

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 2017

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)

Julho de 2017

RESUMO

As palmeiras são os principais representantes da flora tropical, e atuam como importantes espécies-chave na manutenção dos ecossistemas onde habitam, estando em praticamente todos os biomas brasileiros. Tendo em vista a importância dessas espécies para a preservação dos remanescentes florestais do Estado de São Paulo, esse trabalho teve como objetivo elaborar modelos da distribuição atual de palmeiras nativas do Estado de São Paulo e simular a distribuição destas espécies no pior cenário de mudanças climáticas para o ano de 2050. Para a criação desses modelos foi elaborado um banco de dados geográfico com pontos de ocorrência das palmeiras nativas do Estado. Inicialmente essa base de dados foi criada a partir dos dados presentes no INCT – Herbário Virtual da Flora e dos Fungos (<http://inct.splink.org.br>) e complementado com pontos oriundos de publicações e por duas expedições a campo, para a coleta de pontos em locais onde se conhecia a ocorrência das palmeiras, mas que não haviam pontos amostrados nos levantamentos anteriores. 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. As variáveis de temperatura (mínima, média e máxima), precipitação, bioclimáticas, déficit hídrico altitude, exposição, distância vertical em relação à drenagem mais próxima (HAND) e solo foram obtidas pelo portal AMBDATA, e os testes foram realizados no algoritmo Maxent 3.3.3k, cujas variáveis mais relevantes no teste de Jackknife foram aplicadas em um novo modelo com 50 interações. Das 33 espécies nativas do Estado, somente 19 apresentaram o número mínimo de coordenadas viáveis para a modelagem, e no total se obteve 685 pontos de ocorrência. Os modelos foram analisados junto à especialista de palmeiras, e apresentaram resultados coerentes com a distribuição conhecida das espécies, criando-se então mapas representando o nicho realizado dessas palmeiras. Os modelos de distribuição atual foram projetados para o pior cenário do IPCC (WGII AR5), com simulações das condições de emissão de CO₂ para o ano de 2050, no qual se observou a perda na área de distribuição de todas as espécies, incluindo chances de haver o desaparecimento de algumas palmeiras do estado. Conclui-se que as palmeiras são espécies vulneráveis às mudanças climáticas no futuro, principalmente aquelas com distribuição restrita, sendo importante a tomada de medidas para a conservação dessas espécies e conseqüentemente, de seus biomas de origem.

Palavras-chave: Arecaceae. Maxent. Mata Atlântica. Cerrado. Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

Palm trees are the main representatives of tropical flora, and they are key species for the maintenance of ecosystems where they live. They occur practically in all Brazilian biomes. Considering that palm species are essential for forest remnants conservation in São Paulo State, this work aimed to study the present and future of palm species distribution. Specifically, using species distribution model approach, we mapped the current distribution of native palm trees in São Paulo State and we simulated the distribution of these species in the worst climate change scenario for the year 2050. First, a geographic database gathered the geographical coordinates of native palm species in the State of São Paulo, compiling occurrence points from the INCT - Virtual Herbarium of Flora and Fungi (<http://inct.splink.org.br>) and complemented with data obtained from the literature and two field trips. The field work was planned to cover regions where the occurrence of palm trees was known, but that there were no points sampled in previous surveys. Once the database was formed, we selected environmental variables to create the current species distribution models for the species that presented at least 10 points of occurrence with geographical coordinates. The variables temperature (minimum, average and maximum), precipitation, bioclimatic variables, altitude, water deficit, exposure, vertical distance in relation to the nearest drainage (HAND) and soil, obtained from the AMBDATA portal, were tested using Maxent algorithm. The most relevant variables in the Jackknife test for each species were used to generate a final model with 50 interactions at Maxent algorithm. Of the 33 native species of the São Paulo State, only 19 presented the minimum number of viable coordinates for the modeling, and in total, 685 points of occurrence were obtained. The models were evaluated based on the literature and a palm specialist, seeking to reproduce the known distribution of the species, in order to generate indicate thresholds for the actual palm species distribution maps. Finally, current distribution models were projected for the future, considering the climatic simulations provided for IPCC worst scenario (WGII AR5), with simulations of the CO₂ emission conditions for the year 2050. The results indicated a general loss in the distribution area for all palm species in São Paulo, including the local extinction of *L. hoehnei*, *S. pseudococos* and *B. paraguayensis*. This work concludes that palm trees, especially those with restricted distribution, are highly vulnerable to climate change in SP, and so conservation of these species and their biomes of origin are strongly recommended.

Keywords: Arecaceae. Maxent. Atlantic Forest. Cerrado. Climate Change.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. A Família Arecaceae e sua importância ecológica.	6
2.2. Modelos de distribuição de espécies.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4. RESULTADOS	15
5. DISCUSSÃO	28
5.1. Modelos de distribuição de espécies.....	28
5.2. Modelos de distribuição de espécies.....	29
5.3. Modelos de distribuição de espécies.....	30
6. CONCLUSÃO.....	33
7. REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

As palmeiras, monocotiledôneas pertencentes à família Arecaceae, são plantas que apresentam distribuição predominantemente pantropical, com poucos representantes tolerantes a regiões frias e temperadas, presentes em praticamente todas as formações vegetais brasileiras, onde são a principal fonte de alimento para várias espécies de animais, além de proporcionar diversos produtos para a utilização humana (HENDERSON et al., 1995; LORENZI et al., 2010; SOUZA & LORENZI, 2012). Além disso, podem ser utilizadas como ferramentas para entender os impactos das mudanças climáticas na biodiversidade das florestas tropicais (EISERHARDT et al., 2011; GAUTO et al., 2011). O aumento da emissão de gases do efeito estufa tem provocado impactos variados, como a tendência de aumento da temperatura, precipitações e enchentes na América do Sul. Essas alterações poderão causar impactos 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 (IPCC, 2014).

Entre os efeitos causados pelas mudanças do clima nas palmeiras, pode-se destacar um efeito negativo na distribuição de espécies devido ao estresse térmico, com a formação de áreas inadequadas para essas palmeiras, causando impactos inclusive na economia dos locais que as exploram, além do surgimento dessas espécies em locais onde atualmente não ocorrem (SHABANI et al., 2014; VAZ & NABOUT, 2016).

Nesse contexto, os modelos de distribuição de espécies (MDEs) são importantes ferramentas para compreender os impactos das mudanças do clima na distribuição dos organismos, pois relacionam observações de campo com variáveis ambientais, com base em superfícies de resposta estatisticamente ou teoricamente derivadas (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000). Esses modelos descrevem a adequação da espécie no espaço ecológico e nas dimensões ambientais examinadas, produzindo uma área geográfica de previsão de presença para a espécie. As áreas que satisfazem as condições do nicho fundamental representam sua distribuição potencial, enquanto que as áreas geográficas em que ela habita realmente constituem sua distribuição realizada (PHILLIPS et al., 2006). Entre os diversos tipos de aplicações para os modelos de distribuição de espécies 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).

Este trabalho teve por objetivo geral elaborar modelos da distribuição atual de palmeiras nativas do Estado de São Paulo e realizar exercícios que simulem a distribuição destas espécies no pior cenário de aquecimento global para o ano de 2050, a fim de inferir sobre prováveis impactos das mudanças climáticas nos remanescentes de vegetação natural no Estado.

Para isso, seguiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Sistematizar, em um banco de dados geográfico, a ocorrência das palmeiras nativas do Estado de São Paulo e das variáveis ambientais consideradas importantes para a distribuição dessas espécies;
- Estudar a distribuição potencial atual das espécies de palmeiras no Estado de São Paulo, identificando quais variáveis são determinantes na distribuição de cada espécie;
- Produzir mapas da distribuição atual das espécies estudadas;
- Simular como cada espécie de palmeira se distribuirá pelo Estado de São Paulo no ano de 2050, dado o pior cenário de mudanças climáticas do IPCC.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. 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 (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>), 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.

Entre as maiores ameaças às palmeiras pode-se destacar a fragmentação de habitats, as mudanças no uso da terra e a super exploração de algumas espécies para fins comerciais, sendo as palmeiras de distribuição restrita mais vulneráveis a sofrerem extinção local (GAUTO et al., 2011). Segundo Scariot (1998), a diminuição da densidade de palmeiras em pequenos fragmentos isolados pode acarretar mudanças na estrutura florestal e na teia alimentar, diminuindo o valor biológico dessas áreas, como também foi apontado por Galetti (2006) para a espécie *Astrocaryum aculeatissimum*, que apesar de aumentar a quantidade de plântulas em locais fragmentados, acaba bloqueando o desenvolvimento de jovens bem sucedidos. Além disso, o autor aponta que o corte de palmeiras e a caça de dispersores da espécie podem levar ao colapso da dispersão dessa e de outras palmeiras de sementes grandes, além do aumento descontrolado da abundância de insetos em locais onde não são adaptados.

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, como por exemplo no trabalho realizado por Colombo (2007), que ao criar modelos para a espécie *Euterpe edulis* Mart. em dois cenários para o ano de 2050, constatou que mesmo com a pouca redução de área no cenário pessimista, a espécie encontra-se em uma situação de risco por ocupar uma pequena área de distribuição.

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). Essas representações indicam o nicho 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. Nesse conceito, o nicho fundamental se refere a todas as condições que permitem a sobrevivência de uma espécie, e o nicho realizado é o que realmente é ocupado pela espécie quando considerados seus predadores, competidores e capacidade de colonizar certo local.

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.

