Temperatura máxima mensal - Junho
<b>ax7</b>	Temperatura máxima mensal - Julho
<b>ax8</b>	Temperatura máxima mensal - Agosto
<b>ax9</b>	Temperatura máxima mensal - Setembro
<b>ax10</b>	Temperatura máxima mensal - Outubro
<b>ax11</b>	Temperatura máxima mensal - Novembro
<b>ax12</b>	Temperatura máxima mensal - Dezembro
<b>i1</b>	Temperatura mínima mensal - Janeiro
<b>i2</b>	Temperatura mínima mensal - Fevereiro
<b>i3</b>	Temperatura mínima mensal - Março
<b>i4</b>	Temperatura mínima mensal - Abril
<b>i5</b>	Temperatura mínima mensal - Maio
<b>i6</b>	Temperatura mínima mensal - Junho
<b>i7</b>	Temperatura mínima mensal - Julho
<b>i8</b>	Temperatura mínima mensal - Agosto
<b>i9</b>	Temperatura mínima mensal - Setembro
<b>i10</b>	Temperatura mínima mensal - Outubro
<b>i11</b>	Temperatura mínima mensal - Novembro
<b>i12</b>	Temperatura mínima mensal - Dezembro
<b>me1</b>	Temperatura média mensal - Janeiro
<b>me2</b>	Temperatura média mensal - Fevereiro
<b>me3</b>	Temperatura média mensal - Março

<b>me4</b>	Temperatura média mensal - Abril
<b>me5</b>	Temperatura média mensal - Maio
<b>me6</b>	Temperatura média mensal - Junho
<b>me7</b>	Temperatura média mensal - Julho
<b>me8</b>	Temperatura média mensal - Agosto
<b>me9</b>	Temperatura média mensal - Setembro
<b>me10</b>	Temperatura média mensal - Outubro
<b>me11</b>	Temperatura média mensal - Novembro
<b>me12</b>	Temperatura média mensal - Dezembro
<b>b1</b>	Temperatura média anual
<b>b2</b>	Varição Diurna Média de Temperatura (Média mensal (Tmax-Tmin))
<b>b3</b>	Isotermalidade ( (bio2/bio7) (* 100))
<b>b4</b>	Sazonalidade da Temperatura(desvio padrão * 100)
<b>b5</b>	Temperatura máxima do mês mais quente
<b>b6</b>	Temperatura mínima do mês mais frio
<b>b7</b>	Amplitude térmica anual(bio5-bio6)
<b>b8</b>	Temperatura média do trimestre mais úmido
<b>b9</b>	Temperatura média do trimestre mais seco
<b>b10</b>	Temperatura média do trimestre mais quente
<b>b11</b>	Temperatura média do trimestre mais frio
<b>b12</b>	Precipitação Anual
<b>b13</b>	Precipitação do mês mais chuvoso
<b>b14</b>	Precipitação do mês mais seco
<b>b15</b>	Sazonalidade da Precipitação(coeficiente de variação)
<b>b16</b>	Precipitação do trimestre mais chuvoso
<b>b17</b>	Precipitação do trimestre mais seco
<b>b18</b>	Precipitação do trimestre mais quente
<b>b19</b>	Precipitação do trimestre mais frio
<b>altb</b>	Altitude
<b>hnd100</b>	Distância vertical da drenagem
<b>ped</b>	Pedologia
<b>deficitth</b>	Déficit hídrico
<b>expo</b>	Exposição

Após a seleção das variáveis, o modelo Maxent foi aplicado com 500 interações, para se obter uma superfície de possibilidade de distribuição mais robusta. Os resultados de média, máxima e mínima possibilidade de distribuição para cada espécie foram analisados confrontando-se com a literatura e com a avaliação da especialista de palmeiras Dra. Simey Fisch, verificando-se o ajuste de cada modelo à distribuição real conhecida no estado de São Paulo.

Como teste fez-se a modelagem de duas espécies (*Lytocaryum hoehnei* (Burret) Toledo e *Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.) com poucos pontos de ocorrência com outros algoritmos: Bioclim, Distância Euclidiana e Distância Ambiental, utilizando o software

openModeller (Muñoz et al., 2009), que geram resultados mais generalizados, testando a possibilidade de obter um modelo mais condizente que pelo Maxent.

A análise dos primeiros modelos indicou a necessidade de um conjunto mais consistente de registros de ocorrência de palmeiras no Estado de São Paulo, uma vez que tanto a literatura e o conhecimento da especialista indicavam locais onde não foram encontrados registros com coordenadas geográficas na base de dados. Assim, a base de dados foi ampliada com as dados presentes na literatura que apresentavam coordenadas originais da ocorrência de palmeiras que estavam disponíveis em inventários. Adicionalmente, uma expedição à região nordeste do Estado, onde havia poucos registros de ocorrência de palmeiras foi realizada para coletar novas coordenadas e enriquecer a base de dados.

#### 4. RESULTADOS

Das 32 espécies nativas do estado de São Paulo, apenas oito apresentaram número de ocorrências superior a 10 pontos na primeira base de dados, número considerado como mínimo aceitável para a realização dos exercícios de modelagem, sendo elas: *Astrocaryum aculeatissimum* (Schott.) Burret, *Bactris setosa* Mart., *Euterpe edulis* Mart., *Geonoma elegans* Mart., *Geonoma gamiova* Barb. Rodr., *Geonoma pohliana* Mart., *Geonoma schottiana* Mart. e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, todas do bioma Mata Atlântica. Além dessas oito realizou-se também a modelagem para duas espécies com menor número de pontos: *Lytocaryum hoehnei* (Burret) Toledo, por ser uma espécie endêmica; e *Syagrus oleracea* (Mart.) Becc., por ser a única espécie pertencente ao bioma cerrado com número de pontos maior que cinco (sete). As variáveis selecionadas podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Espécies de palmeiras, número de pontos de ocorrência, variáveis mais importantes e avaliação para os modelos de distribuição obtidos. \*\*Modelos também foram criados no algoritmo Bioclim.

