

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)**

Junho de 2016

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

COLABORADORES

Dr. Simey Thury Vieira Fisch (UNITAU)

Junho de 2016

RESUMO

As palmeiras são plantas de ampla distribuição nas regiões tropicais do planeta e importantes espécies-chave para a manutenção dos ecossistemas onde estão inseridas, e servem como ferramentas para entender os impactos das mudanças climáticas nessas regiões. Esse trabalho tem por objetivo elaborar modelos de distribuição potencial atual de palmeiras nativas do Estado de São Paulo para que se possa projetá-los em cenários de mudanças climáticas globais. Primeiramente, foi elaborado um banco de dados geográficos contendo pontos de ocorrência das palmeiras nativas do Estado, através da plataforma *speciesLink*, selecionando-se apenas os registros com coordenadas geográficas dos pontos de coleta e pontos de ocorrência oriundos de publicações. As lacunas de observação foram preenchidas a partir de duas expedições de campo nas regiões Nordeste (maio de 2015) e Noroeste (dezembro de 2015) do Estado para complementar o banco de dados. Com o banco de dados formado, realizou-se o processo de seleção das variáveis ambientais relevantes para criar os modelos de distribuição atual das espécies que apresentaram no mínimo dez pontos de ocorrência com coordenadas geográficas viáveis. Com as variáveis mais relevantes, foram elaborados os modelos considerando-se 500 interações, e projetando a distribuição para o Estado de São Paulo com o algoritmo Maxent 3.3.3k. Apenas 18 espécies foram consideradas para a criação do modelo, por apresentarem o mínimo de pontos de ocorrência estipulado. A única exceção, a espécie *Lytocaryum hoehnei* (Burret) Toledo, com apenas oito pontos de ocorrência, foi submetida à modelagem por ser espécie endêmica do Estado. Pela plataforma *speciesLink*, obteve-se 140 pontos de ocorrência com coordenadas geográficas, 256 pontos a partir de publicações e 289 das expedições a campo. Os resultados foram avaliados junto à especialista de palmeiras, e a maioria dos modelos apresentou resultados coerentes com a distribuição conhecida das espécies, sendo que muitas delas tiveram suas áreas de distribuição melhor representadas pelas expedições de campo. A próxima etapa do trabalho deverá adquirir as variáveis de clima simuladas e substituí-las nos modelos atuais das espécies, para gerar modelos de distribuição das palmeiras em cenários preditivos de mudanças climáticas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Modelos de distribuição de espécies.....	5
2.2. Impactos das Mudanças Climáticas	6
2.3. A Família Arecaceae e sua importância ecológica	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4. RESULTADOS	13
5. DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÃO.....	25
7. REFERÊNCIAS	26

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, influenciando na distribuição geográfica das espécies vegetais e animais deslocando ou alterando suas áreas originais de ocorrência (IPCC, 2014).

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). Entre os diversos tipos de aplicações para esses modelos pode-se citar: o auxílio na compreensão de padrões de distribuição de espécies em biomas ou ecossistemas, escolha de áreas prioritárias para a conservação e de espécies potencialmente importantes para a recuperação de áreas degradadas (Siqueira & Durigan, 2007), identificação da biodiversidade de determinadas regiões e de áreas de endemismo (Arasato & Amaral, 2013) e conhecer os impactos das mudanças climáticas na distribuição de espécies (Siqueira & Peterson, 2003).

A Família *Arecaceae*, que compreende o grupo popularmente conhecido como “palmeiras”, são plantas que apresentam distribuição predominantemente pantropical, com cerca de 40 gêneros e 260 espécies distribuídas pelo território brasileiro. São importantes espécies-chave para a manutenção dos ecossistemas e por serem de distribuição restrita às regiões tropicais do planeta vem sendo usadas em estudos que visam entender os impactos das mudanças climáticas nesses locais (Henderson et al., 1995; Souza & Lorenzi, 2012; Eiserhardt et al., 2011).

O objetivo desse trabalho é elaborar modelos da 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, a fim de supor hipóteses acerca dos prováveis impactos das mudanças climáticas nos remanescentes de vegetação natural no Estado de São Paulo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Modelos de distribuição de espécies

Modelos de distribuição potencial são representações computacionais de ocorrência de espécies, criadas a partir de pontos de ocorrência relacionados com um conjunto de variáveis ambientais (Anderson et al., 2003). Essa representação indica o nicho potencial da espécie, que segundo Hutchinson (1957) é definido como os limites de tolerância a fatores bióticos e abióticos nos quais uma espécie consegue sobreviver e se reproduzir.

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 herbários constituem uma boa alternativa para a formação de um banco de dados de ocorrências dessas espécies (ARASATO, 2011), entretanto, é necessário que haja uma grande quantidade de pontos de ocorrência disponíveis para representar corretamente a distribuição da espécie e conseqüentemente criar um modelo de qualidade (Peterson, 2001). Outro fator importante é que as variáveis ambientais a serem utilizadas devem estar relacionadas exclusivamente com a fisiologia e ecologia da espécie ou grupo estudado (Arasato & Amaral, 2013), como foi observado por Siqueira & Durigan (2007) que, ao realizarem a modelagem potencial de espécies arbóreas no Estado de São Paulo, constataram que diferentes necessidades ambientais e fatores

limitantes proporcionam padrões de distribuição exclusivos para cada espécie. Tendo em vista esses fatores, Anderson et al. (2003) classificaram os modelos de distribuição de espécies em três categorias: bons, quando representam fielmente a distribuição real conhecida da espécie; modelos pobres, com áreas onde sabe-se que a espécie não ocorre; e os de média qualidade, os quais apresentam erros em menor quantidade em relação aos modelos pobres.

2.2. Impactos das Mudanças Climáticas

Os dados do último Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) apontam que o aumento da emissão de gases do efeito estufa tem provocado impactos variados na adaptação, vulnerabilidade e sustentabilidade de diversas espécies ao redor do planeta, incluindo modificações na estrutura de redes bióticas, na fenologia e nas interações entre os organismos, principalmente aqueles restritos a pequenas áreas geográficas. Aleixo et al. (2010) destacou três grandes pontos que devem ser discutidos no estudo sobre os impactos futuros das mudanças climáticas: a resistência ou vulnerabilidade das espécies, as consequências dessas mudanças na distribuição e extinção de espécies nos biomas brasileiros, e sobre a possibilidade de ocorrer o surgimento de novas espécies mesmo em biomas descaracterizados pela ação humana.

Siqueira & Peterson (2003) realizaram projeções da distribuição de espécies arbóreas do bioma Cerrado com base em dois cenários de mudanças climáticas para o ano de 2055, e os modelos apresentaram uma perda de mais da metade das áreas potenciais de ocorrência para a maioria das espécies estudadas, apresentando um cenário preocupante por indicar uma intensa fragmentação desse bioma no Brasil e principalmente no Estado de São Paulo, sendo prevista também a possibilidade do Cerrado apresentar no futuro áreas inabitáveis. Colombo (2007) ao criar modelos de distribuição potencial de espécies arbóreas da Mata Atlântica em dois cenários de mudanças climáticas para o ano de 2050 observou que cenários pessimistas apresentam uma redução drástica das áreas de

ocorrência das espécies estudadas, sendo uma das mais afetadas o palmito Juçara (*Euterpe edulis* Mart.), espécie endêmica do bioma Mata Atlântica, havendo a diminuição de 59% de sua área de ocorrência.

2.3. A Família Arecaceae e sua importância ecológica

As palmeiras são monocotiledôneas pertencentes à família Arecaceae e estão entre as plantas mais antigas a surgirem no planeta, com registros fósseis datando mais de 120 milhões de anos. Apresentam distribuição predominantemente pantropical, apresentando poucos representantes tolerantes a regiões frias e temperadas. Com cerca de 40 gêneros e 260 espécies distribuídas pelo território brasileiro, estão presentes em praticamente todas as formações vegetais, onde são importantes por ser a principal fonte de alimento para várias espécies de animais e por proporcionar diversos produtos para a utilização humana (Henderson et al., 1995; Lorenzi et al., 2004; Souza & Lorenzi, 2012).