Dentre as ferramentas existentes para a criação de modelos pode-se destacar o algoritmo Maxent 3.3.3k (Maximum Entropy Species Distribution Modelling) (PHILLIPS et al., 2006), que a partir de um conjunto de variáveis ambientais e de localidades georreferenciadas do grupo estudado, expressa uma distribuição de probabilidade onde cada célula de grade possui uma adequação prevista de condições para as espécies, podendo ser interpretada como probabilidade prevista de presença ou como abundância local prevista, de acordo com os dados de entrada e a amostragem biológica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Elaborou-se um banco de dados de ocorrência das espécies 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*, com base nas informações disponíveis na Lista de Espécies da Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>) sobre as palmeiras nativas da região. Desta base de dados, foram selecionadas apenas as espécies que apresentaram coordenadas geográficas correspondentes aos locais de coleta originais, conforme verificado em imagens do sistema Google Earth, eliminando-se assim dados com erros de localização e registros repetidos. Dos 2194 registros disponíveis desta fonte de dados, 2054 foram desconsiderados, restando apenas 140 pontos de ocorrência para realizar a modelagem.

Como os dados obtidos do sistema *speciesLink* foram insuficientes para representar a distribuição das palmeiras estudadas, buscou-se registros com informações corretas de latitude e longitude das espécies oriundos de publicações, e no “Levantamento Quantitativo de palmeiras” do Pesquisador Eduardo Cabral Gomes do Instituto de Botânica do Estado de São Paulo. Este levantamento foi também utilizado como referência para localizar outros registros provenientes de publicações.

Além da compilação de dados de ocorrência da literatura, duas expedições de campo foram realizadas nas regiões onde a ocorrência de palmeiras é conhecida, mas para as quais 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 as unidades de conservação do Instituto Florestal de São Paulo e fragmentos de vegetação remanescentes particulares, para avistamento e registro das palmeiras nativas, além do registro de espécies encontradas ao longo das estradas percorridas. Os remanescentes e locais em que havia conhecimento da ocorrência de palmeiras foram inicialmente sugeridos pela Dra. Natália Ivanauskas, especialista em fitofisionomia do Estado de São Paulo e pesquisadora do Instituto Florestal. As espécies foram identificadas em campo pela Dra. Simey Fisch, especialista em palmeiras da Universidade de Taubaté. Ao se avistar um indivíduo de palmeira, a espécie era identificada, registrava-se a localização através de coordenada GPS (lat/long, WGS 84)

e procedia-se a documentação fotográfica (também com coordenada GPS associada) para confirmar a identificação e compor um banco de dados de imagens das espécies encontradas no Estado.

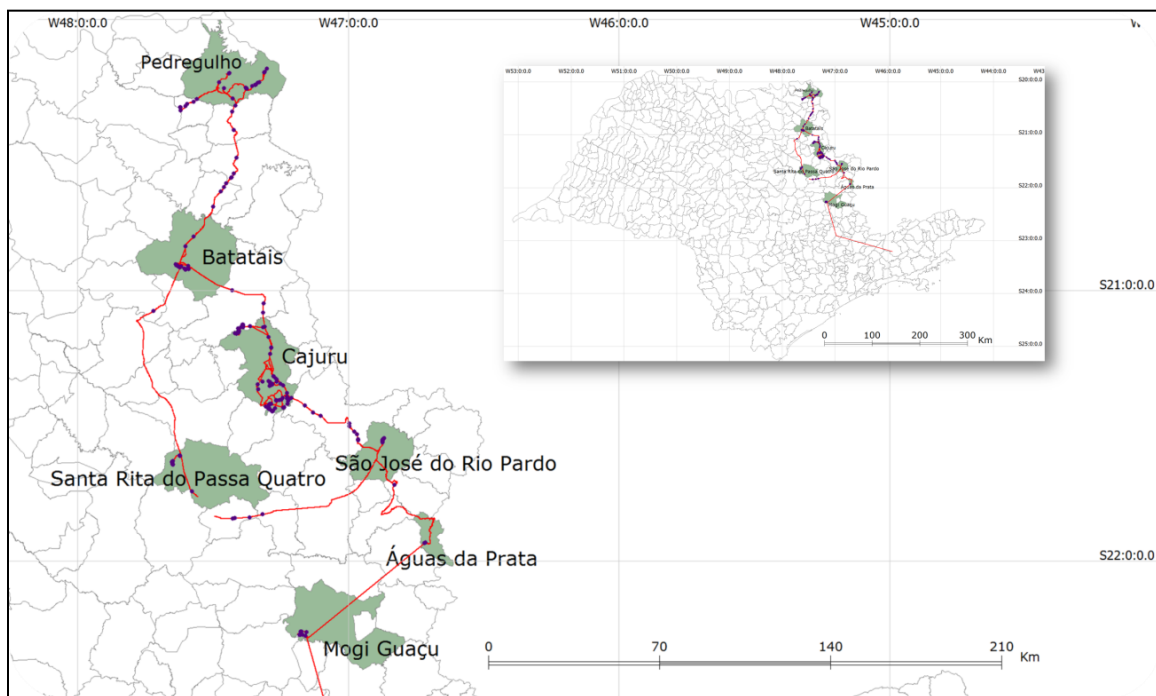


Figura 1 - Trajeto percorrido e pontos coletados durante a expedição à região Nordeste do Estado de São Paulo.

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"

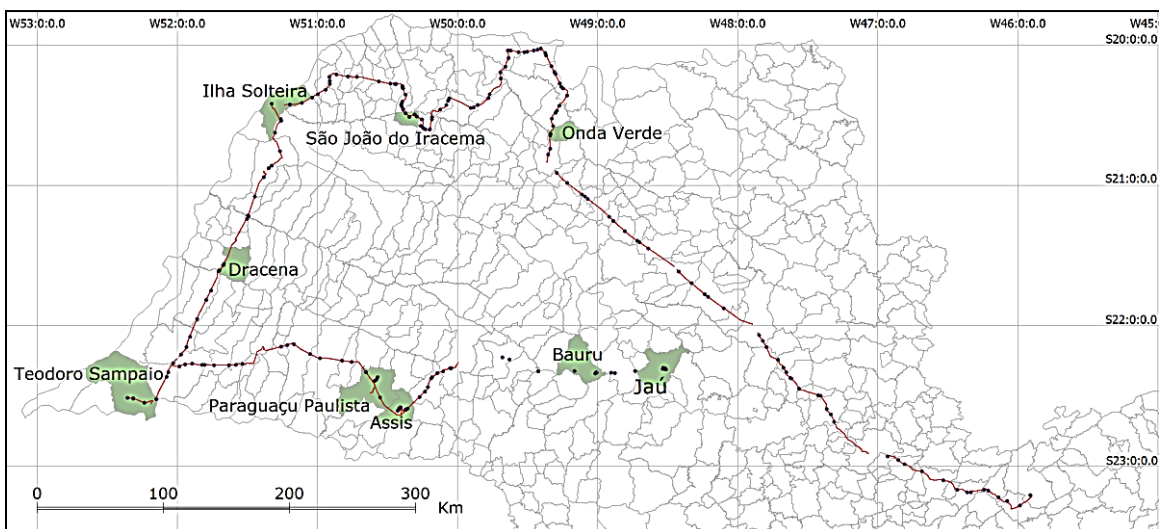


Figura 2 - Trajeto percorrido e pontos coletados durante a expedição à região Noroeste do Estado de São Paulo.

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 de palmeiras do Estado de São Paulo para as quais se obteve o mínimo de 10 registros de ocorrência viáveis. A espécie *Lytocaryum hoehnei* (Burret) Toledo, com oito pontos de ocorrência, foi incluída para a análise por ser uma espécie endêmica do Estado de São Paulo. A modelagem foi realizada utilizando-se o algoritmo de Entropia Máxima, implementado no software Maxent 3.3.3k (Maximum Entropy Species Distribution Modelling) (PHILLIPS et al., 2006). As variáveis ambientais foram obtidas a partir do portal AMBDATA (AMARAL et al., 2013), descritas na Tabela 3. Dados de climatologia, para dados mensais de temperatura (máxima e mínima), precipitação média e variáveis bioclimáticas são 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).

Tabela 3 - Variáveis ambientais utilizadas nos testes de relevância.

Sigla	Variável	Sigla	Variável
p1	Precipitação total mensal – Janeiro	i7	Temperatura mínima mensal – Julho
p2	Precipitação total mensal - Fevereiro	i8	Temperatura mínima mensal – Agosto
p3	Precipitação total mensal – Março	i9	Temperatura mínima mensal – Setembro
p4	Precipitação total mensal – Abril	i10	Temperatura mínima mensal – Outubro
p5	Precipitação total mensal – Maio	i11	Temperatura mínima mensal – Novembro
p6	Precipitação total mensal – Junho	i12	Temperatura mínima mensal – Dezembro
p7	Precipitação total mensal – Julho	b1	Temperatura média anual
p8	Precipitação total mensal – Agosto	b2	Varição Diurna Média de Temperatura (Média mensal (Tmax-Tmin))
p9	Precipitação total mensal – Agosto	b3	Isotermalidade ((bio2/bio7) (* 100))
p10	Precipitação total mensal – Outubro	b4	Sazonalidade da Temperatura(desvio padrão * 100)
p11	Precipitação total mensal – Novembro	b5	Temperatura máxima do mês mais quente
p12	Precipitação total mensal – Dezembro	b6	Temperatura mínima do mês mais frio
ax1	Temperatura máxima mensal – Janeiro	b7	Amplitude térmica anual(bio5-bio6)
ax2	Temperatura máxima mensal – Fevereiro	b8	Temperatura média do trimestre mais úmido
ax3	Temperatura máxima mensal – Março	b9	Temperatura média do trimestre mais seco
ax4	Temperatura máxima mensal – Abril	b10	Temperatura média do trimestre mais quente
ax5	Temperatura máxima mensal – Maio	b11	Temperatura média do trimestre mais frio
ax6	Temperatura máxima mensal – Junho	b12	Precipitação Anual
ax7	Temperatura máxima mensal – Julho	b13	Precipitação do mês mais chuvoso
ax8	Temperatura máxima mensal – Agosto	b14	Precipitação do mês mais seco
ax9	Temperatura máxima mensal – Setembro	b15	Sazonalidade da Precipitação(coeficiente de variação)
ax10	Temperatura máxima mensal – Outubro	b16	Precipitação do trimestre mais chuvoso
ax11	Temperatura máxima mensal – Novembro	b17	Precipitação do trimestre mais seco
ax12	Temperatura máxima mensal – Dezembro	b18	Precipitação do trimestre mais quente
i1	Temperatura mínima mensal – Janeiro	b19	Precipitação do trimestre mais frio
i2	Temperatura mínima mensal – Fevereiro	altb	Altitude
i3	Temperatura mínima mensal – Março	hnd100	Distância vertical da drenagem
i4	Temperatura mínima mensal – Abril	ped	Mapa de solos

i5	Temperatura mínima mensal – Maio	deficitth	Déficit hídrico
i6	Temperatura mínima mensal – Junho	expo	Exposição