Espécie	Nº pontos	Variáveis importantes	Avaliação
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i>	14	b3, hnd100, ped, p3, b18, b13	Adequado
<i>Bactris setosa</i>	18	b3, ax9, ped, ax9	Adequado
<i>Euterpe edulis</i>	30	ped, p8, ax10, expo, deficitth, p4, b18, b16, p6, p1, hnd100, ax6, b7, b4, b13	Adequado
<i>Geonoma elegans</i>	17	ped, b3, b2, b15, deficitth, expo, p9, altb, p2, i11	Inadequado
<i>Geonoma gamiova</i>	16	ped, ax9, b2, ax10, expo, deficitth, b12, b3, altb	Inadequado
<i>Geonoma pohliana</i>	25	p7, ped, b12, b2, expo, deficitth, p2, altb, b8, b15, p9, me10, p3	Inadequado
<i>Geonoma schottiana</i>	26	b2, ped, p9, b3, hnd100, p8, expo, ax12, b14, deficitth, p2, b15, b4, ax10, i11, altb, ax8	Inadequado
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	35	ax2, p2, ax11, b14, p4, b3, ped, b18, hnd100, expo, p3, p7, p11, altb, i5	Adequado
<i>Lytocaryum hoehnei</i>	06	b2, ax8, ped, hnd100, deficitth, p2	Inadequado**
<i>Syagrus oleracea</i>	07	i10, deficitth, ped, p2, b4, p10	Inadequado**

Os resultados para as espécies *Astrocaryum aculeatissimum* (Figura 1), *Bactris setosa* (Figura 2), *Euterpe edulis* (Figura 3) e *Syagrus romanzoffiana* (Figura 4) mostraram-se coerentes com a distribuição conhecida na literatura e pela especialista, sendo que para

*Euterpe edulis* os resultados foram mais satisfatórios. Os modelos para as quatro espécies do gênero *Geonoma*, apesar de terem indicado alguns locais coerentes com a distribuição conhecida, foram considerados inadequados pela omissão de áreas importantes e inclusão de áreas onde as espécies não ocorrem (Figuras 5, 6, 7 e 8). Ao lado de cada modelo há a comparação da distribuição presente em Henderson et al. (1995).

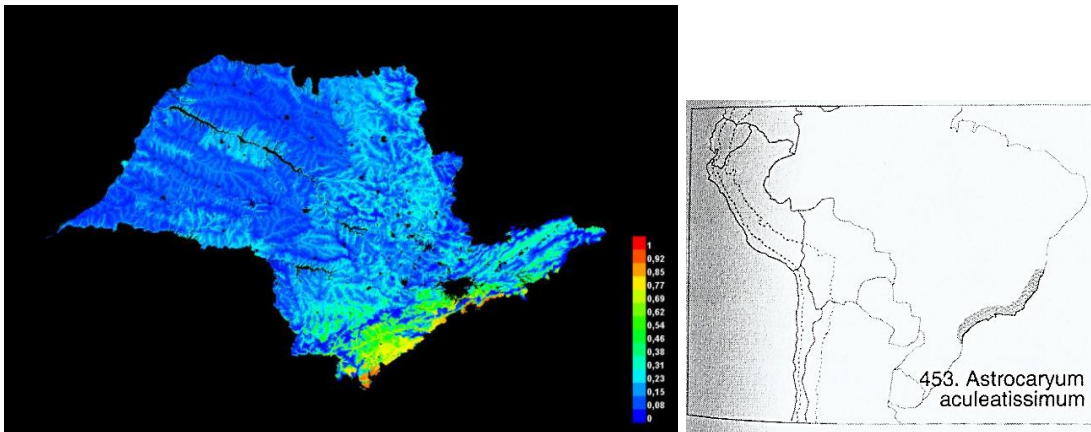


Figura 1 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Astrocaryum aculeatissimum* com o algoritmo Maxent e distribuição segundo Henderson et al. (1995).

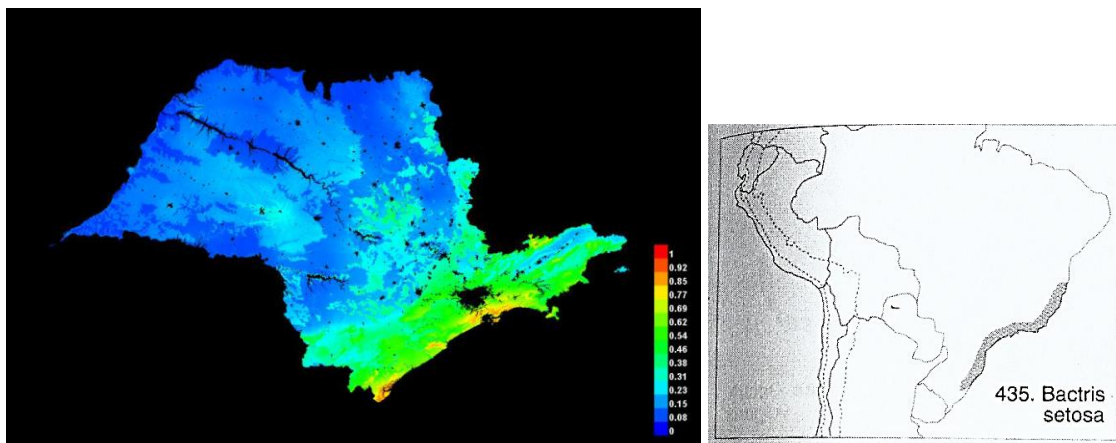


Figura 2 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Bactris setosa* com o algoritmo Maxent e distribuição segundo Henderson et al. (1995).

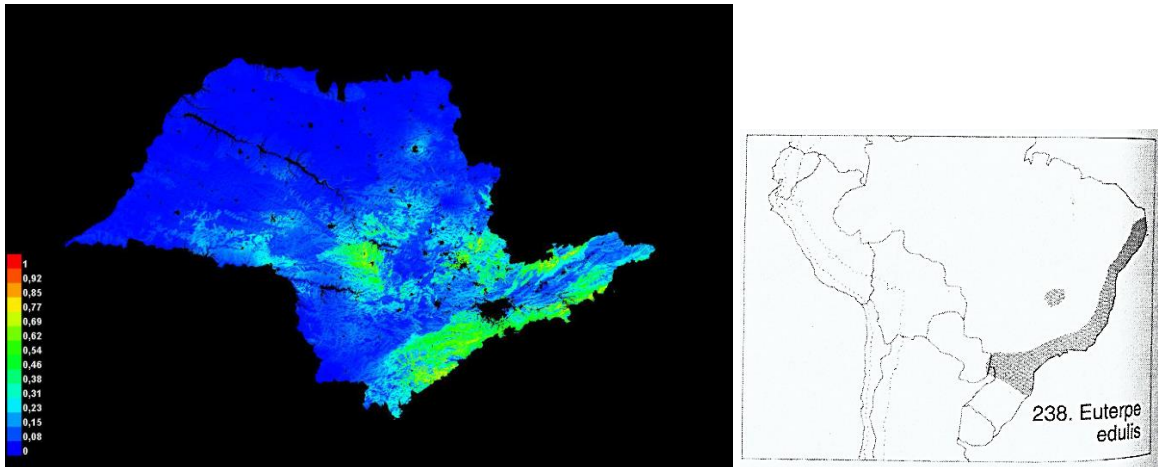


Figura 3 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Euterpe edulis* com o algoritmo Maxent e distribuição segundo Henderson et al. (1995).