Segundo dados fornecidos pela Lista de espécies da flora do Brasil, no Estado de São Paulo há nove gêneros e 32 espécies de palmeiras nativas, distribuídas pelos biomas Mata Atlântica e Cerrado, que segundo Myers et al. (2000) são considerados *hotspots* de biodiversidade, com uma alta taxa de endemismo e cerca de 7,5% e 20% de sua áreas originais remanescentes, respectivamente.

Eiserhardt et al. (2011) aponta que a família Arecaceae inclui várias espécies-chave importantes para a manutenção dos ecossistemas, e são importantes ferramentas para entender os impactos das mudanças climáticas e do uso da terra na biodiversidade das florestas tropicais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A primeira fase do trabalho consistiu em criar modelos de distribuição potencial das espécies nativas do Estado de São Paulo. Para identificar as espécies que seriam utilizadas foi utilizada a Lista de Espécies da Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>), na qual foram identificadas as 32 espécies de palmeiras nativas da região estudada, divididas em nove gêneros.

Elaborou-se um banco de dados de ocorrência das espécies de palmeiras inicialmente com os dados 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 e devidamente verificados a partir de imagens do sistema Google Earth, de modo a eliminar os dados com erros de localização e registros repetidos, fazendo com que muitos dos pontos dessa base de dados fossem descartados.

Devido ao fato das informações obtidas pelo sistema *speciesLink* não serem suficientes para representar a distribuição das palmeiras estudadas, foram utilizados registros oriundos de dissertações e teses que tivessem dados de latitude e longitude das espécies. Os dados do “Levantamento Quantitativo de palmeiras” do Pesquisador Eduardo Cabral Gomes do Instituto de Botânica do Estado de São Paulo também foram utilizados como referência para localizar outros registros provenientes de publicações.

Adicionalmente também foram realizadas duas expedições de campo para as regiões onde se conheciam a ocorrência de palmeiras, mas nos levantamentos anteriores não haviam pontos amostrados. A primeira expedição ocorreu em maio de 2015, e cobriu o Nordeste do Estado (Figura 1, Tabela 1), e a segunda ocorreu em dezembro de 2015 na região Noroeste (Figura 2, Tabela 2). Foram visitadas unidades de conservação e fragmentos particulares, para avistamento e registro das palmeiras nativas, além de registrar espécies que fossem encontradas ao longo das estradas percorridas. As áreas mais prováveis de se encontrar as palmeiras foram indicadas pela Dra. Natália Ivanauskas, especialista em fitofisionomia do estado de São Paulo e pesquisadora do Instituto Florestal,

e as espécies foram identificadas pela Dra. Simey Fisch. Uma vez que se localizava uma espécie, registrava-se a coordenada GPS (lat/long, WGS 84) e uma foto da planta era tirada para confirmar a identificação e compor um banco de dados de imagens das espécies encontradas no Estado de São Paulo.

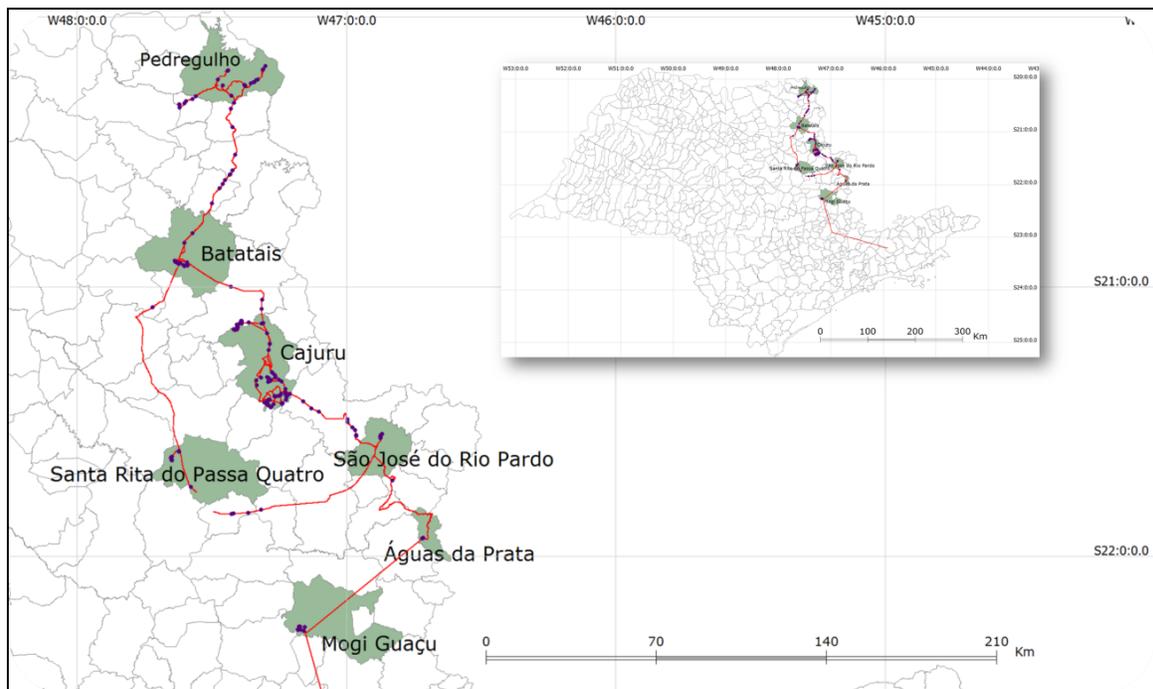


Figura 1 - Trajeto percorrido e pontos coletados durante a expedição à região Nordeste do Estado de São Paulo

Tabela 1 – Localidades visitadas durante a expedição ao Nordeste do Estado de São Paulo

Município	Localidade
Mogi Guaçu	Estação Experimental Mogi-Guaçu
Águas da Prata	Parque Estadual Águas da Prata
São José do Rio Pardo	Fazenda Tubaca
Cajuru	Estação Experimental Cajuru e Fazenda Santa Carlota
Batatais	Floresta Estadual de Batatais
Pedregulho	Parque Estadual Furnas do Bom Jesus
Santa Rita do Passa Quatro	Parque Estadual Vassununga - Gleba "Pé-do-Gigante"

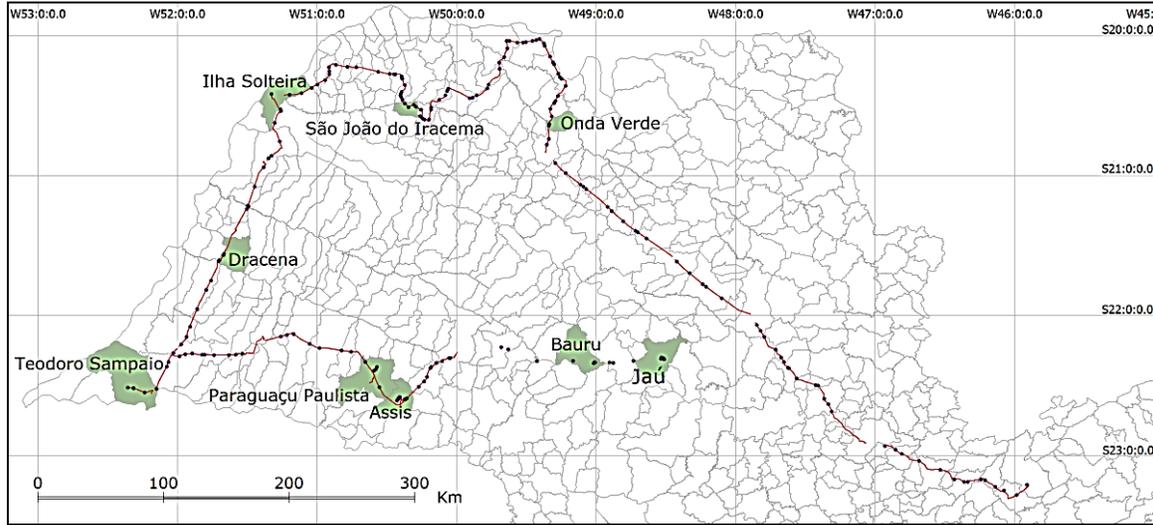


Figura 2 - Trajeto percorrido e pontos coletados durante a expedição à região Noroeste do Estado de São Paulo