Para cada espécie, as variáveis ambientais foram selecionadas com a ajuda de testes que avaliaram a relevância para o modelo Maxent, tanto com o valor da contribuição de cada variável quanto pelos resultados do teste de Jackknife para as amostras. Inicialmente avaliou-se a contribuição das variáveis de temperatura e precipitação, uma vez que são as variáveis consideradas genericamente como fatores limitantes do grupo, seguidas pelas variáveis bioclimáticas, que incorporam a importância da sazonalidade. Finalmente, incluiu-se e avaliou-se a importância e a contribuição das variáveis físicas, consistindo 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, as quais não foi possível delimitar uma porcentagem para teste.

Uma vez selecionadas as variáveis mais importantes para a distribuição de cada espécie, os modelos Maxent foram gerados considerando-se 50 interações, variando-se o conjunto das amostras de teste e ajuste. 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., 2010) 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. Desta avaliação definiu-se o limiar numérico em cada modelo que corresponde ao limite de adequação ambiental que definem a ocorrência atual para cada espécie, utilizado para gerar os mapas de distribuição atual das palmeiras.

Para a modelagem de clima preditivo foram utilizados dados climáticos simulados para o cenário de concentração de CO₂ mais extremo para o ano de 2050, provenientes do Hadley Centre, disponíveis no WorldClim. Esses dados de emissão se baseiam nos cenários emitidos no quinto relatório do IPCC (WGII AR5), com simulações das condições representativas de média e alta emissão para a América do Sul para o final do século XXI (RCP 4,5 e 8.5) (IPCC, 2014). Os dados para o ano de 2050, de médias mensais preditos para precipitação e temperatura máxima e mínima, e as variáveis bioclimáticas foram

recortados para o Estado de São Paulo, com resolução e limites de retângulo envolventes compatíveis com a base utilizada para a modelagem de clima atual. Para construir os modelos de previsão de distribuição das espécies, no algoritmo Maxent, as variáveis climáticas e físicas atuais foram utilizadas para gerar o modelo, mas a projeção para o espaço geográfico considerou as variáveis climáticas simuladas para o clima futuro.

4. RESULTADOS

Para 18, das 33 palmeiras nativas do Estado de São Paulo, foi possível identificar o mínimo de 10 pontos de ocorrência com coordenadas geográficas confiáveis para representar a distribuição das espécies. A palmeira *Lytocaryum hoehnei* (Burret) Toledo, com oito registros foi incluída por sua importância enquanto endêmica do Estado. Estas 19 espécies compreendem dez gêneros: *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, 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 compilado para cada espécie, e suas respectivas origens são apresentados na Tabela 4. A Figura 3 apresenta a distribuição destes pontos no Estado de São Paulo.

Tabela 4 – Espécies de palmeiras (Arecaceae) que apresentaram pontos de ocorrência suficientes para realizar a modelagem.

Espécie	<i>speciesLink</i>	Literatura	Expedição		Total
			Nordeste Paulista	Noroeste Paulista	
<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	8	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

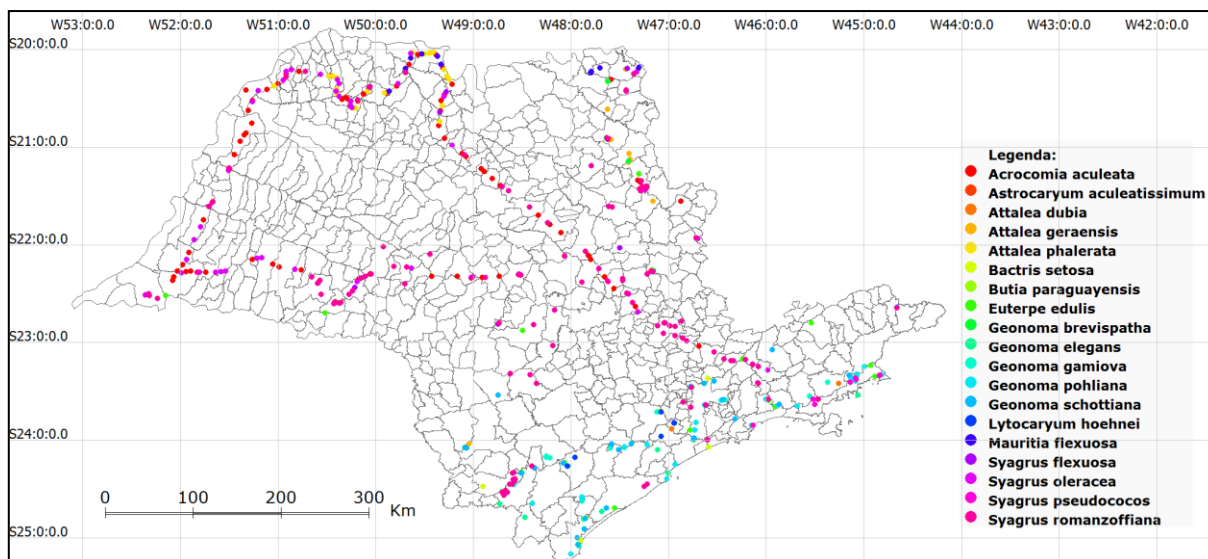


Figura 3 – Distribuição dos pontos de ocorrências para as espécies de palmeiras estudadas.

Quanto às variáveis relevantes para cada espécie, observou-se a predominância de variáveis relacionadas à água e ao solo, e as variáveis b2 e b3, relacionadas com a variação de temperatura, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 – Variáveis relevantes para as espécies de palmeiras estudadas.

Variáveis	Espécie*																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
altb	X	X						X		X	X		X			X	X		X
hnd100	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
ped	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
deficitth	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X			X	X	X
expo	X		X		X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X
p1	X																		
p2	X	X	X					X		X	X	X	X	X		X	X		X
p3	X							X									X	X	X
p4							X	X			X	X				X	X	X	X
p5	X	X						X		X					X				X
p6	X	X								X		X			X		X	X	X
p7		X		X		X		X	X	X	X								X
p8	X	X		X				X	X		X		X					X	X
p9	X												X						X
p10	X	X			X			X							X		X		X
p11	X							X		X		X					X		X
p12	X				X			X					X				X		X

ax1				X				X	X								X		
ax2																			
ax3												X							X
ax4					X														
ax5																			
ax6					X			X	X										X
ax7																			
ax8			X		X									X					
ax9				X											X		X		
ax10			X		X			X											
ax11													X						
ax12					X	X											X		
i1																			
i2	X																		
i3	X																		
i4																			
i5	X						X	X											X
i6																			X
i7	X																		
i8	X																X		
i9	X																		
i10																			
i11	X																		
i12							X	X									X		X
b1																			
b2	X	X	X			X	X	X		X	X	X	X	X				X	X
b3	X	X			X	X		X		X	X	X	X		X		X		
b4	X					X		X										X	X
b5																			
b6																			
b7									X										X
b8										X	X								
b9																			
b10										X									
b11															X				
b12	X	X			X	X		X									X		X
b13																			X
b14	X					X											X		X
b15	X							X				X		X		X	X		
b16																			X
b17	X														X				X
b18	X				X												X		X
b19	X													X					X

*Legenda: 1) *Acrocomia aculeata*; 2) *Astrocaryum aculeatissimum*; 3) *Attalea dubia*; 4) *Attalea geraensis*; 5) *Attalea phalerata*; 6) *Bactris setosa*; 7) *Butia paraguayensis*; 8) *Euterpe edulis*; 9) *Geonoma brevispatha*; 10) *Geonoma elegans*; 11) *Geonoma gamiova*; 12) *Geonoma pohliana*; 13) *Geonoma schottiana*; 14) *Lytocaryum hoehnei*; 15) *Mauritia flexuosa*; 16) *Syagrus flexuosa*; 17) *Syagrus oleracea*; 18) *Syagrus pseudococos*; 19) *Syagrus romanzoffiana*.

Quanto ao domínio fitogeográfico das palmeiras, 13 espécies são nativas da Mata Atlântica: *Astrocaryum aculeatissimum* (Schott.) Burret, *Attalea dubia* (Mart.) Burret, *Bactris setosa* Mart., *Euterpe edulis* Mart., *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr., *Geonoma elegans* Mart., *Geonoma gamiova* Barb. Rodr., *Geonoma pohliana* Mart., *Geonoma schottiana* Mart., *Lytocaryum hoehnei* (Burret) Toledo, *Mauritia flexuosa* L. f., *Syagrus pseudococos* (Raddi) Glassman e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, cujas fotos são apresentadas na Figura 4. As espécies *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart., *Attalea geraensis* Barb. Rodr., *Butia paraguayensis* (Barb. Rodr.) L. H. Bailey e *Syagrus flexuosa* (Mart.) Becc. pertencem ao bioma Cerrado (Figura 5) e *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng. e *Syagrus oleracea* (Mart.) Becc. ocorrem em ambos os ambientes (Figura 6).