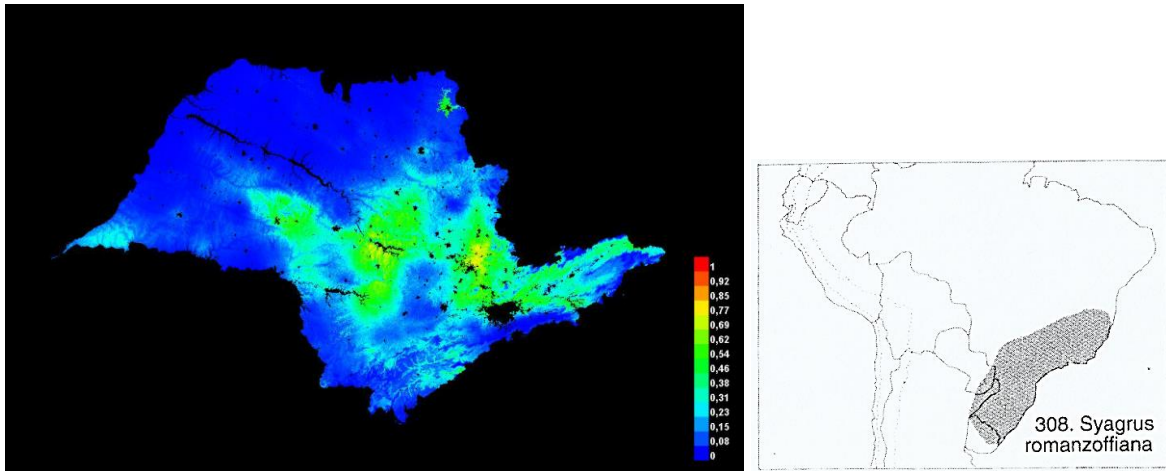


Figura 4 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Syagrus romanzoffiana* com o algoritmo Maxent e distribuição segundo Henderson et al. (1995).

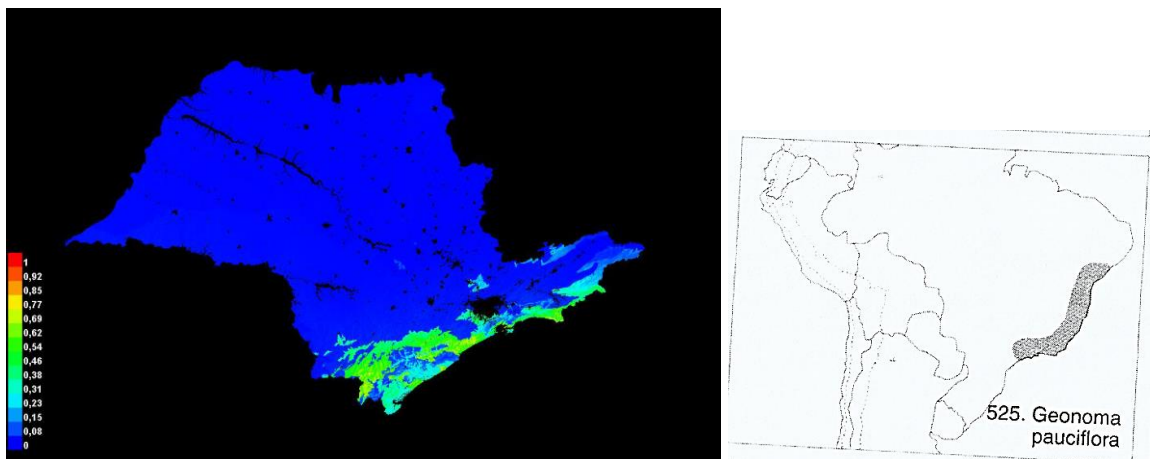


Figura 5 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Geonoma elegans* com o algoritmo Maxent e distribuição segundo Henderson et al. (1995). Obs: *Geonoma pauciflora* consta como sinónmia para *G. elegans* na literatura.

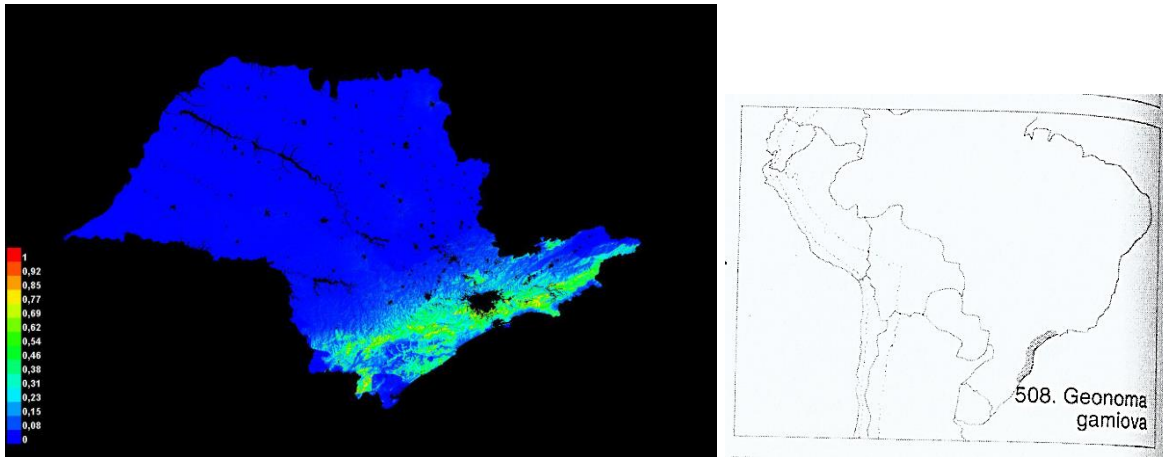


Figura 6 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Geonoma gamiova* com o algoritmo Maxent e distribuição segundo Henderson et al. (1995).