Tabela 2 – Localidades visitadas durante a expedição ao Noroeste do Estado de São Paulo

Município	Localidade
Jaú	RPPN Amadeu Botelho
Bauru	Jardim Botânico de Bauru
Assis	Estação Ecológica e Estação Experimental de Assis
Paraguaçu Paulista	Estação Experimental de Paraguaçu Paulista
Teodoro Sampaio	Parque Estadual do Morro do Diabo
Dracena	Parques Estaduais do Rio do Peixe e Aguapeí

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), com exceção da espécie *Lytocaryum hoehnei* (Burret) Toledo, que apesar de apresentar oito pontos de ocorrência, optou-se por criar os modelos por ser uma espécie que ocorre apenas no Estado de São Paulo. As variáveis utilizadas foram as de temperatura (máxima, média e mínima), precipitação e variáveis bioclimáticas, provenientes do projeto *WorldClim – Global Climate Data* (Hijmans et al., 2005). O déficit hídrico foi gerado a partir dos dados de pluviosidade do *WorldClim* com a aplicação do índice de Walsh pelo pesquisador Bruce

Nelson do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Os dados de altitude e exposição foram elaborados por Valeriano (2008) a partir de dados do SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*). A distância vertical em relação à drenagem mais próxima foi gerada a partir do algoritmo HAND (*Height Above the Nearest Drainage*), elaborado por Rennó et al. (2008), e a grade de solos foi obtida a partir de dados fornecidos pela EMBRAPA (IBGE, 2001). Todas essas variáveis foram acessadas a partir do AMBDATA (Amaral et al., 2013) e estão representadas na Tabela 3.

As variáveis foram selecionadas para cada espécie a partir de testes para definir aquelas que apresentavam relevância para o modelo, a partir da 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 relevantes 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. Para todas as espécies, 10% dos pontos de ocorrência formaram o conjunto teste, com exceção daquelas com número de pontos insuficientes para aplicar o teste.

Tabela 3 – Variáveis utilizadas nos testes de relevância.

Sigla	Variável	Sigla	Variável
p1	Precipitação total mensal - Janeiro	me1	Temperatura média mensal - Janeiro
p2	Precipitação total mensal - Fevereiro	me2	Temperatura média mensal - Fevereiro
p3	Precipitação total mensal - Março	me3	Temperatura média mensal - Março
p4	Precipitação total mensal - Abril	me4	Temperatura média mensal - Abril
p5	Precipitação total mensal - Maio	me5	Temperatura média mensal - Maio
p6	Precipitação total mensal - Junho	me6	Temperatura média mensal - Junho
p7	Precipitação total mensal - Julho	me7	Temperatura média mensal - Julho
p8	Precipitação total mensal - Agosto	me8	Temperatura média mensal - Agosto
p9	Precipitação total mensal - Agosto	me9	Temperatura média mensal - Setembro
p10	Precipitação total mensal - Outubro	me10	Temperatura média mensal - Outubro
p11	Precipitação total mensal - Novembro	me11	Temperatura média mensal - Novembro
p12	Precipitação total mensal - Dezembro	me12	Temperatura média mensal - Dezembro
ax1	Temperatura máxima mensal - Janeiro	b1	Temperatura media anual

ax2	Temperatura máxima mensal - Fevereiro	b2	Varição Diurna Média de Temperatura (Média mensal (Tmax-Tmin))
ax3	Temperatura máxima mensal - Março	b3	Isotermalidade ((bio2/bio7) (* 100))
ax4	Temperatura máxima mensal - Abril	b4	Sazonalidade da Temperatura(desvio padrão * 100)
ax5	Temperatura máxima mensal - Maio	b5	Temperatura máxima do mês mais quente
ax6	Temperatura máxima mensal - Junho	b6	Temperatura mínima do mês mais frio
ax7	Temperatura máxima mensal - Julho	b7	Amplitude térmica anual(bio5-bio6)
ax8	Temperatura máxima mensal - Agosto	b8	Temperatura média do trimestre mais úmido
ax9	Temperatura máxima mensal - Setembro	b9	Temperatura média do trimestre mais seco
ax10	Temperatura máxima mensal - Outubro	b10	Temperatura média do trimestre mais quente
ax11	Temperatura máxima mensal – Novembro	b11	Temperatura média do trimestre mais frio
ax12	Temperatura máxima mensal – Dezembro	b12	Precipitação Anual
i1	Temperatura mínima mensal - Janeiro	b13	Precipitação do mês mais chuvoso
i2	Temperatura mínima mensal - Fevereiro	b14	Precipitação do mês mais seco
i3	Temperatura mínima mensal - Março	b15	Sazonalidade da Precipitação (coeficiente de variação)
i4	Temperatura mínima mensal - Abril	b16	Precipitação do trimestre mais chuvoso
i5	Temperatura mínima mensal - Maio	b17	Precipitação do trimestre mais seco
i6	Temperatura mínima mensal - Junho	b18	Precipitação do trimestre mais quente
i7	Temperatura mínima mensal - Julho	b19	Precipitação do trimestre mais frio
i8	Temperatura mínima mensal - Agosto	altb	Altitude
i9	Temperatura mínima mensal - Setembro	hnd100	Distância vertical da drenagem
i10	Temperatura mínima mensal - Outubro	ped	Mapa de solos
i11	Temperatura mínima mensal – Novembro	deficitth	Déficit hídrico
i12	Temperatura mínima mensal - Dezembro	expo	Exposição

Com as variáveis selecionadas para cada espécie, os modelos Maxent foram aplicado com 500 interações, e os resultados de média, máxima e mínima possibilidade de distribuição para cada espécie foram analisados utilizando dados da literatura (Henderson et al, 1995; Lorenzi et al, 2004) 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.

4. RESULTADOS

Das 32 palmeiras nativas do Estado de São Paulo, 18 atenderam o requisito de possuir no mínimo 10 pontos de coordenadas viáveis e uma foi incluída por ser endêmica de uma área do Estado. Essas 19 espécies são pertencentes a dez gêneros, sendo eles *Acrocomia*, *Astrocaryum*, *Bactris*, *Butia*, *Euterpe*, *Lytocaryum* e *Mauritia* com apenas um representante em cada; *Attalea* com três espécies, *Syagrus* com quatro e *Geonoma* com cinco. No total, obteve-se 685 pontos de ocorrência para as palmeiras, sendo 140 oriundos da plataforma *speciesLink*, 256 de publicações, 64 da expedição ao Nordeste Paulista e 225 do Noroeste Paulista. O total de pontos de ocorrência obtido para cada espécie pode ser visto na Tabela 4, e os pontos georeferenciados na Figura 3.

Tabela 4 –Espécies que apresentaram pontos de ocorrência suficientes para realizar a modelagem.

Espécie	Herbário Virtual	Literatura	Expedição Nordeste Paulista	Expedição Noroeste Paulista	Total
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. Ex Mart.	0	1	14	76	91
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott.) Burret	6	23	0	0	29
<i>Attalea dubia</i> (Mart.) Burret	2	9	0	0	11
<i>Attalea geraensis</i> Barb. Rodr.	1	1	9	0	11
<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng.	1	0	0	23	24
<i>Bactris setosa</i> Mart.	11	16	0	0	27
<i>Butia paraguayensis</i> (Barb. Rodr.) L. H. Bailey	1	1	1	08	11
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	13	64	12	2	91
<i>Geonoma elegans</i> Mart.	17	20	0	0	37
<i>Geonoma gamiova</i> Barb. Rodr.	15	19	0	0	34
<i>Geonoma pohliana</i> Mart.	25	8	0	0	33
<i>Geonoma schottiana</i> Mart.	26	8	0	0	34
<i>Geonoma brevispatha</i> Barb. Rodr.	0	3	7	3	13
<i>Lytocaryum hoehnei</i> (Burret) Toledo	4	4	0	0	8
<i>Mauritia flexuosa</i> L. f.	1	4	3	6	14
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc	2	3	1	7	13
<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	4	10	3	44	61
<i>Syagrus pseudococos</i> (Raddi) Glassman	1	14	0	0	15
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	10	48	14	56	128