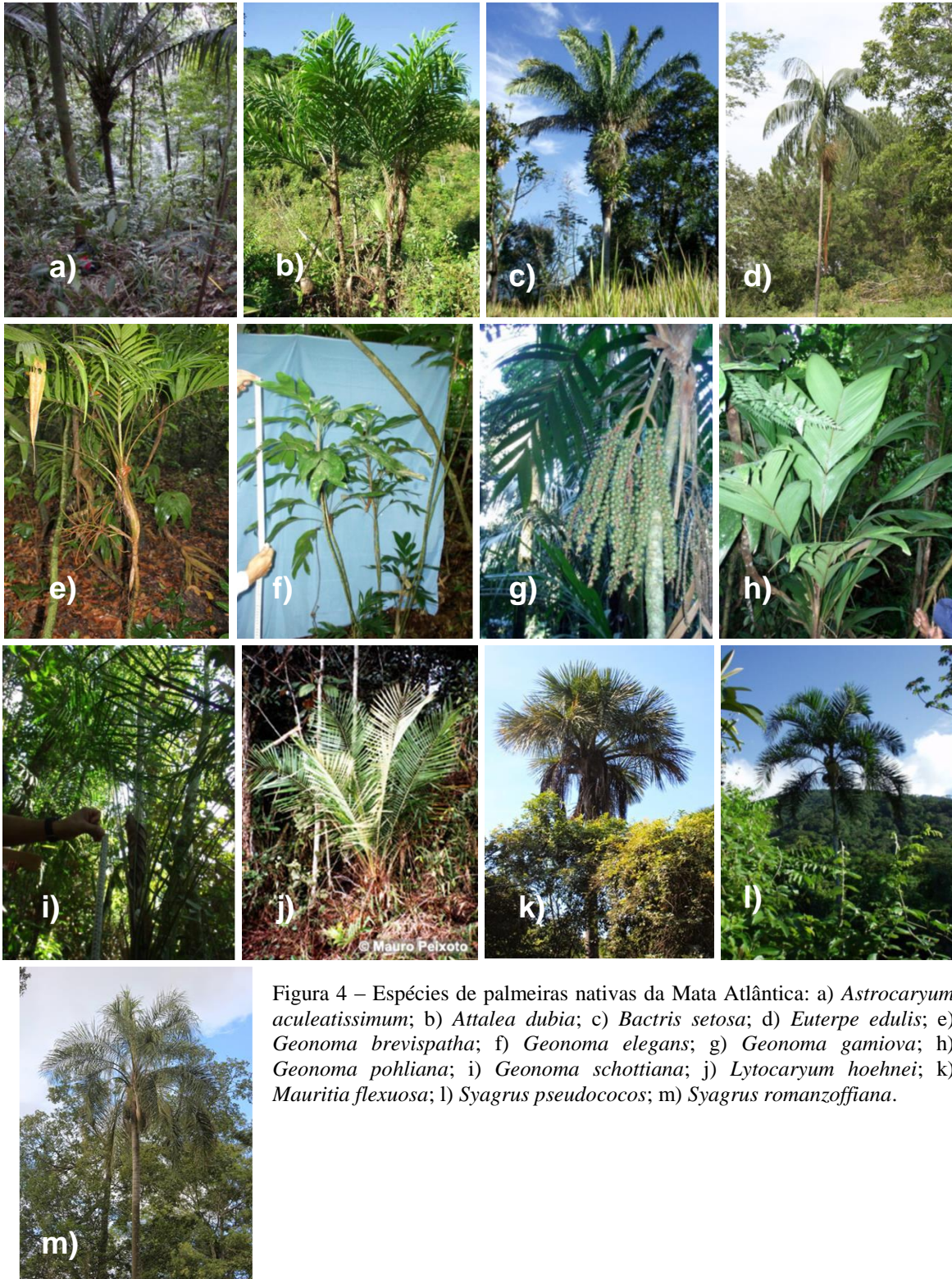


Figura 4 – Espécies de palmeiras nativas da Mata Atlântica: a) *Astrocaryum aculeatissimum*; b) *Attalea dubia*; c) *Bactris setosa*; d) *Euterpe edulis*; e) *Geonoma brevispatha*; f) *Geonoma elegans*; g) *Geonoma gamiova*; h) *Geonoma pohliana*; i) *Geonoma schottiana*; j) *Lytocaryum hoehnei*; k) *Mauritia flexuosa*; l) *Syagrus pseudococos*; m) *Syagrus romanzoffiana*.



Figura 5 – Palmeiras nativas do bioma Cerrado: a) *Acrocomia aculeata*; b) *Attalea geraensis* c) *Butia paraguayensis*; d) *Syagrus flexuosa*.

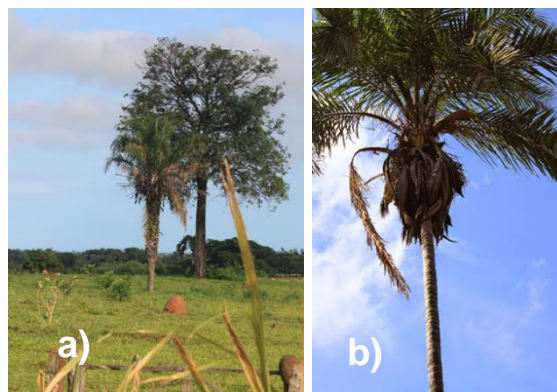


Figura 6 – Palmeiras presentes nos dois biomas presentes no Estado de São Paulo: a) *Attalea phalerata*; b) *Syagrus oleracea*.

Com as expedições a campo pôde-se aumentar consideravelmente a base de dados de palmeiras, principalmente para aquelas que ocorrem na região Noroeste do Estado. Pôde-se também incluir espécies que antes não tinham pontos de coordenadas viáveis para criar os modelos, como se observa na Tabela 3. Essas coletas de pontos foram importantes principalmente por possibilitar a inclusão de espécies de Cerrado (*Acrocomia aculeata*, *Attalea phalerata*, *Butia paraguayensis* e *Syagrus flexuosa*).

Para todas as palmeiras selecionadas foi possível definir um limiar de ocorrência que representa a distribuição do nicho realizado da espécie, conforme literatura e conhecimento da especialista do grupo. Para os modelos gerados para a Mata Atlântica, a única espécie com pontos acrescentados pela expedição em campo para incluí-la entre as espécies com coordenadas confiáveis foi *Geonoma brevisphata*, por ser a única que ocorre nas áreas percorridas e que não tinha pontos suficientes nos levantamentos anteriores.

Também foram acrescentados pontos para as espécies *Euterpe edulis* e *Syagrus romanzoffiana*, que ocorrem nas regiões visitadas e não tinham pontos representando-as nessas áreas. Para as outras espécies que ocorrem próximas ao litoral do Estado, cujas expedições não cobriram a área, as buscas por pontos no *speciesLink* e na literatura foram suficientes para representar suas áreas de ocorrência natural. Para os modelos das espécies do Cerrado e das que ocorrem nos dois biomas, a representação da distribuição atual dessas palmeiras foi possível apenas com o acréscimo dos pontos coletados em campo, uma vez que nos levantamentos anteriores não haviam coordenadas suficientes para representá-las.

Quanto aos modelos gerados no cenário de mudanças climáticas, para as espécies *Astrocaryum aculeatissimum* (Figura 7), *Bactris setosa* (Figura 8), *Geonoma brevispatha* (Figura 9), *Geonoma gamiova* (Figura 10), *Lytocaryum hoehnei* (Figura 11), *Syagrus pseudococos* (Figura 12) e *Syagrus romanzoffiana* (Figura 13) houve perda considerável de suas áreas de distribuição, principalmente para aquelas com área de distribuição já restrita no cenário atual.

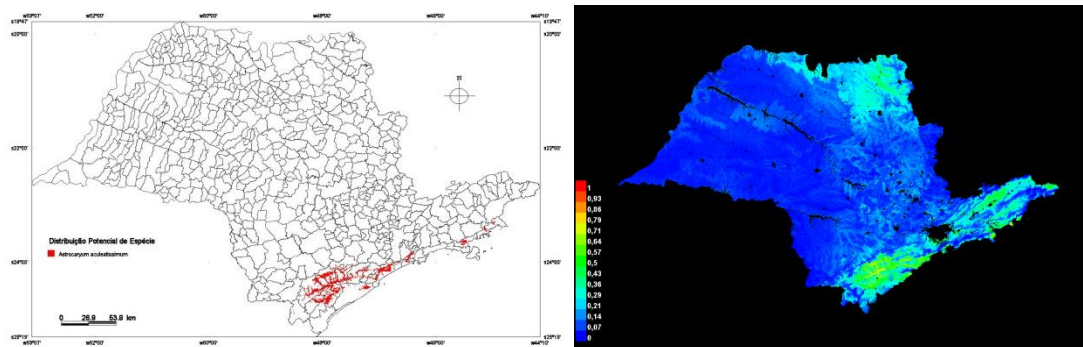


Figura 7 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Astrocaryum aculeatissimum*.

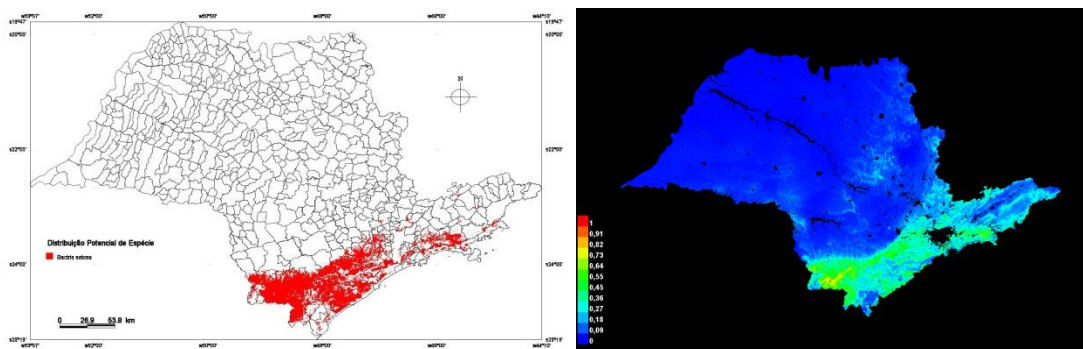


Figura 8 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Bactris setosa*.