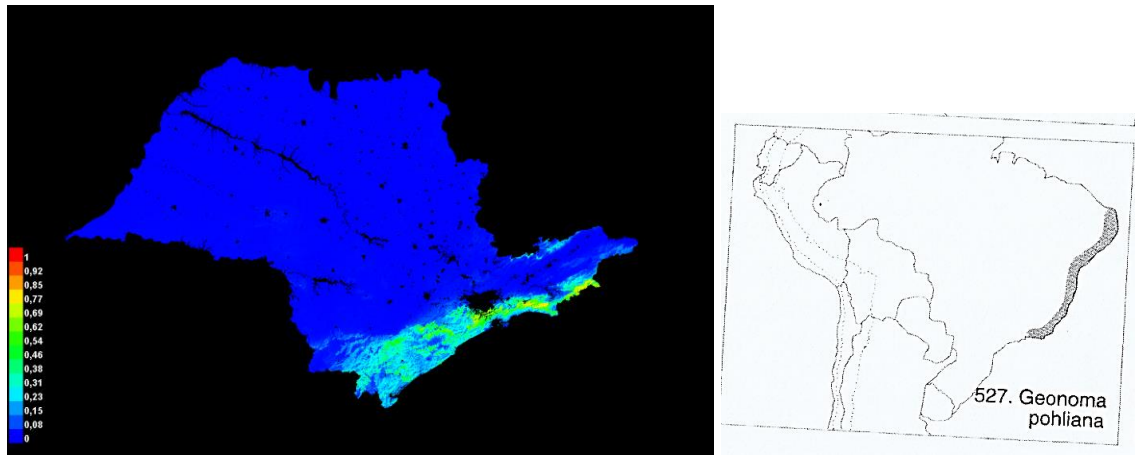


Figura 7 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Geonoma pohliana* com o algoritmo Maxent e distribuição segundo Henderson et al. (1995).

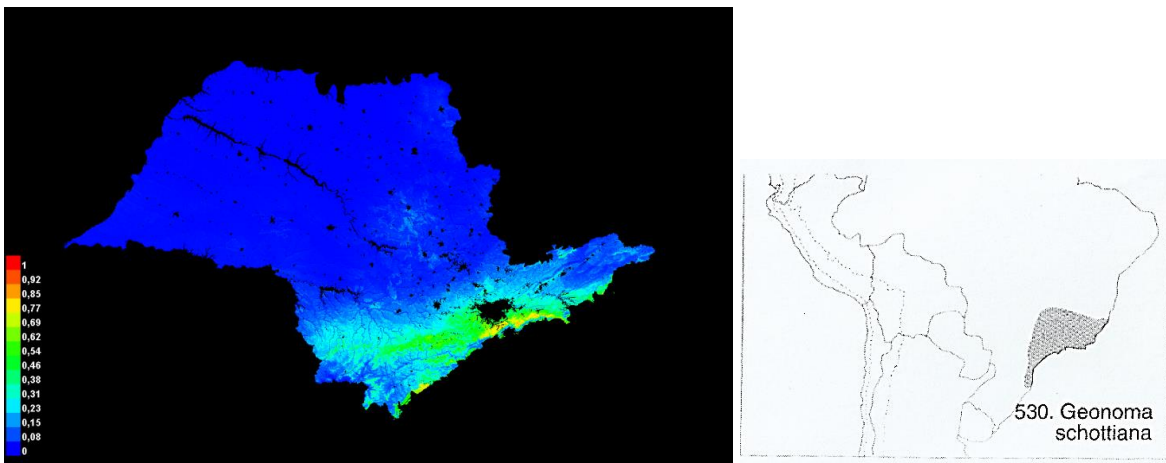


Figura 8 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Geonoma Schottiana*, típica de regiões de floresta Montana e distribuição segundo Henderson et al. (1995). Modelo inadequado por não apresentar distribuição nas áreas montanhosas e indicar ocorrência no litoral.



Para a espécie *Lytocaryum hoehnei* obteve-se um modelo razoável (Figura 9), mas que necessita de revisão devido à pouca quantidade de pontos de ocorrência. Para a espécie *Syagrus oleracea* o modelo resultante (Figura 10) generalizou demais sua ocorrência e também deverá ser refeito. Como teste, fez-se a modelagem destas duas espécies com outros algoritmos: Bioclim, Distância Euclidiana e Distância Ambiental, utilizando o software openModeller (Muñoz et al., 2009). Para a *Lytocaryum hoehnei* o modelo obtido pelo Bioclim (Busby, 1991) (Figura 11) mostrou-se mais adequado do que o apresentado com o algoritmo Maxent, porém para a *Syagrus oleracea* os resultados com o algoritmo Bioclim (Figura 12) não foram aderentes à distribuição conhecida da espécie.

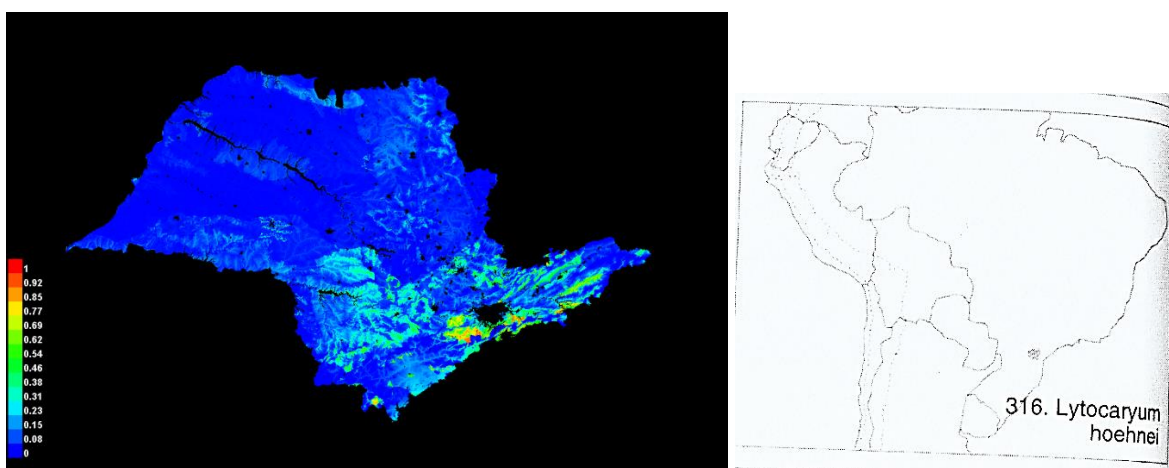


Figura 9 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Lytocaryum hoehnei* com o algoritmo Maxent e distribuição segundo Henderson et al. (1995), resultado necessita de maiores revisões.