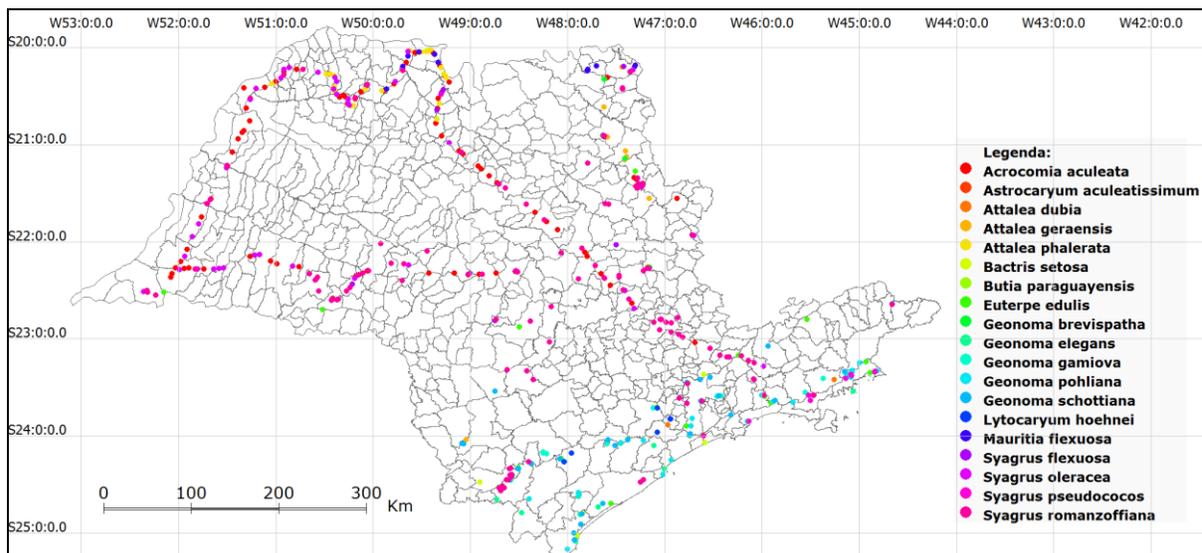


Figura 3 – Pontos georeferenciados das palmeiras selecionadas para realizar a modelagem.

Com as expedições a campo, pode-se acrescentar novas espécies com número de registros mínimos viáveis para a modelagem, como *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart., *Attalea geraensis* Barb. Rodr., *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng., *Butia paraguayensis* (Barb. Rodr.) L. H. Bailey, *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr., *Mauritia flexuosa* L. f. e *Syagrus flexuosa* (Mart.) Becc. Pode-se observar também que apesar da espécie *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr. não constar na lista de espécies como nativa do Estado de São Paulo, foi encontrada durante as duas expedições. Além disso, mais recentemente a espécie *Lytocaryum hoehnei* (Burret) Toledo, que anteriormente constava na Lista de Espécies da Flora do Brasil como nativa do Estado de São Paulo não está mais na lista, apesar de ter sua distribuição exclusiva para essa região nos herbários e na literatura.

As variáveis mais relevantes para cada espécie podem ser observadas na Tabela 5. Quanto à qualidade dos modelos gerados, obteve-se uma melhora significativa quando foram acrescentados os pontos de publicações e das expedições, pois foi possível representar melhor a ocorrência das palmeiras no Estado de São Paulo.

Tabela 5 – Variáveis relevantes para as espécies após os testes realizados no Maxent.

Espécie	Nº pontos	Variáveis importantes
<i>Acrocomia aculeata</i>	91	altb, b12, b14, b15, b17, b18, b19, b2, b3, b4, b7, deficitth, expo, hnd100, i11, i2, i3, i5, i7, i8, i9, me10, me4, me7, me8, p1, p10, p11, p12, p2, p3, p5, p6, p8, p9, ped
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i>	29	altb, b12, b2, b3, deficitth, hnd100, p10, p12, p2, p5, p6, p7, p8, ped
<i>Attalea dubia</i>	11	ax10, ax8, b2, deficitth, expo, hnd100, p2, ped
<i>Attalea geraensis</i>	11	ax1, ax9, deficitth, p7, p8, ped
<i>Attalea phalerata</i>	24	ax10, ax12, b12, b18, b3, deficitth, expo, hnd100, p10, p12, p4, p6, p8, ped
<i>Bactris setosa</i>	27	ax12, b12, b14, b2, b3, b4, deficitth, expo, hnd100, p7, ped
<i>Butia paraguayensis</i>	11	b2, hnd100, i12, i5, p4, ped
<i>Euterpe edulis</i>	91	altb, ax1, ax10, ax6, b12, b15, b2, b3, b4, deficitth, expo, hnd100, i12, i5, me3, p10, p11, p12, p2, p3, p4, p5, p7, p8, ped
<i>Geonoma elegans</i>	37	altb, b10, b2, b3, b8, deficitth, expo, hnd100, me12, p2, p6, p7, ped
<i>Geonoma gamiova</i>	34	altb, b2, b3, b8, deficitth, expo, hnd100, p11, p2, p4, p5, p7, p8, ped
<i>Geonoma pohliana</i>	33	ax11, ax3, b2, b3, deficitth, expo, hnd100, me4, p2, p4, p6, ped
<i>Geonoma schottiana</i>	34	altb, b15, b2, b3, deficitth, expo, hnd100, me11, p11, p12, p2, p5, p8, p9, ped
<i>Geonoma brevispatha</i>	13	ax1, ax6, b7, expo, hnd100, p7, p8, ped
<i>Lytocaryum hoehnei</i>	10	ax8, b2, deficitth, hnd100, p2, ped
<i>Mauritia flexuosa</i>	14	ax9, b11, b15, b17, b19, b3, me9, p10, p5, p6, ped
<i>Syagrus flexuosa</i>	13	altb, hnd100, p2, p4, ped
<i>Syagrus oleracea</i>	61	altb, ax1, ax12, ax9, b12, b14, b15, b18, b3, deficitth, expo, hnd100, i12, i8, p10, p11, p12, p2, p3, p4, p6, ped
<i>Syagrus pseudococos</i>	15	b15, b2, b4, deficitth, expo, hnd100, p3, p4, p6, p8, ped
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	128	altb, ax3, ax6, b12, b13, b14, b16, b17, b18, b19, b2, b4, b7, deficitth, expo, hnd100, i12, i5, i6, me11, me4, me7, p10, p11, p12, p2, p3, p4, p5, p6, p7, p8, p9, ped

As espécies *Astrocaryum aculeatissimum* (Figura 4), *Attalea dubia* (Figura 5), *Bactris setosa* (Figura 6), *Geonoma elegans* (Figura 7), *G. gamiova* (Figura 8), *G. pohliana* (Figura 9), *G. schottiana* (Figura 10) e *Syagrus pseudococos* (Figura 11) não apresentaram nenhum ponto acrescentado com as expedições a campo, por serem palmeiras típicas da Floresta Ombrofila Densa – Mata Atlântica e, portanto, não ocorreram nas áreas visitadas, portanto somente durante a procura de pontos em publicações e teses que foi possível aumentar o número de coordenadas para melhorar a qualidade desses modelos.

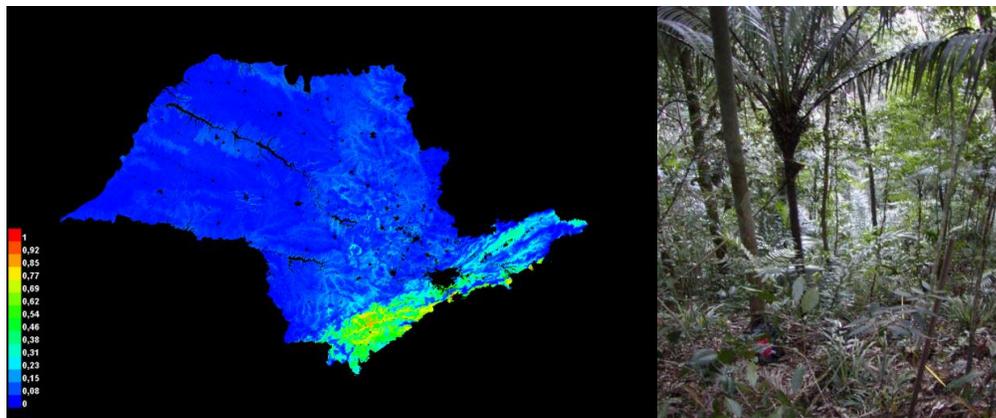


Figura 4 – Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Astrocaryum aculeatissimum*, com limiar 0,62 de para a distribuição da espécie.