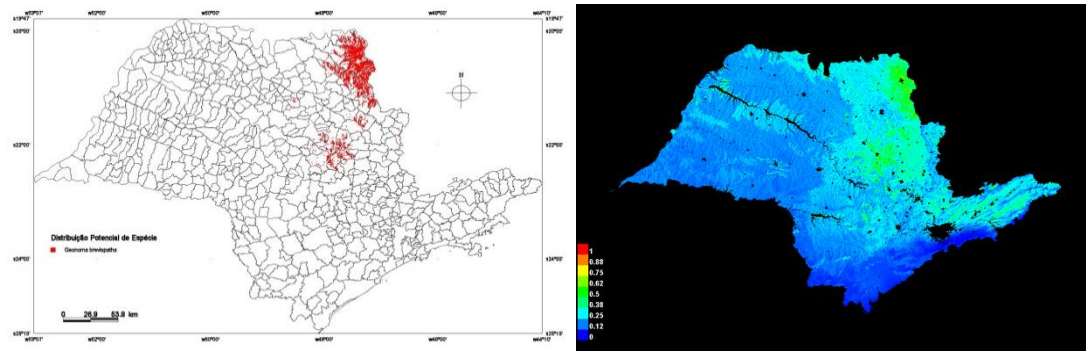


Figura 9 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Geonoma brevispatha*.

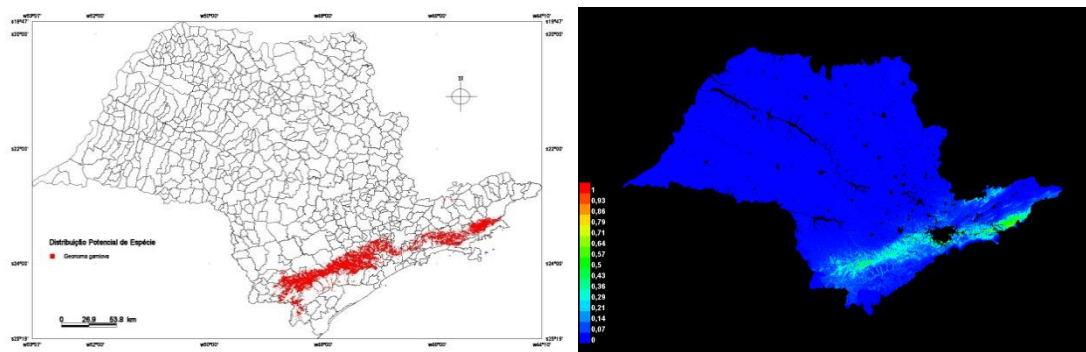


Figura 10 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Geonoma gamiova*.

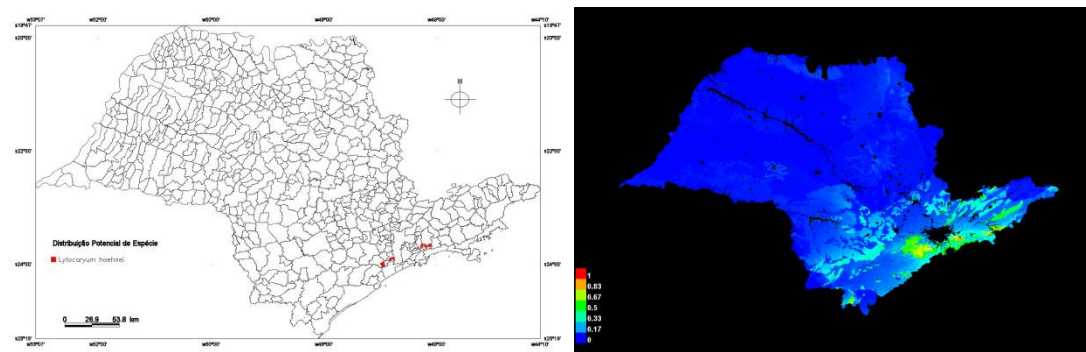


Figura 11 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Lytocolaryum hoehnei*.

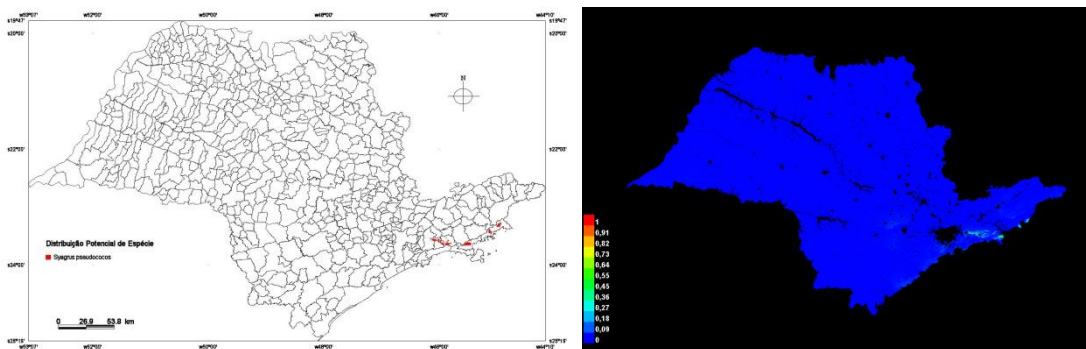


Figura 12 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Syagrus pseudococos*.

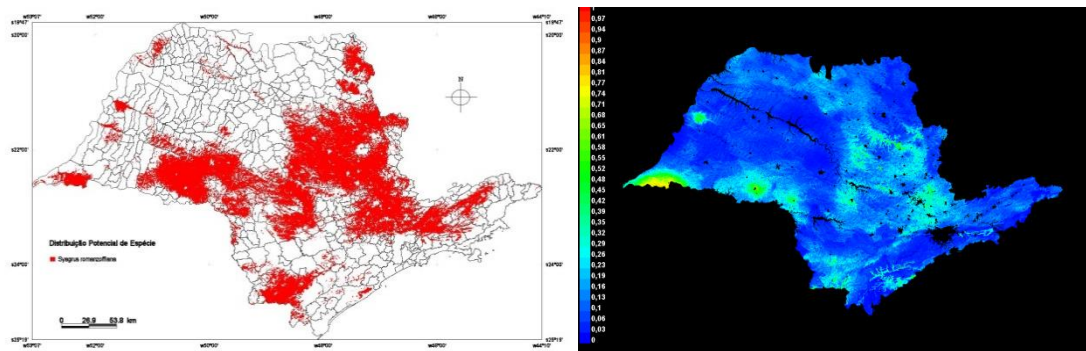


Figura 13 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Syagrus romanzoffiana*.

Para as espécies *Attalea dubia* (Figura 14), *Geonoma elegans* (Figura 15) e *Geonoma pohliana* (Figura 16) houve a perda de suas áreas de distribuição para o ano de 2050, mas não foram muito significativas.

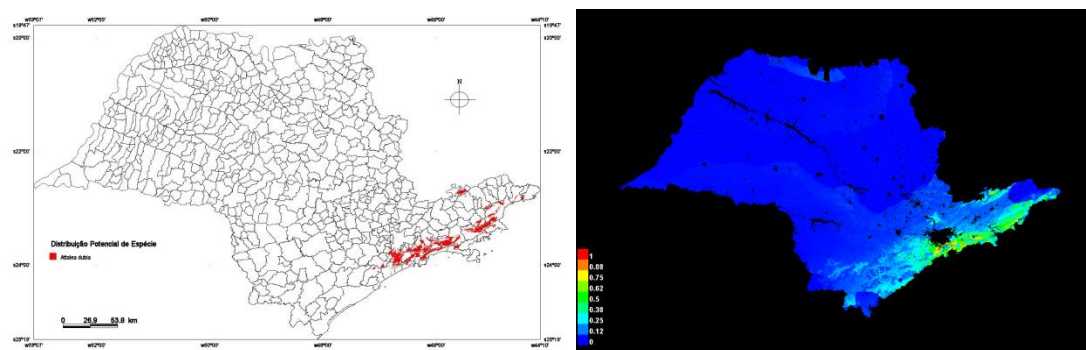


Figura 14 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Attalea dubia*.

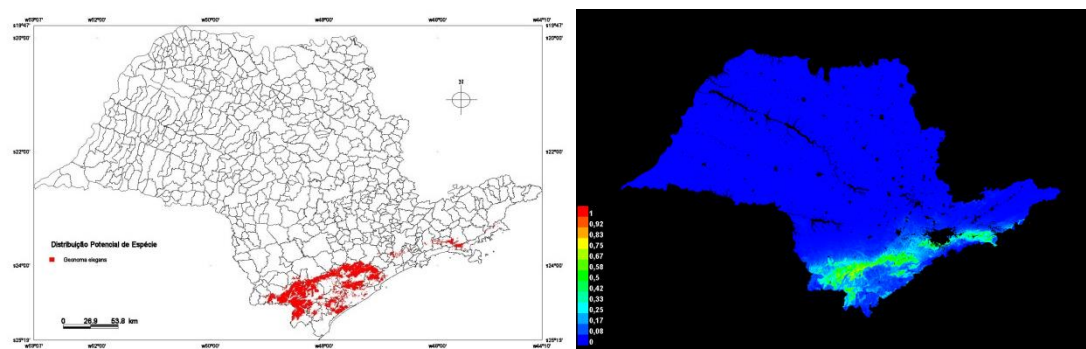


Figura 15 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Geonoma elegans*.