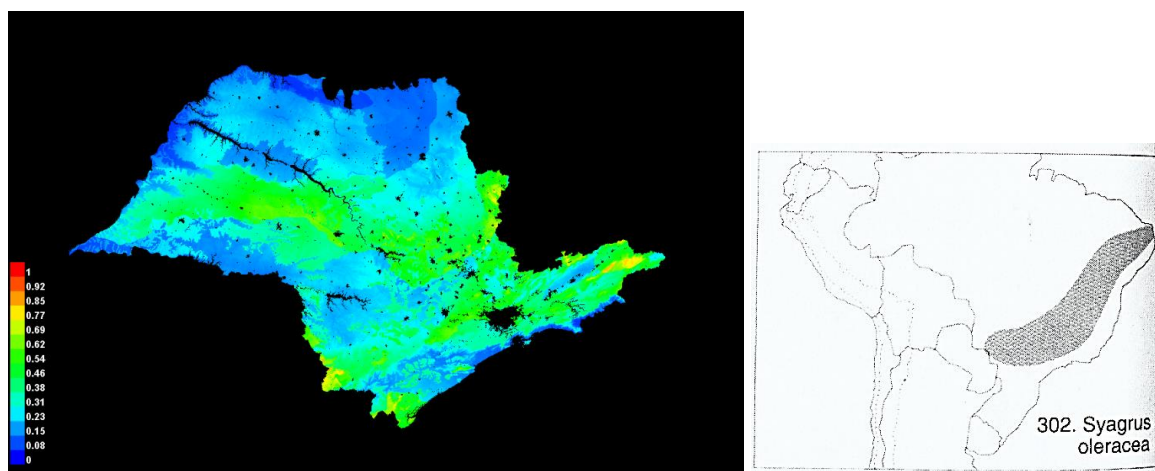


Figura 10 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Syagrus oleracea* com o algoritmo Maxent e distribuição segundo Henderson et al. (1995).

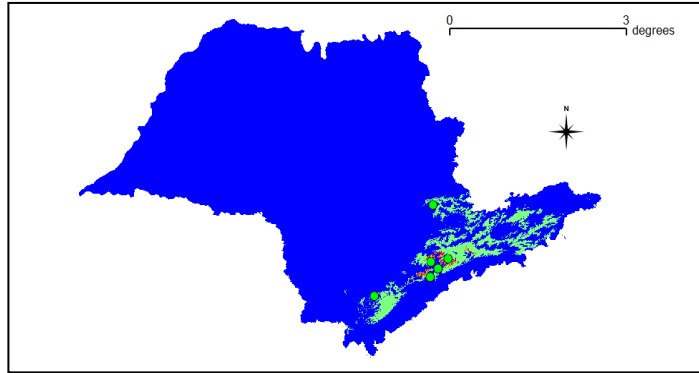


Figura 11 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Lytocaryum hoehnei* com algoritmo Bioclim.

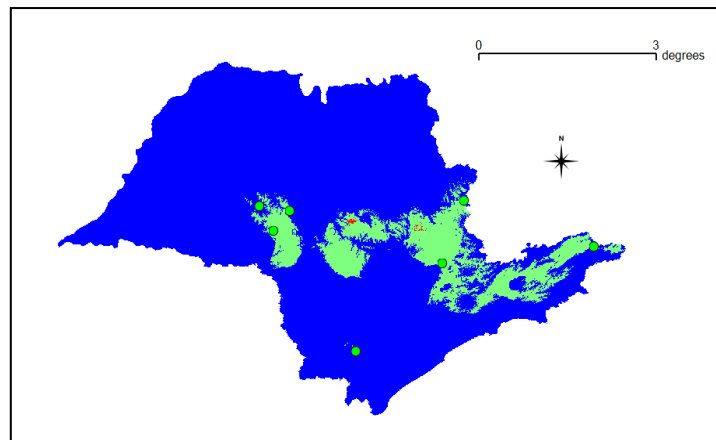


Figura 12 - Modelo de distribuição potencial da espécie *Syagrus oleracea* com algoritmo Bioclim.

Da inclusão de novos de dados originários da revisão de literatura e da expedição a campo, obteve-se registros para as espécies: *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart., *Attalea dubia* (Mart.) Burret, *Attalea geraensis* Barb.Rodr., *Butia paraguayensis* (Barb.Rodr.) Bailey, *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr., *Mauritia flexuosa* L.f., *Syagrus flexuosa* (Mart.) Becc., *Syagrus loefgrenii* Glassman e *Syagrus pseudococos* (Raddi) Glassman. Os pontos obtidos para essas espécies podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 1 - Novos pontos obtidos a partir da busca na literatura e nas coletas de dados em campo.

<b>Espécie</b>	<b>Pontos da literatura</b>	<b>Pontos coletados em campo</b>	<b>Pontos já existentes no levantamento anterior</b>
<i>Acrocomia aculeata</i>	0	14	1
<i>Attalea dubia</i>	5	0	5
<i>Attalea geraensis</i>	0	9	1
<i>Butia paraguayensis</i>	0	1	0
<i>Geonoma brevispatha</i>	0	7	0
<i>Mauritia flexuosa</i>	0	3	1
<i>Syagrus flexuosa</i>	0	1	4
<i>Syagrus loefgrenii</i>	0	2	0
<i>Syagrus pseudococos</i>	8	0	3

Dessas espécies, *Acrocomia aculeata* (Figura 13), *Attalea dubia* (Figura 14), *Attalea geraensis* (Figura 15) e *Syagrus pseudococos* (Figura 16) obtiveram pontos suficientes para realizar a modelagem. Além disso, aumentou-se ainda mais a base de dados para *Euterpe edulis* (Figura 17) e *Syagrus romanzoffiana* (Figura 18). Pode-se aumentar também a quantidade de registros de *Syagrus oleracea* (Figura 19) para o valor mínimo para a modelagem, podendo assim realizar um modelo mais consistente para essa espécie. Para *Lytocaryum hoehnei* ainda não se obteve número de registros suficientes (foram obtidos 8 pontos para a espécie). As variáveis dessas espécies podem ser encontradas na Tabela 4.