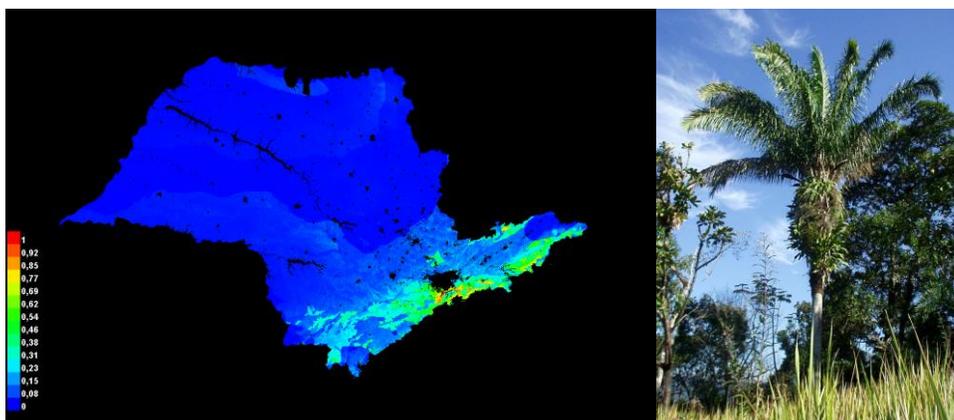


Figura 5 – Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Attalea dubia*, em avaliação.

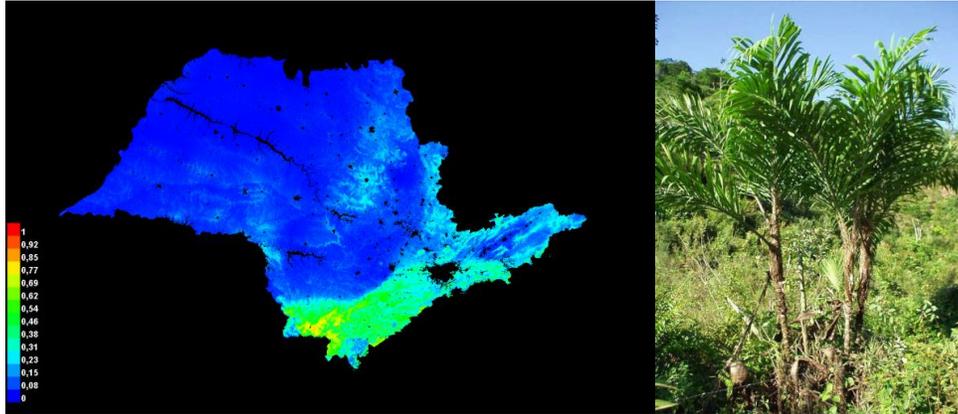


Figura 6 - Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Bactris setosa*, com limiar de 0,38 para a ocorrência da espécie.

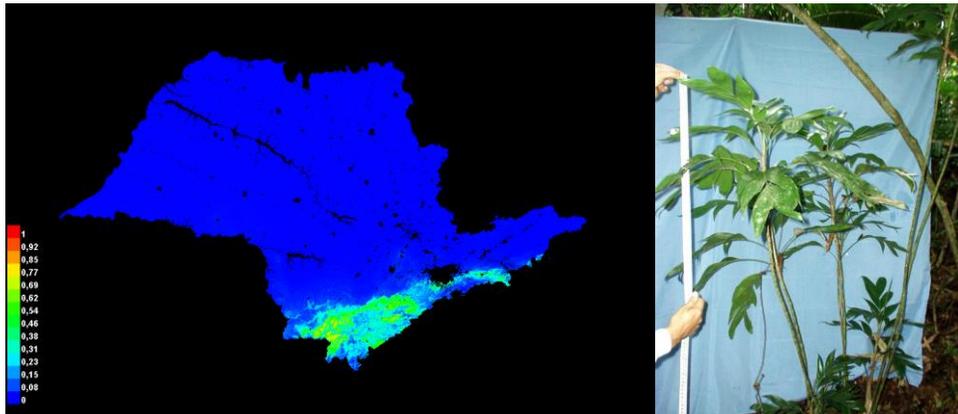


Figura 7 – Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Geonoma elegans*, em avaliação.

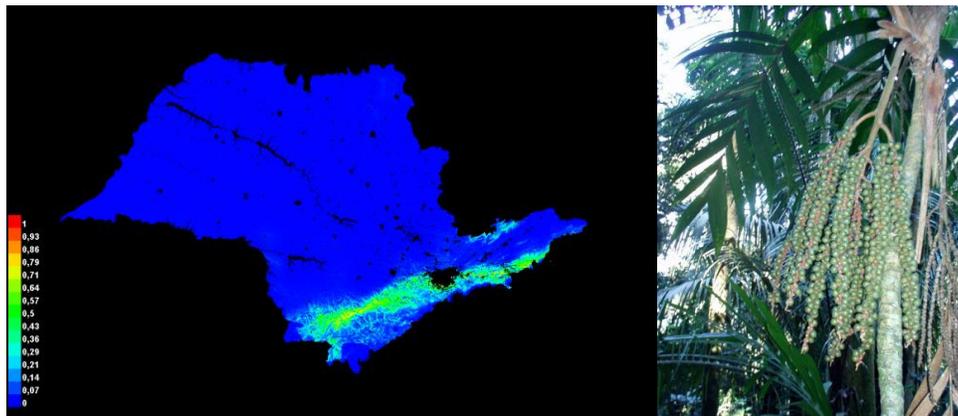


Figura 8 – Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Geonoma gamiova*, em avaliação.

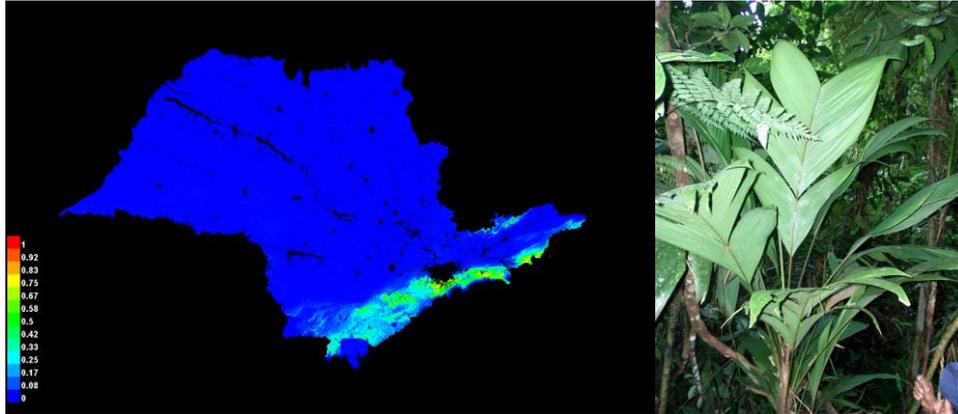


Figura 9 – Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Geonoma pohliana*, em avaliação.