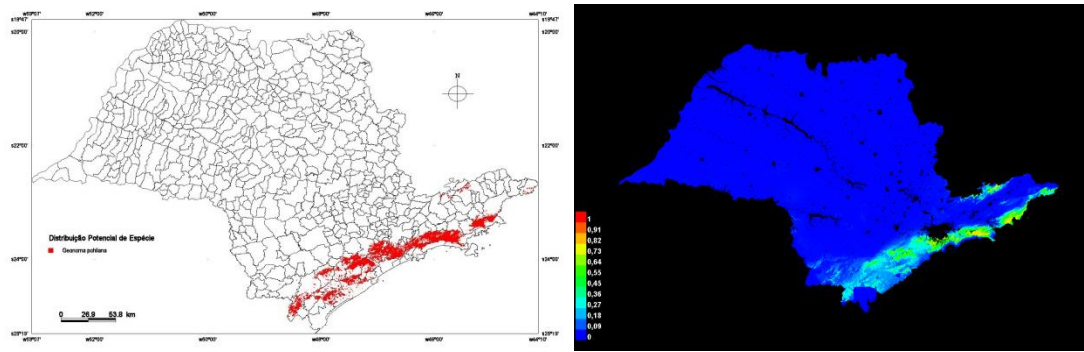


Figura 16 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Geonoma pohliana*.

A espécie *Euterpe edulis* (Figura 17) apresentou diminuição de sua área para o cenário de 2050, com o desaparecimento da palmeira na região noroeste do Estado e ocorrendo predominantemente em apenas em algumas manchas ao sul do Estado. *Geonoma schottiana* (Figura 18), que é uma palmeira presentes em até 1600 m passou a apresentou sua distribuição no cenário futuro voltada para uma parte da Serra do Mar.

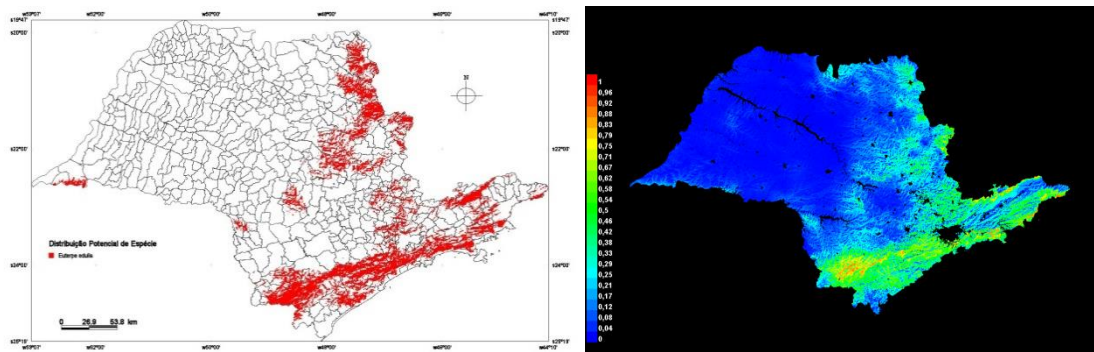


Figura 17 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Euterpe edulis*.

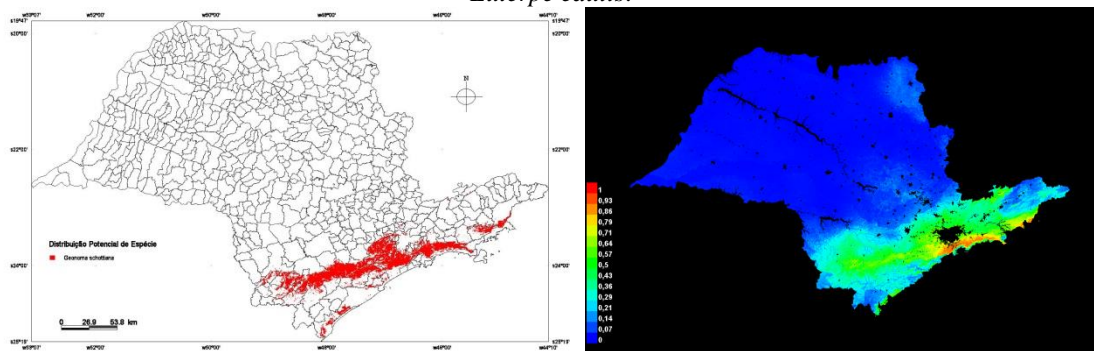


Figura 18 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Geonoma schottiana*.

Para a espécie *Acrocomia aculeata* (Figura 19), houve a mudança de sua área de distribuição para áreas mais ao sul do Estado. Para as espécies *Attalea geraensis* (Figura

20) e *Syagrus flexuosa* (Figura 21) houve uma restrição de suas áreas de ocorrência no cenário de mudanças climáticas.

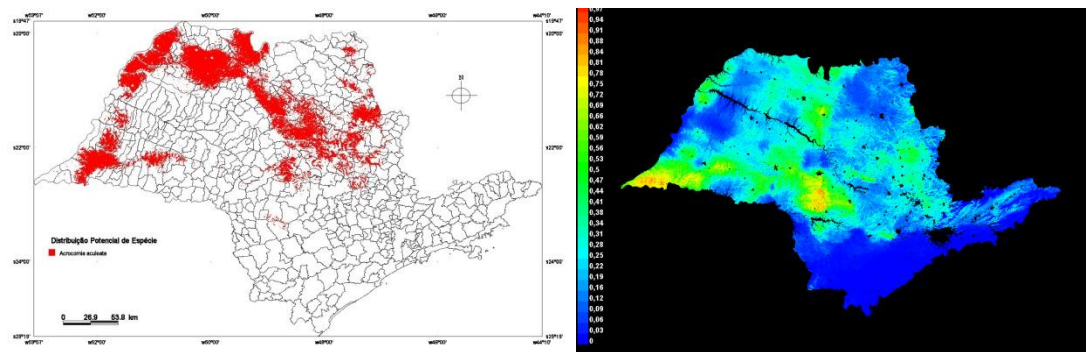


Figura 19 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Acrocomia aculeata*.

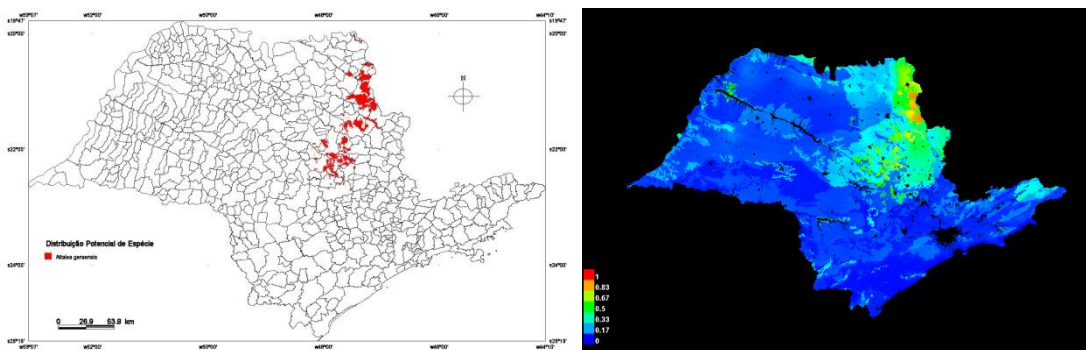


Figura 20 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Attalea geraensis*.

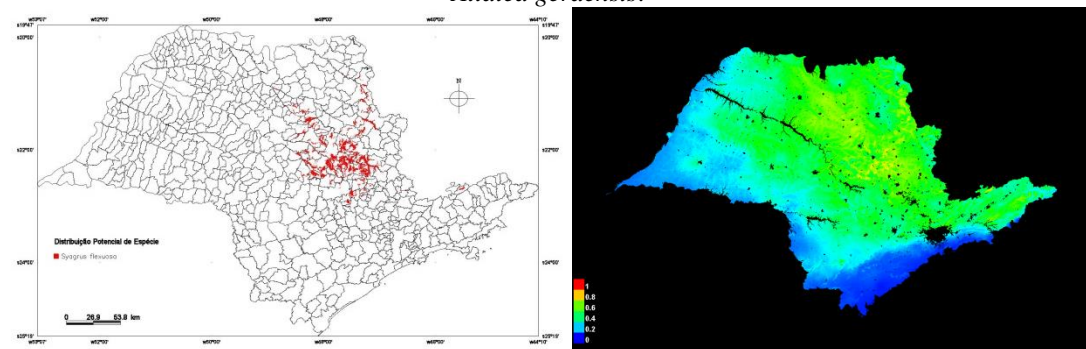


Figura 21 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Syagrus flexuosa*.

A espécie *Attalea phalerata* (Figura 22), que ocorre naturalmente no norte do Estado apresentou em seu modelo Maxent para 2050 uma distribuição voltada para o centro do Estado, local onde naturalmente não ocorre. Para *Syagrus oleracea* (Figura 23), houve a

redução de sua área de ocorrência no noroeste do Estado, onde é mais abundante, passando a ocorrer mais ao centro do Estado e na região do Vale do Paraíba.