Tabela 4 - Variáveis importantes para os modelos de distribuição parciais.

<b>Espécie</b>	<b>Número de pontos</b>	<b>Variáveis</b>
<i>Acrocomia aculeata</i>	15	ped, deficitth, b15, b3, b17, i9, p10, hnd100, p7, ax1, p5, p2, p4, p6, expo
<i>Attalea dubia</i>	10	ped, ax10, hnd100, p2, deficitth
<i>Attalea geraensis</i>	10	ped, deficitth, ax1, p7, ax9, p8
<i>Syagrus pseudococos</i>	11	ped
<i>Euterpe edulis</i>	79	ped, b12, expo, b4, ax11, ax5, me8, b3, deficitth, p7, p5, altb, b18, b14, hnd100, p2, me12, ax1, p3, p12, b2, p10, i12, p4, b15, p11, b9
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	67	ax12, b4, p4, ped, b12, p2, me8, expo, p5, p3, p7, deficitth, hnd100, ax10, b7, b14, i12, altb, p11, b3, ax11
<i>Syagrus oleracea</i>	15	hnd100, p2, i3, deficitth, expo, p10, ped

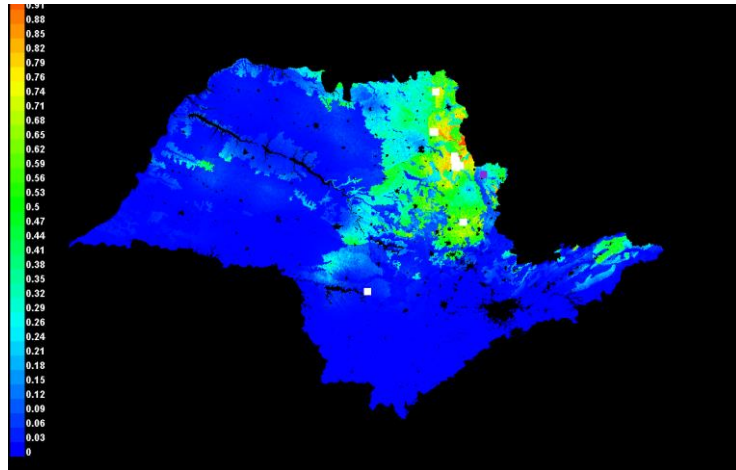


Figura 13 - Modelo de distribuição potencial parcial da espécie *A. aculeata* com o algoritmo Maxent.

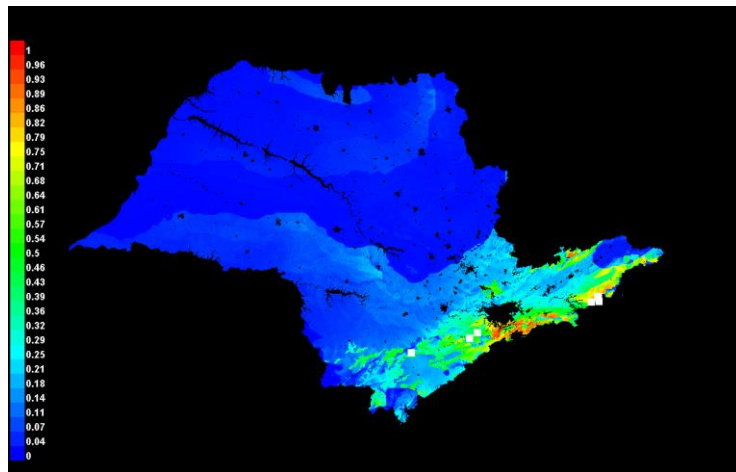


Figura 14 - Modelo de distribuição potencial parcial da espécie *A. dubia* com o algoritmo Maxent.

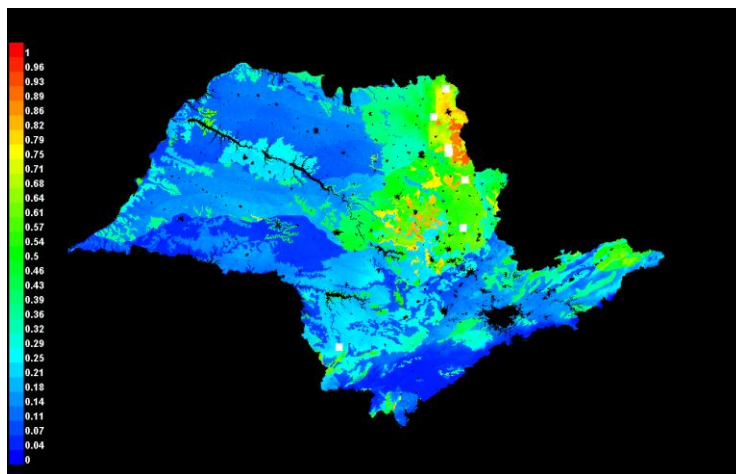


Figura 15 - Modelo de distribuição potencial parcial da espécie *A. geraensis* com o algoritmo Maxent.

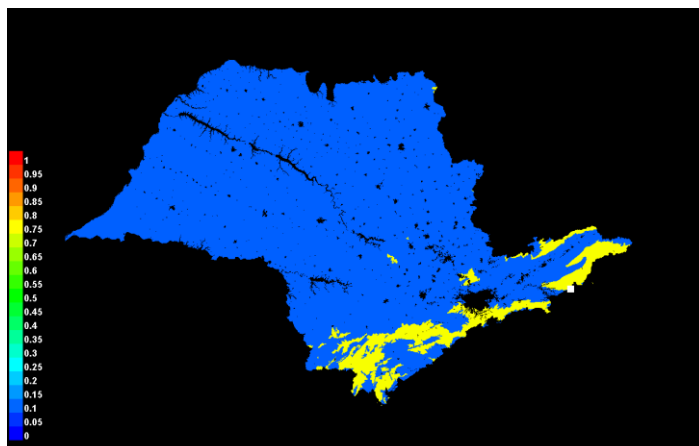


Figura 16 - Modelo de distribuição potencial parcial da espécie *S. pseudococos* com o algoritmo Maxent.