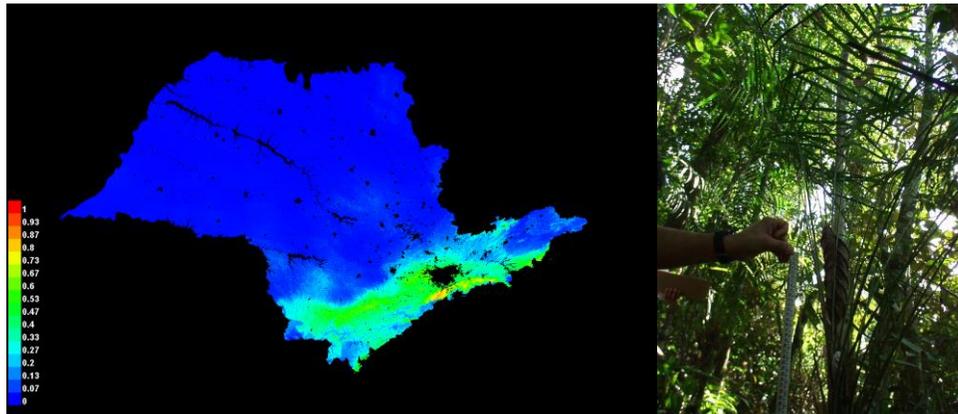


Figura 10 - Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Geonoma schottiana*, em avaliação

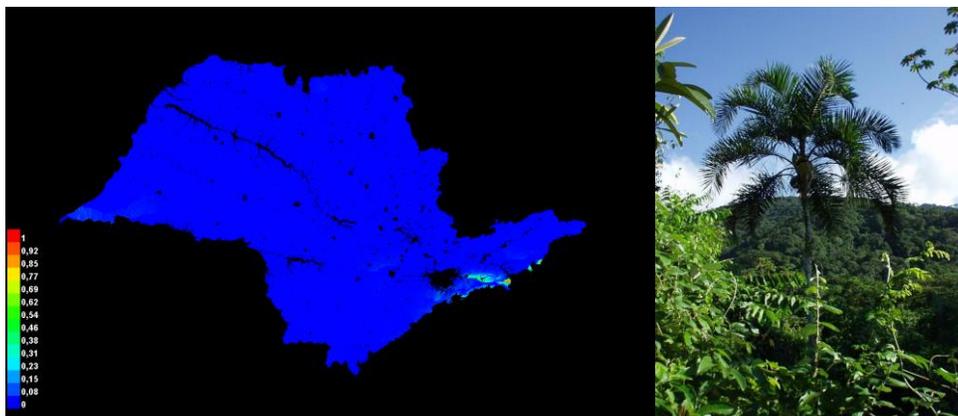


Figura 11 – Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Syagrus pseudococos*, em avaliação.

Para as espécies *Attalea geraensis* (Figura 12), *A. phalerata* (Figura 13), *Butia paraguayensis* (Figura 14), *Geonoma brevisphata* (Figura 15), *Mauritia flexuosa* (Figura 16) e *Syagrus flexuosa* (Figura 17), que tiveram pontos coletados durante as expedições, pôde-se alcançar o número mínimo de coordenadas para a criação dos modelos, com resultados coerentes à distribuição real da espécie.

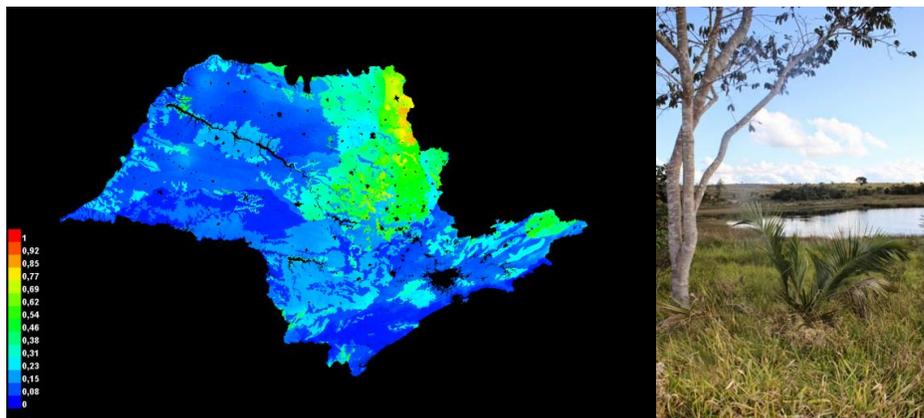


Figura 12 - Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Attalea geraensis*, com limiar de 0,69 para a ocorrência da espécie.

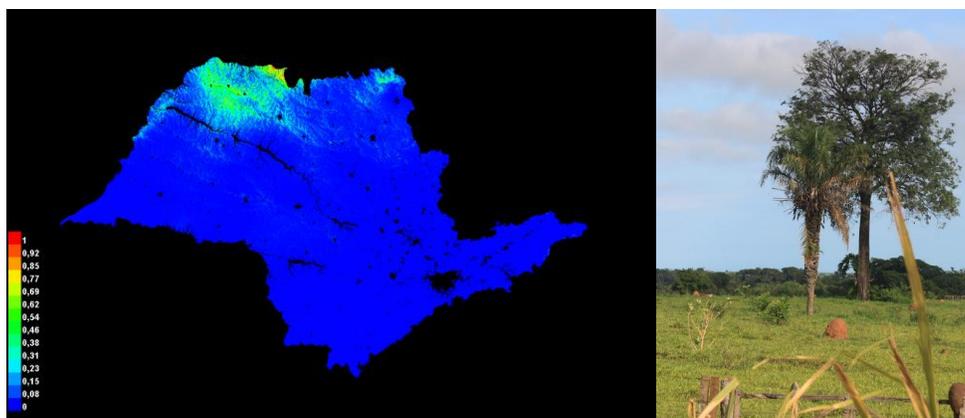


Figura 13 - Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Attalea phalerata*, em avaliação.

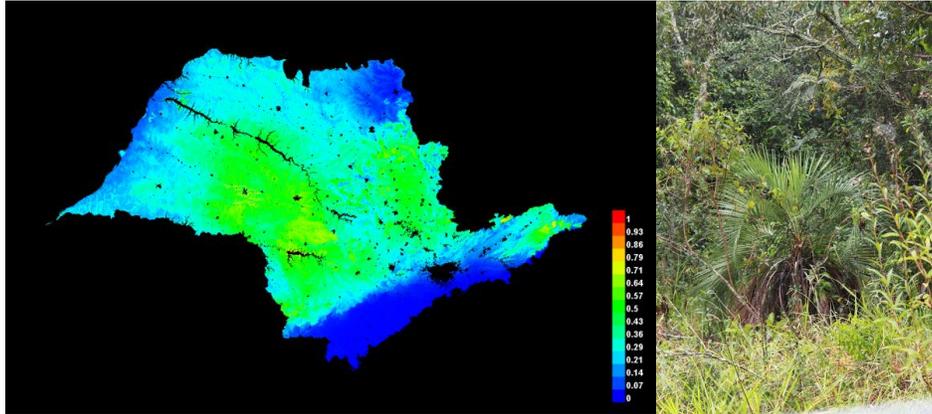


Figura 14 - Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Butia paraguayensis*, com limiar de 0,77 para a ocorrência da espécie.

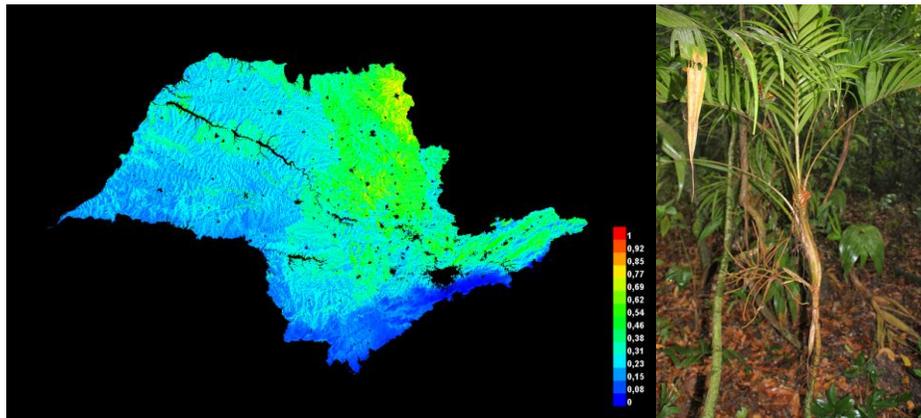


Figura 15 - Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Geonoma brevispatha*, em avaliação.