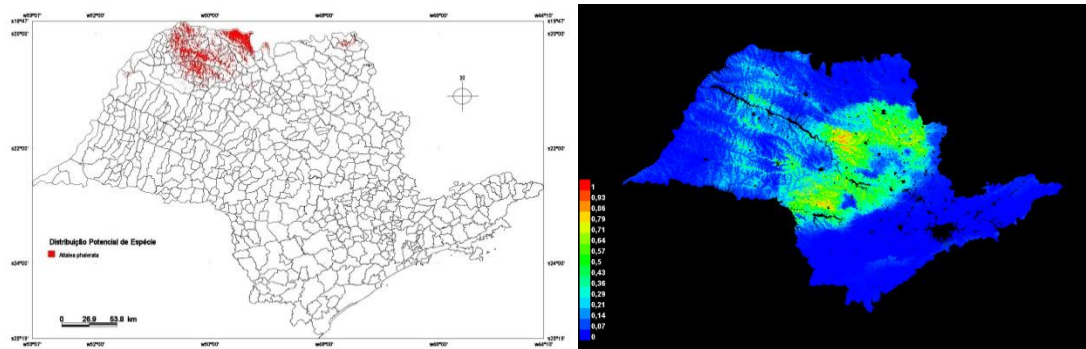


Figura 22 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Attalea phalerata*.

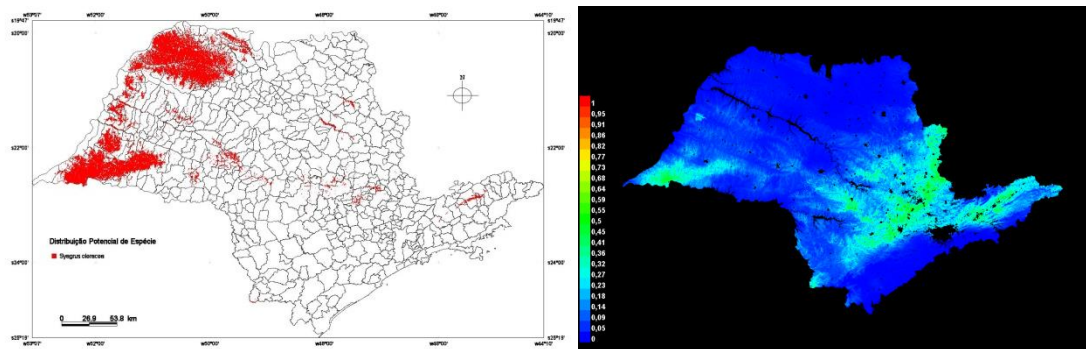


Figura 23 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Syngnathus oleracea*.

Para as espécies *Butia paraguayensis* (Figura 21) e *Mauritia flexuosa* (Figura 22) houve quase a perda total de suas áreas de distribuição no Estado de São Paulo.

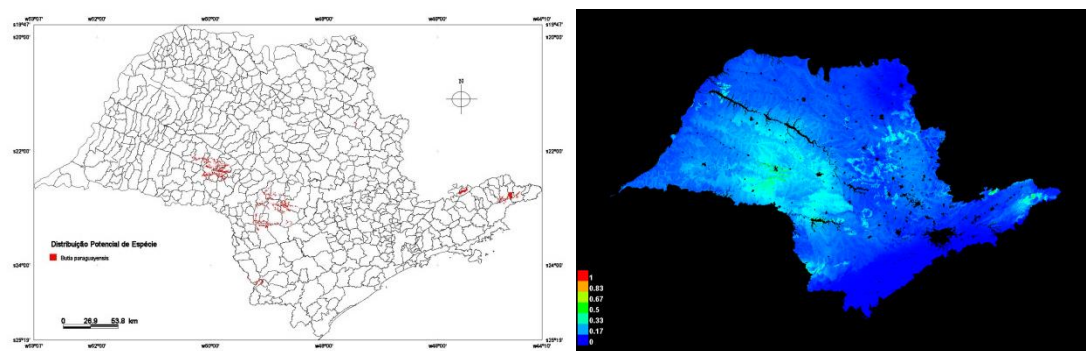


Figura 24 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Butia paraguayensis*.

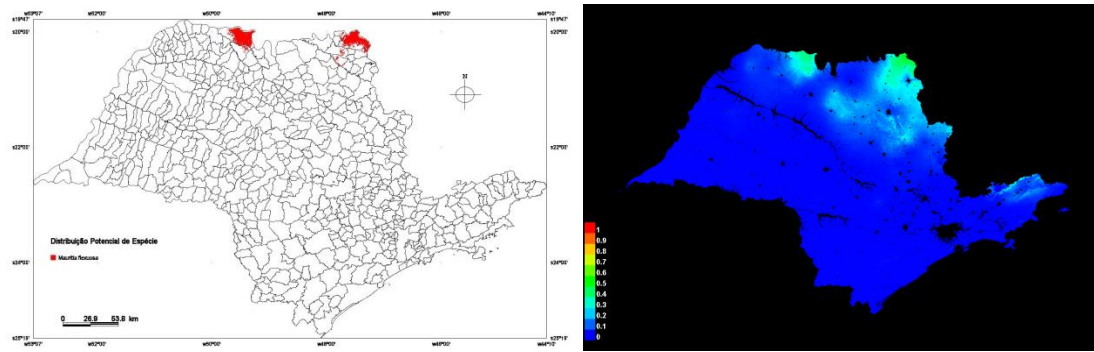


Figura 25 – Mapa de distribuição atual e resultado do modelo Maxent para o ano de 2050 para a espécie *Mauritia flexuosa*.

5. DISCUSSÃO

5.1. Qualidade dos pontos de ocorrência das palmeiras

Durante a busca por pontos de coordenadas para a elaboração do banco de dados de ocorrência das palmeiras verificou-se a falta de registros disponíveis em herbários para diversas espécies. Da plataforma *speciesLink*, foi possível aproveitar os pontos de herbário de apenas dez das 33 espécies de palmeiras nativas no Estado de São Paulo. A falta de representações desse grupo de plantas em herbários pode ser atribuída a não identificação dos pontos de coordenadas GPS corretas, e também à dificuldade de coleta e armazenamento de material para herbário, como apresentado por Fisch & Gomes (2015). De acordo com Dransfield (1986), entre essas dificuldades se destacam o grande porte de algumas plantas, a presença de espinhos, o tamanho das estruturas vegetativas e reprodutivas e a dificuldade em preservá-las e armazená-las em herbários. Durante a busca por dados na plataforma *speciesLink* notou-se que as palmeiras mais representadas entre os registros eram aquelas pertencentes ao gênero *Geonoma*, que consistem em palmeiras de pequeno porte.

O valor mínimo de dez registros de ocorrência das espécies foi estabelecido para que as mesmas fossem minimamente representadas nos modelos. A pouca quantidade de pontos disponíveis no herbário virtual (plataforma *speciesLink*) pôde ser resolvida com as expedições a campo, entretanto muitas espécies que são conhecidas por serem nativas das regiões percorridas não obtiveram pontos de ocorrência suficientes, como *Acrocomia hassleri* (Barb.Rodr.) W. J. Hahn, *Allagoptera campestris* (Mart.) Kuntze e *Syagrus loefgrenii* Glassman. Phillips et al. (2004) destacam que muitas das espécies de importância para a conservação podem ter poucos registros de localidade georeferenciados, muitas vezes menos que dez, o que foi observado durante esse trabalho, pois a baixa frequência de pontos ou mesmo a ausência de registros de algumas espécies em locais onde sua distribuição é conhecida podem ser indicações da extinção local dessas palmeiras.

Segundo Peterson (2001), há uma forte relação entre o tamanho das amostras e a qualidade do modelo gerado, observando que cenários com mais de 100 pontos de ocorrência geravam na maioria dos casos os modelos mais adequados à distribuição real

dessas espécies. Esse valor mínimo varia entre diferentes trabalhos e diferentes modelos utilizados. Arasato (2011) selecionou as espécies com o valor mínimo de 10 pontos de ocorrência para elaborar modelos de distribuição potencial de palmeiras brasileiras. Colombo (2007), para as espécies arbóreas da Mata Atlântica, utilizou o valor de mínimo de 30 pontos de ocorrência e Siqueira & Durigan (2007) utilizaram 20 localidades como limite de corte, seguindo as recomendações do algoritmo utilizado. Nesse trabalho as espécies *Attalea geraensis*, *Attalea dubia*, *Butia paraguayensis* e *Lytocaryum hoehnei* tiveram seus modelos resultantes coerentes com a ocorrência natural das palmeiras apesar da quantidade de pontos próximos a dez, por serem espécies de distribuição restrita. Entretanto o aumento na quantidade dos pontos para essas palmeiras pode possibilitar a geração de modelos que melhor representem suas áreas de distribuição.

5.2. Variáveis Ambientais

Quanto às variáveis ambientais relevantes para as palmeiras, aquelas relacionadas com precipitação, características do solo e variações de temperatura foram mais significativas para todas as espécies. 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 maior área de distribuição. Teixeira & Assis (2009), ao realizarem um estudo em uma floresta paludosa no município de Cristais Paulista - SP, encontraram as espécies *E. edulis*, *S. romanzoffiana* e *G. brevispatha*, e relataram que no local havia variação das condições edáficas e da composição das espécies em uma escala espacial reduzida, havendo a coexistência entre espécies com diferentes exigências ambientais, o que ocasiona em uma flora diversificada, com elementos de diferentes tipos florestais, sendo essa heterogeneidade um fator responsável pela ampla distribuição de algumas espécies. O mesmo pôde ser observado por Silva-Matos & Alves (2008), ao constatarem que a distribuição em pequena escala das palmeiras está relacionada com a variação da umidade do solo, como por exemplo, a

diminuição da densidade de *S. romanzoffiana* em solos mais úmidos, criando espaço para *E. edulis* se desenvolver.

Tendo em vista a relação entre os pontos de ocorrência e as variáveis ambientais, Anderson et al. (2003) classificaram os modelos em três categorias: bons, quando representam a distribuição real conhecida da espécie; modelos pobres, com áreas onde sabe-se que a espécie não ocorre; e os de média qualidade, que apresentam erros em menor quantidade em relação aos modelos pobres. Nesse trabalho, os modelos foram considerados representativos para a distribuição conhecida de todas as espécies, sendo classificados como de boa qualidade, podendo assim delimitar limiares para gerar os mapas representando o nicho realizado dessas espécies.