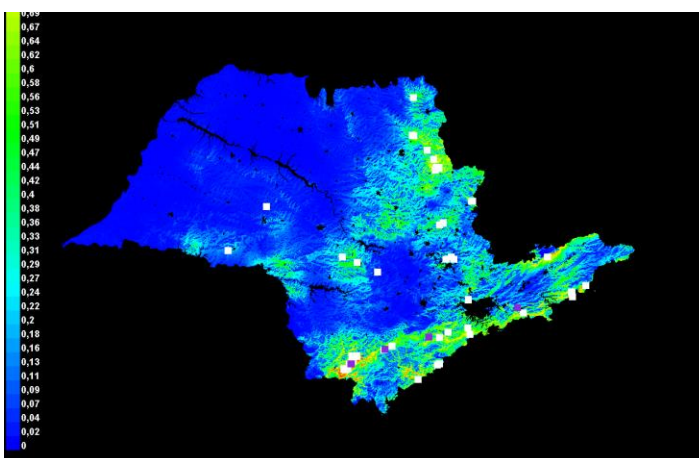


Figura 17 - Modelo de distribuição potencial parcial da espécie *E. edulis* com o algoritmo Maxent.

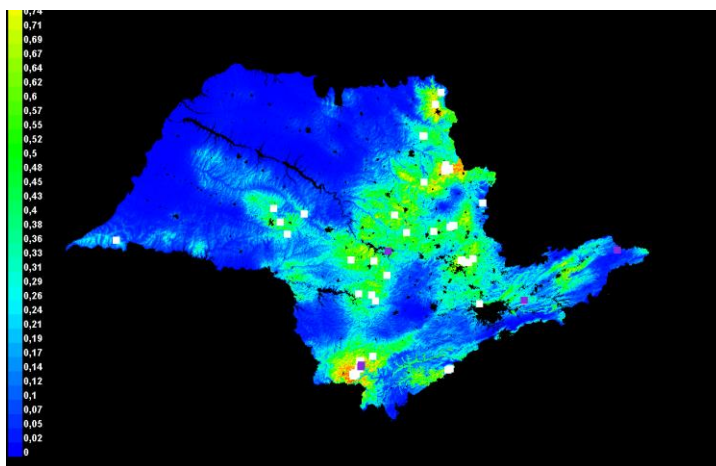


Figura 18 - Modelo de distribuição potencial parcial da espécie *S. romanzoffiana* com o algoritmo Maxent.

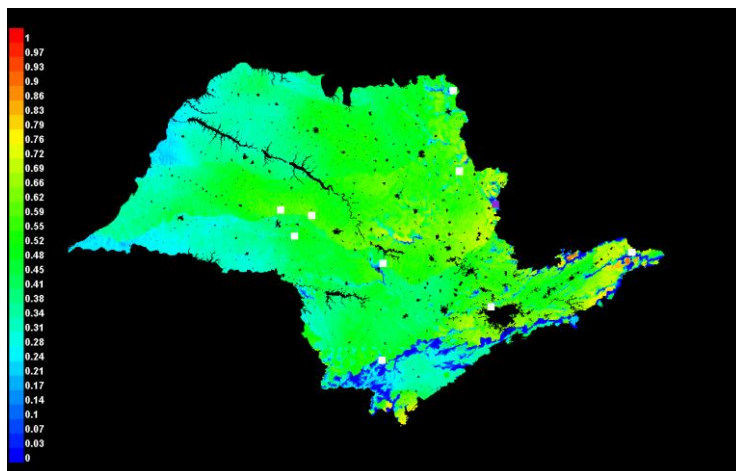


Figura 19 - Modelo de distribuição potencial parcial da espécie *Syagrus oleracea* com o algoritmo Maxent.

Após o processo de 500 interações desses modelos, haverá uma nova análise com base na literatura e nas observações da especialista, para verificar se os modelos estão condizentes com a distribuição real, e também para certificar se os acréscimos de pontos nas espécies que já tiveram modelos criados tornaram a modelagem mais fiel à ocorrência real dessas palmeiras. Com os melhores modelos serão realizados exercícios simulando cenários climáticos futuros.

Juntamente com os modelos de distribuição potencial, pretende-se elaborar um guia das palmeiras do Estado de São Paulo, que será seguido de uma breve descrição da espécie, como é exemplificado pela Tabela 5.

Tabela 5 – Descrição da espécie *A. aculeatissimum* realizada a partir do levantamento morfológico

Características da espécie	
Hábito	Aéreo
Habitat	Florestas Úmidas/ Solos não inundáveis/ Baixas elevações/ Pastagens
Caule	Agrupado/ Espinhoso
Altura	4 a 8m
Diâmetro	11 a 15cm
Nº folhas	10 a 20
Folhas	Contemporâneas, pinadas e planas
Inflorescência	Interfoliares/ Ramificadas/ Pêndulas
Fruto	Obovóides ou piriformes
Nº frutos	18 em 1kg
Comprimento fruto	5 a 6cm
Diâmetro fruto	3 a 4cm
Fenologia	Frutificação abundante no verão

## 5. DISCUSSÃO

A primeira dificuldade encontrada na elaboração do banco de dados de palmeiras, foi que das 32 que ocorrem no Estado de São Paulo, apenas oito apresentaram número de registros superiores a 10 na primeira busca de dados, nem todas as espécies tinham espécimes registrados no banco de dados virtual, e muitas, além de terem poucos registros, tinham erros de localização em todos. Esta limitação também foi verificada por Colombo (2007), que em seu trabalho sobre espécies arbóreas na Mata Atlântica, determinou um mínimo de 30 registros para cada espécie, utilizando o banco de dados FITOGEO e o sistema *speciesLink* (o mesmo utilizado nesse projeto), obtendo um total 2.837 registros para 38 espécies, realizando o mesmo procedimento de verificação dos pontos e a exclusão de dados repetidos para garantir a veracidade das informações.

Arasato (2011) também utilizou dados de herbários nacionais e internacionais, obtendo 2637 registros com coordenadas confiáveis, conseguindo 58 espécies de palmeiras com no mínimo 10 registros a fim de realizar um estudo sobre modelagem espacial para o estudo de palmeiras do Brasil. Nesse trabalho, das 18 espécies endêmicas do país, 13 tinham ocorrência na região da Costa Atlântica, devido ao alto grau de endemismo das espécies dessa região.