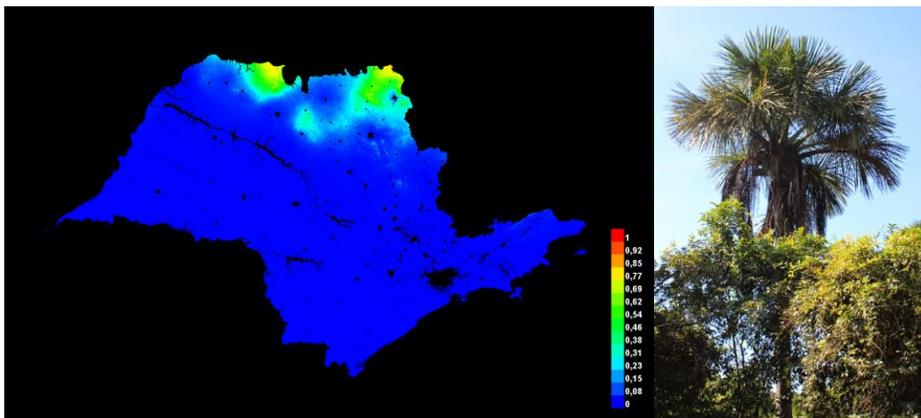


Figura 16 - Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Mauritia flexuosa*, com limiar de 0,62 para a ocorrência da espécie.

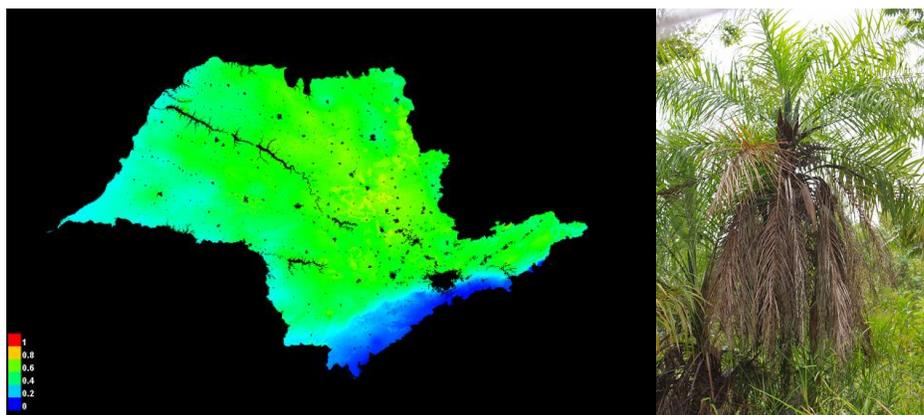


Figura 17 - Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *Syagrus flexuosa*, em avaliação.

As espécies *Acrocomia aculeata* (Figura 18), *Euterpe edulis* (Figura 19), *Syagrus oleracea* (Figura 20) e *Syagrus romanzoffiana* (Figura 21) tiveram seus pontos de ocorrência melhor representados tanto pela busca em publicações e pelas expedições e estão no processo de criação do modelo final com 500 interações. Observou-se que essas espécies, principalmente *A. aculeata* e *S. oleracea*, estavam pobremente representadas no sistema *speciesLink*, mas são de ampla ocorrência no norte do Estado de São Paulo. O mesmo não se pode dizer para a espécie *L. hoehnei* (Figura 22), que mesmo com as buscas por mais pontos continuou a apresentar menos de dez pontos de ocorrência, já que as expedições não cobriram sua área de distribuição.

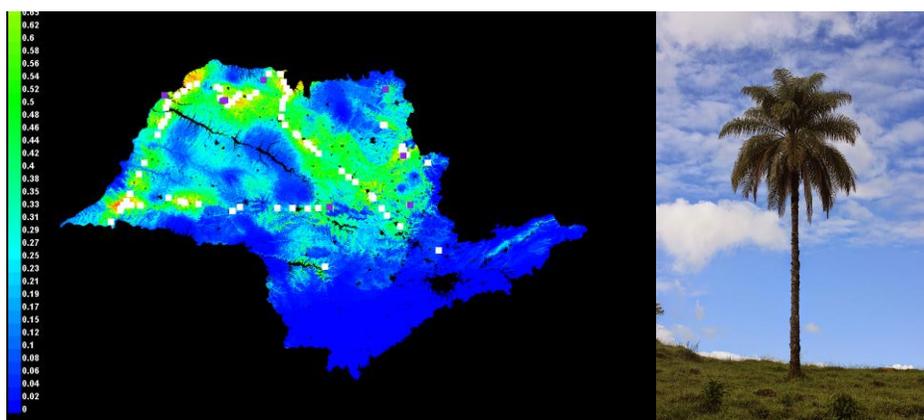


Figura 18 - Modelo de distribuição e fotografia da espécie *Acrocomia aculeata*, em processo de modelagem.

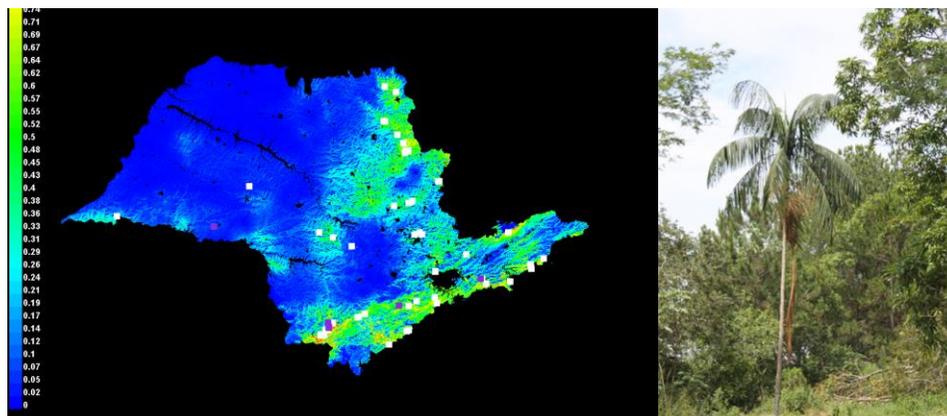


Figura 19 - Modelo de distribuição e fotografia da espécie *Euterpe edulis*, em processo de modelagem.

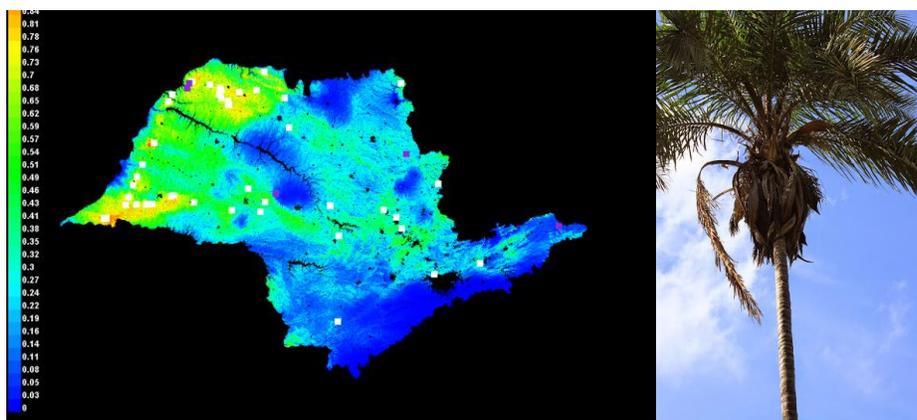


Figura 20- Modelo de distribuição e fotografia da espécie *Syagrus oleracea*, em processo de modelagem.