5.3. Modelos preditivos e conservação das palmeiras

Os resultados dos modelos Maxent para o ano de 2050 representaram a perda da área de distribuição da maioria das espécies de palmeiras nativas do Estado de São Paulo, principalmente para aquelas de distribuição restrita, como *Syagrus pseudococos*, *Lytocaryum hoehnei* e *Butia paraguayensis*. A perda de área para essas palmeiras também é um indicativo da redução de seus respectivos biomas, como foi possível observar na redução da área de distribuição das palmeiras que ocorrem no Cerrado: *Acrocomia aculeata*, *Attalea geraensis*, *B. paraguayensis*, *Syagrus flexuosa* e *Attalea geraensis*. Siqueira & Peterson (2003) realizaram projeções da distribuição de espécies arbóreas do Cerrado com base em dois cenários de mudanças climáticas para o ano de 2055. Os modelos resultantes daquele trabalho apresentaram a perda de mais da metade das áreas potenciais de ocorrência para a maioria das espécies arbóreas estudadas, indicando uma intensa fragmentação do Cerrado no Brasil e principalmente no Estado de São Paulo, sendo prevista também a possibilidade do Cerrado apresentar no futuro áreas inabitáveis.

Para as espécies que ocorrem na Mata Atlântica foi possível observar a perda de suas áreas de distribuição e a restrição de suas ocorrências para as áreas mais ao sul do Estado de São Paulo, principalmente na região da Serra do Mar. 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 os cenários pessimistas apresentam uma redução drástica das áreas de ocorrência das espécies arbóreas estudadas. Entre essas espécies uma das mais afetadas é o palmito juçara (*Euterpe edulis*), devendo haver a diminuição de 59% de sua área de ocorrência. Da mesma forma como foi observado nesse trabalho, o modelo indicou a restrição da distribuição da espécie ao sul do Estado e seu desaparecimento no Noroeste Paulista. Em contrapartida, Vaz & Nabout (2016) observaram poucas mudanças nos limites de distribuição da espécie *Euterpe oleracea* na Amazônia para o ano de 2080, sem redução da área de ocorrência da espécie e com algumas regiões consideradas mal adaptadas no cenário climático atual tornando-se apropriadas no cenário futuro, com mais de 60% dos municípios produtores de *E. oleracea* com condições favoráveis para produzi-la, enquanto regiões com alta adequação climática tornaram-se inadequadas sob o cenário de mudanças climáticas.

Ao calcular a área de ocorrência de palmeiras nativas do Paraguai para avaliar seu estado de conservação, Gauto et al. (2011) relatam que a maioria das espécies ameaçadas são raras e de distribuição restrita, sendo elas mais vulneráveis à extinção local. Entre as espécies ameaçadas, encontram-se *Syagrus oleracea* e *Euterpe edulis*, sendo que *S. oleracea*, de distribuição restrita no Paraguai, apresentam diminuição constante de sua área devido à modificação do habitat, como pode ser observado no modelo dessa espécie no cenário para o ano de 2050 para o Estado de São Paulo. Os autores ressaltam ainda espécies com ampla distribuição e com menos riscos de serem ameaçadas, entre elas *Syagrus romanzoffiana*, *Acrocomia aculeata* e *Butia paraguayensis*. Apesar de no Estado de São Paulo a única dessas espécies com distribuição restrita ser *B. paraguayensis*, os modelos indicam a diminuição da área de ocorrência dessas três espécies para o ano de 2050. Outra espécie citada foi *Acrocomia hassleri*, que segundo os autores está próxima de ser qualificada como ameaçada de extinção. Apesar de ter sido encontrada durante as expedições a campo, não se obteve o número mínimo de coordenadas para elaborar seus modelos, ressaltando a preocupação da extinção local dessa e de outras espécies com distribuição restrita.

Blach-Overgaard et al. (2015) constataram que as palmeiras africanas, tanto as de floresta tropical quanto as de áreas abertas, serão altamente sensíveis às mudanças climáticas no futuro, causando danos não apenas para o funcionamento dos ecossistemas,

mas também para a população que delas dependem para sua subsistência. Esse impacto pode ser maior devido ao aumento da atividade humana na região, com a erosão do solo e desmatamento provocando a fragmentação dos ambientes, afetando inclusive áreas protegidas. Esse cenário é semelhante ao que se encontra no Estado de São Paulo, principalmente no Noroeste Paulista, que apresenta poucos fragmentos florestais e onde os cenários futuros indicaram perda da área de distribuição de todas as espécies que ocorrem na região.

6. CONCLUSÃO

Os levantamentos realizados permitiram constatar que é necessário melhorar a quantidade e qualidade dos dados de ocorrência de palmeiras nas plataformas virtuais, pois os dados disponíveis até o momento não dão conta de representar a ocorrência real e conhecida de algumas espécies para o Estado de São Paulo. Desta forma, após a publicação de artigos relacionados aos dados obtidos neste trabalho, pretende-se disponibilizar o banco de dados para enriquecer a base de dados de palmeiras e elaboração de trabalhos futuros. Como nem todas as espécies nativas de São Paulo foram consideradas neste trabalho, deve-se dar continuidade a complementação desta base de dados, incluindo-se novos pontos e todas as espécies para a melhor representação da distribuição das palmeiras no Estado de São Paulo.

Os resultados obtidos nos modelos gerados indicam que é preciso tomar medidas de conservação dessas espécies, principalmente para as palmeiras de áreas de ocorrência restrita e cujo hábitat encontra-se fragmentado. No caso do Noroeste Paulista, os modelos apresentaram a tendência de perda de diversidade de palmeiras, com a redução da área de distribuição inclusive de espécies com ampla área de ocorrência, como *A. aculeata* e *S. romanzoffiana* e o desaparecimento da espécie *E. edulis* nessa região do Estado.

Conclui-se que as mudanças climáticas poderão causar a perda da área de distribuição de todas as palmeiras nativas do Estado de São Paulo para o ano de 2050, inclusive para espécies com áreas de ocorrência amplas. Palmeiras com menores áreas de distribuição, como *S. pseudococos* e *L. hoehnei* são mais vulneráveis aos cenários de mudanças climáticas, correndo o risco de ocorrer extinções locais, por serem espécies com distribuição restrita.

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. 2003. **Ecological Modelling**, v. 162, p. 211-232.
- 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.
- 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.
- BLACH-OVERGAARD, A.; BALSLEV, H.; DRANSFIELD, J.; NORMAND, S. 2015. Global-change vulnerability of a key plant resource, the African palms. **Scientific Reports** 5:12611. p. 1-10.
- 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: 166-176.
- EISERHARDT, W. L.; SVENNING, J.; KISSLING, W. D.; BALSLEV, H. Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. 2011. **Annals of Botany**. p. 1-26.
- FISCH, S. T. V.; GOMES, E. P. C. Métodos de amostragem de palmeiras (Arecaceae) e estudo de caso na restinga de Ubatuba, Estado de São Paulo, Brasil. In: Fitossociologia do Brasil: Métodos e estudos de casos. Viçosa, MG. Ed. UVF, 2015. p 97.
- Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 14 Mai. 2016

GALETTI, M.; DONATTI, C. I.; PIRES, A. S.; GUIMARÃES, P. R.; JORDANO, P. Seed survival and dispersal of an endemic Atlantic forest palm: the combined effects of defaunation and forest fragmentation. 2006. **Bot J Linn Soc** 151 (1): 141-149.

GAUTO, I.; SPICHIGER, R. E.; STAUFFER, F. W. Diversity, distribution and conservation status assessment of Paraguayan palms (Arecaceae). 2011. **Biodiversity Conservation**, 20: 2705-2728.

GUISAN, A. & ZIMMERMANN, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecol. Model.**, 135, 147–186.

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. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v.25, n.15, p.1965-1978.

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

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.

LORENZI, H.; NOBLICK, L.; KAHN, F.; FERREIRA, E. Flora Brasileira - Arecaceae (Palmeiras). Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2010. 384 p.

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.

PETERSON, A. T. 2001. Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. **Condor** 103, 599–605.

PHILLIPS, S.; ANDERSON, R.; SCHAPIRE, R. 2004. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, p. 655-662.

PHILLIPS, S.; ANDERSON, R.; SCHAPIRE, R. 2006. Maximum Entropy Modelling of species geographic distribution. **Ecological Modelling**, v.190, n3-4, p.231-259.

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

SCARIOT, A. 1998. Conseqüências da fragmentação da floresta na comunidade de palmeiras na Amazônia central. **Série técnica IPEF** v. 12, n. 32, p. 71-86.

SHABANI, F.; KUMAR, L.; TAYLOR, S. 2014. Distribution of date palms in the middle east based on future climate scenarios. **Cambridge University Press**. Volume 51 (2), pp. 244–263.

SILVA-MATOS, D. M.; ALVES, L. F. 2008. Palm species distribution and soil moisture in a swampy area of the Atlantic Forest, South-eastern Brazil. **ECOTROPICA** 14: 69–74.

SIQUEIRA, M. F. & DURIGAN, G. 2007. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica** 30: 239-249.

SIQUEIRA, M. F. & PETERSON, A. T. 2003. Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species. **Biota Neotropica** 3: 1-14.

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

TEIXEIRA, A. P.; ASSIS, M. A. Relação entre heterogeneidade ambiental e distribuição de espécies em uma floresta paludosa no Município de Cristais Paulista, SP, Brasil. 2009. **Acta Botanica Brasilica** 23(3): 843-853.

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/>

VAZ, U. L.; NABOUT, J. C. 2016. Using ecological niche models to predict the impact of global climate change on the geographical distribution and productivity of *Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae) in the Amazon. **Acta Botanica Brasilica** 30(2): 290-295.