Quanto às espécies com maior e menor distribuição, Ruokolainen & Vormisto (2000), descrevem que o tamanho do caule é um dos fatores que determinam a maior distribuição das espécies de palmeiras. A espécie *Syagrus romanzoffiana*, da análise morfológica utilizando as informações de Lorenzi et al. (2004) e Henderson et al. (1995), apresenta altura entre 7 m e 15 m , enquanto *Lytocaryum hoehnei* apresenta entre 1 m e 5 m. A altura do caule seria um fator que contribui para uma maior dispersão das sementes: espécies com caule maior tem maior área de distribuição. Considerando que *Lytocaryum hoehnei* é restrita apenas a uma região, isso a torna mais vulnerável às alterações de seu habitat. Isso pode explicar também a grande área de distribuição de *Syagrus romanzoffiana* e *Euterpe edulis*, já que segundo a literatura *S. romanzoffiana* é uma das palmeiras mais comuns fora da Amazônia, e *E. edulis* a mais frequente na Mata Atlântica.

Quanto aos modelos, observou-se que as espécies com mais pontos de ocorrência resultaram em modelos de distribuição mais condizentes com a literatura e com as

informações conhecidas pela especialista. A ausência de pontos em localidades típicas de ocorrência impossibilitou que a modelagem representasse de forma adequada regiões específicas de algumas espécies. A inclusão de pontos nestas regiões é necessária para incluir toda a área conhecida como típica de distribuição destas palmeiras. Por isso houve a necessidade de uma nova busca de dados, que ainda não foram suficientes para refinar o processo de modelagem. Esses novos modelos serão avaliados, comparados aos anteriores de modo a obter a melhor representação possível da distribuição atual de cada espécie.



## 6. CONCLUSÃO

A insuficiência de registros de ocorrência de espécie com coordenadas geográficas confiáveis decorrem dos erros nos registros nos banco de dados utilizados, que limitou o número de espécies a ser considerado. No total, obteve-se 421 coordenadas coletadas, sendo utilizadas apenas 14 das 32 palmeiras nativas do Estado de São Paulo, por possuírem o número de registros mínimos para a modelagem. Novos modelos serão realizados considerando os novos registros obtidos para obter modelos mais condizentes com a realidade e assim, garantir a modelagem para cenários climáticos futuros, para o maior número de espécies possível. Ao simular as áreas potenciais em cenários futuros, estes exercícios permitirão avaliar as possíveis áreas de perda ou ganho de distribuição das espécies e discutir os efeitos sobre a preservação da família Arecaceae no estado de São Paulo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral, S.; Costa, C.B.; Arasato, L.S.; Ximenes, A.C.; Rennó, C.D. AMBDATA: Variáveis ambientais para Modelos de Distribuição de Espécies (SDMs). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013. p. 6930-6937. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00066-9 (Internet), 978-85-17-00065-2 (DVD). Disponível em:<http://urlib.net/3ERPFQRTRW34M/3E7GH36>.

ANDERSON, R.P.; LEW, D.; PETERSON, A.T. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. **Ecological Modelling**, v. 162, p. 211-232, 2003.

ARASATO, L. S. **Contribuição da modelagem espacial para o estudo de palmeiras: a *Euterpe edulis* Mart. na Mata Atlântica e a família Arecaceae no Brasil.** 2011. 145 p. Dissertação (Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.

ARASATO, L. S.; AMARAL, S. **Geoprocessamento e Biodiversidade: contribuições para a modelagem da distribuição de palmeiras Amazônicas.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

Busby, J.R. (1991) BIOCLIM - A Bioclimatic Analysis and Prediction System. In: Margules, C.R.& M.P. Austin (eds.) Nature Conservation: Cost Effective Biological Surveys and Data Analysis.pp. 64-68. Canberra: CSIRO.

COLOMBO, A. F. **Consequências potenciais das mudanças climáticas globais para espécies arbóreas da Mata Atlântica.** 2007. 86 p. Tese (Mestrado em Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **A Mata Atlântica.** Disponível em: <http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/>

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Palms of the Americas.** New Jersey: Princeton University Press, 1995. 256 p.

HUTCHINSON, G. E. Concluding Remarks. **Ecology**, v. 22, p. 415-427, 1957.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGES/IPCC 2014. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. BURKETT, V., SUAREZ, A. G., BINDI M., CONDE, C., MUKERJI R., PRATHER M., CLAIR, A. L. S., YOHE G. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.

LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; COSTA, J.T.M.; CERQUEIRA, L.S.C.; FERREIRA, E. **Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas**. Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum, 2004. 432 p.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**. 3ª Edição, Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum, 2012. 768p.

Muñoz, M.E.S., Giovanni, R., Siqueira, M.F., Sutton, T., Brewer, P., Pereira, R.S., Canhos, D.A.L. & Canhos, V.P. (2009) "openModeller: a generic approach to species' potential distribution modelling". *GeoInformatica*. DOI: 10.1007/s10707-009-0090-7

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

NOBRE, C. A.; RIBEIRO, S. K.; SANTOS, A. S.; FILHO, M. C. A.; AMBRIZZI, T.; SOUZA, D. G. S. S.; LEIVA, E.; MOTA, A. M. V.; LEITE, F. S. Base científica das Mudanças Climáticas: Primeiro relatório de avaliação nacional. Painel brasileiro de Mudanças Climáticas, Volume 1, 2012. In: SIN-CHAN, C.; NOBRE, P. **Avaliação de Modelos Globais e Regionais Climáticos**: p. 326-353.

Phillips, S.; Anderson, R.; Schapire, R. Maximum Entropy Modelling of species geographic distribution. *Ecological Modelling*, v.190, n3-4, p.231-259, 2006.

RIBEIRO, J. E. L. S.; HOPKINS, M.J.G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C.A.; COSTA, M.A.S.; BRITO, J.M.; SOUZA, M.A.; MARTINS, L.H.; LOHMANN, L.G.; ASSUNÇÃO, P.A.C.L.; PEREIRA, E.C.; SILVA, C.F.; MESQUITA, M.R.; PROCÓPIO, L.C. **Flora da**

**Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central.** Manaus: INPA, 1999. 816 p.

RUOKOLAINEN, K.; VORMISTO, J. Ecology The most widespread Amazonian palms tend to be tall and habitat generalists. **Basic and Applied Ecology**, v. 1, p. 97-108, 2000

*speciesLINK*: SISTEMA DE INFORMAÇÃO DISTRIBUÍDO PARA COLEÇÕES BIOLÓGICAS. Disponível em < <http://splink.cria.org.br/>>