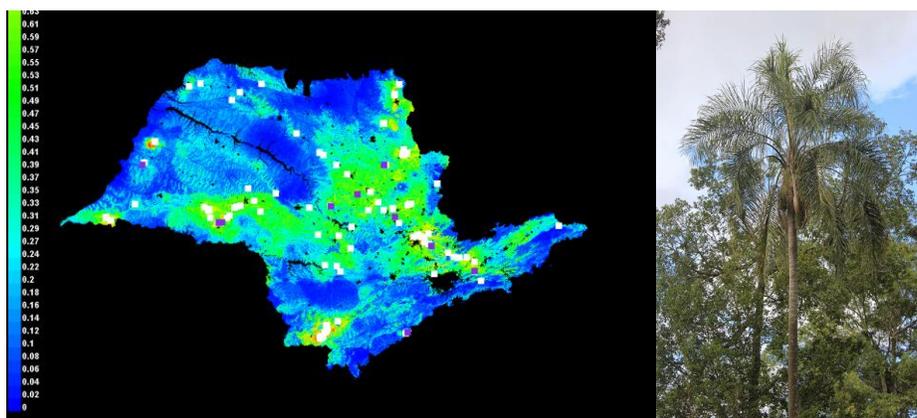


Figura 21 - Modelo de distribuição e fotografia da espécie *Syagrus romanzoffiana*, em processo de modelagem.

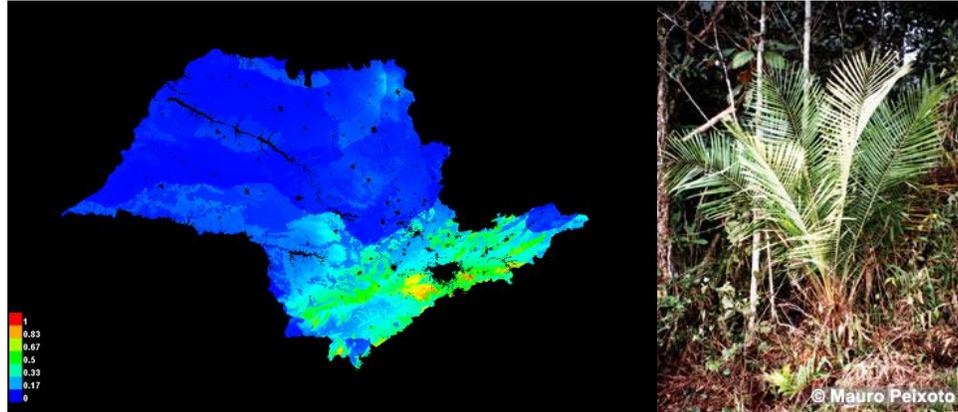


Figura 22 - Modelo de distribuição potencial e fotografia da espécie *L. hoehnei*, com limiar de 0,83 para a ocorrência da espécie.

5. DISCUSSÃO

Em relação aos levantamentos de dados anteriores, as expedições a campo contribuíram para uma melhora na qualidade do banco de dados geográfico, e conseqüentemente uma melhora nos modelos gerados. Lacunas de pontos de ocorrência em determinadas regiões onde a presença da espécie é conhecida e a presença de coordenadas com erros de localização foram frequentes durante a verificação dos dados oriundos do herbário. Essa perda de pontos durante as verificações dos pontos do herbário foi observado também por Colombo (2007), ao utilizar o banco de dados FITOGEO e o sistema *speciesLink*. Já Arasato (2011) ao utilizar coordenadas oriundas de diversos herbários nacionais e internacionais obteve pontos de ocorrência suficientes para representar a distribuição da Família Arecaceae no Brasil de forma eficiente.

Observou-se que os dados disponíveis no herbário virtual e na literatura não representam a distribuição real de muitas das palmeiras nativas do Estado de São Paulo. Durante as expedições a campo pode-se observar que as espécies *A. aculeata* e *S. oleracea*, espécies de grande porte pouco representadas em coletas de herbário, são muito abundantes nas regiões visitadas. Segundo Dransfield (1986), a maioria dos grupos de palmeiras são pobremente representados nos herbários devido à dificuldade na coleta do material, pois

muitas espécies são altas e finas para serem escaladas, além da dificuldade na secagem e acondicionamento desse material nos herbários, como é o caso das espécies anteriormente citadas, que podem chegar até 15 m de altura. Já as espécies do gênero *Geonoma*, de porte pequeno (1 a 4 m), apresentam mais pontos de herbário, pois são mais fáceis de serem coletadas.

Ruokolainen & Vormisto (2000) relatam que o tamanho do caule é um dos fatores que determinam a maior distribuição das espécies de palmeiras, pois contribui para a maior dispersão das sementes, como pode-se observar para as espécies *A. aculeata*, *S. oleracea*, *S. romanzoffiana*, *E. edulis* e *M. flexuosa*, que apesar de não possuir uma ampla área de distribuição no Estado de São Paulo, é amplamente distribuída pelo Brasil inteiro; enquanto as espécies de porte pequeno costumam apresentar distribuição mais restritas a determinadas regiões.

Quanto às exigências ambientais das palmeiras, Arasato & Amaral (2013), observaram que variáveis ambientais relacionadas com a declividade do terreno e disponibilidade de água são as mais relevantes para definir o nicho das espécies de palmeiras na Amazônia, o que foi observado também por Ruokolainen & Vormisto (2000) ao constatarem que palmeiras com a capacidade de sobreviver em diferentes condições edáficas possuem uma maior área de distribuição, fato que também pode ser observado nesse trabalho, já que entre as variáveis mais relevantes para as espécies, as relacionadas ao solo e à precipitação estão entre as mais importantes para os 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. Segundo Peterson (2001), há uma forte relação entre o tamanho das amostras e a qualidade dos modelos gerados, observando que cenários com mais de 100 pontos de ocorrência geravam na maioria dos casos os modelos mais preditivos, representando melhor o nicho da espécie.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que as buscas por pontos de ocorrência em publicações e as expedições a campo foram de grande importância para melhorar a qualidade do banco de dados de ocorrência das palmeiras do Estado de São Paulo, e conseqüentemente houve uma melhora na qualidade dos modelos gerados, pois os pontos coletados puderam representar mais fielmente a distribuição das espécies pelo Estado. Com esses resultados pode-se iniciar o processo de seleção das variáveis de clima preditivo para avaliar as possíveis áreas de perda ou ganho de distribuição dessas espécies em cenários de mudanças climáticas e discutir os efeitos sobre a preservação da família Arecaceae no estado de São Paulo.

7. REFERÊNCIAS

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.

COLOMBO, A. F. **Conseqüências das mudanças climáticas globais para as espécies arbóreas da Mata Atlântica**. (Dissertação de Mestrado) – Instituto de Biologia/UNICAMP, Campinas, 2007.

DRANSFIELD, J. 1986. A Guide to Collecting Palms. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, **73**: 166-76 p.

EISERHARDT, W. L.; SVENNING, J.; KISSLING, W. D.; BALSLEV, H. Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. **Annals of Botany**. p. 1-26, 2011.

Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 14 Mai. 2016

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

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v.25, n.15, p.1965-1978, 2005.

- HUTCHINSON, G. E. Concluding Remarks. **Ecology**, v. 22, p. 415-427, 1957.
- IBGE - EMBRAPA - **Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001 - Escala 1:5.000.000.
- INCT- **Herbário Virtual da Flora e dos Fungos**. Disponível em: < <http://inct.splink.org.br/> >. Acesso em: 14 Mai. 2016
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; COSTA, J. T. M.; CERQUEIRA, L. S. C., FERREIRA, E. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantatum, 2004. 416 p.
- PETERSON, A. T. Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. **Condor** **103**, 599–605, 2001.
- PHILLIPS, S.; ANDERSON, R.; SCHAPIRE, R. Maximum Entropy Modelling of species geographic distribution. **Ecological Modelling**, v.190, n3-4, p.231-259, 2006.
- RENNÓ, C.D., A.D. Nobre, L.A Cuartas, J.V. Soares, M.G. Hodnett, J. Tomasella and M.J. Waterloo. 2008. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment** **112**: 3469-81.
- 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
- SIQUEIRA, M. F. & DURIGAN, G. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica** **30**: 239-249, 2007.
- SIQUEIRA, M. F. & PETERSON, A. T. Consequences of global climate change for geographic distributions of Cerrado trees species. **Biota Neotropica** **3**: 1-14, 2003.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**. 3ª Edição, Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum, 2012. 768p.
- speciesLINK: Sistema de informação distribuído para coleções biológicas**. Disponível em < <http://splink.cria.org.br/> >. Acesso em: 15 Mai. 2016
- VALERIANO, M. de M. 2008. TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE. Disponível em <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>