

Marcus Vinicius de Melo Oliveira
Anderson Targino da Silva Ferreira
Paulo Eduardo de Oliveira
Augusto Francener

Reconhecendo Enclaves do Cerrado Brasileiro em grandes
cidades: modelagem baseada em parâmetros geoambientais

Atena Editora
2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro durante a pesquisa, ao Grupo SER Educacional pela infraestrutura proporcionada, ao Programa de Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos (UNG) e ao Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos (Lab. GEOPRO-UNG).

A minha esposa Giselia, que em todos os momentos esteve ao meu lado, ao meu Prof. Dr. Antonio Manuel dos Santos Oliveira que me convidou a começar essa pesquisa e pelo exemplo na luta pelas questões ambientais. Ao meu orientador Professor Dr. Anderson Targino da Silva Ferreira pela competência e dedicação no que faz e aos colegas de laboratório pelo apoio. Aos meus colegas de trabalho da E.E Stauder e EPG Dorival Caymmi que me ajudaram tanto nessa fase de tantos compromissos. Aos irmãos do Ministério Pão da Vida, que não me deixaram perder a Fé diante das dificuldades. A minha família que mesmo estando distante, estão sempre comigo, me trazendo esperança e força. Aos meus colegas da UFG, que se tornaram meus conselheiros e coorientadores e são uma referência de pesquisadores para mim. Sou grato aos meus alunos que se dispuseram a participar desta luta em prol do meio ambiente. Agradeço ao Clovis e ao Ismael em Goiânia pela oportunidade que me deram de conhecer o Cerrado de uma força tão peculiar. A minha professora Vera Lúcia Gomes Klein responsável por tantas saídas de campo e por uma paixão pela pesquisa, que me marcaram profundamente. E principalmente a Deus que me deu tantos amigos e irmãos, e também sonhos e projetos, me guiando para realiza-los e me ensinado a projetar coisas nobres e perseverar nelas.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	1
RESUMO	2
ABSTRACT	3
INTRODUÇÃO GERAL	4
ÁREA DE ESTUDO	6
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
Cerrado	8
Software MaxENT	9
Teoria dos Refúgios e dos Redutos.....	10
A Cobertura Vegetal do Município de Guarulhos e o Cerrado.....	11
CAPÍTULO 1	13
INTRODUÇÃO.....	14
MATERIAIS E MÉTODOS	14
Área de estudo	15
Dados de ocorrência de espécies de Cerrado e variáveis geoambientais	15
Análise da ocorrência de espécies de Cerrado in situ	18
RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
Aspectos históricos da ocupação do território da RMSP.....	18
Performance do modelo e distribuição das áreas de predição de Cerrado	21
Composição florística de espécies de Cerrado em Guarulhos-SP	23
Histórico de expansão e retração do Cerrado paulista.....	24
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	26
AGRADECIMENTOS.....	26
REFERÊNCIAS	26
CONCLUSÃO FINAL	31

REFERÊNCIAS	33
APÊNDICES	36
SOBRE OS AUTORES	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.P.	Antes do Presente
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
GARP	Algoritmo Genético para Produção de Conjunto de Regras
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MaxENT	Máxima Entropia
MRT	MODIS Re-projection Tools
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
ROC	Característica Operativa do Receptor
ROC (AUC)	Área abaixo da Curva
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission (NASA)
SVM	Support Vector Machines

RESUMO

Este trabalho teve como foco a modelagem da predição de ocorrências de Cerrado em área de Mata Atlântica na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e na cidade de Guarulhos, SP. A metodologia baseou-se na seleção de registros de ocorrência de Cerrado em bases de dados georreferenciados, mapas temáticos de camadas geoambientais, modelagem da distribuição de espécies através da ferramenta MaxEnt, investigação de campo para a confirmação da presença ou não dessas espécies nas áreas com alta probabilidade de ocorrência de Cerrado ($\geq 0,7$) e indicação de áreas prioritárias para a conservação. Como resultados, o modelo observou uma Característica Operativa do Receptor (ROC) igual a 0,82, revelando possuir grande capacidade para a predição de ocorrência de Cerrado em regiões Ecotonais e antrópicas. As variáveis com a maior porcentagem de contribuição no modelo (76%) foram: altimetria, amplitude térmica, temperatura média, litologia, precipitação e pedologia. Assim, calculou-se que na RMSP haja cerca de 41.183 ha de áreas potencialmente adequadas para a ocorrência de Cerrado, sendo que o município de Guarulhos representa 3.400 ha. Nessa cidade, as áreas preditas apareceram distribuídas nos setores norte e centro-oeste e sudoeste. A região do Pico Pelado merece destaque, tendo sido confirmado *in situ* cerca de 10 espécies típicas do Cerrado, entre elas: *Dalbergia miscolobium* Benth.; *Byrsonima intermedia* A. Juss. e *Heteropterys umbellata* A. Juss., tornando essa área estratégica para a conservação e preservação desse bioma cada vez mais ameaçado de extinção.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem, Cerrado, RMSP, Guarulhos

ABSTRACT

This work focused on the prediction modeling of Cerrado occurrences in the Atlantic Forest area in the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP) and in the city of Guarulhos, SP. The methodology was based on the selection of records of occurrence of Cerrado in georeferenced databases, thematic maps of geoenvironmental layers, modeling of the distribution of species through the MaxEnt tool, field research to confirm the presence or not of these species in the areas with a high probability of occurrence of Cerrado (≥ 0.7) and an indication of priority areas for conservation. As a result, the model observed an Area Under the Curve (AUC) equal to 0.82, showing a great capacity for the prediction of the occurrence of Cerrado in Ecotonal and antropic regions. The variables with the highest percentage of contribution in the model (76%) were: altimetry, thermal amplitude, mean temperature, lithology, precipitation, and pedology. Therefore, it was estimated that in the MRSP there is about 41.183 ha of suitable areas for the occurrence of Cerrado, and the municipality of Guarulhos represents 3.400 ha. In this city, the predicted areas appeared distributed in the north, center-west, and southwest sectors. The region of Pico Pelado deserves to be highlighted, where it was confirmed in situ about 10 species typical of the Cerrado, among them: *Dalbergia miscolobium* Benth.; *Byrsonima intermedia* A. Juss and *Heteropterys umbellata* A. Juss., making this area strategic for the conservation and preservation of this increasingly endangered biome.

KEYWORDS: Modeling, Cerrado, RMSP, Guarulhos

INTRODUÇÃO GERAL

Bioma Cerrado é uma savana que cobre 200 milhões de hectares do Brasil, representando cerca de 22% do território nacional (RATTER et al., 1997). Este é caracterizado por um domínio morfoclimático influenciado fortemente pelo clima tropical semiúmido, bem como por formações arbóreo-arbustivas estruturadas em mosaicos de fitofisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres, adaptadas ao fogo e ao solo pobre (RIBEIRO; WALTER, 1998; AB'SABER, 2003). Constituído por formações florestais, Cerradão, com dossel contínuo, com árvores de grande porte e sempre verde; possui formações Savânicas com árvores distribuídas ao acaso sem estabelecer um dossel contínuo e também formações campestres, fortemente marcado por arbustos e subarbustos. As diversas fitofisionomias que caracterizam o Bioma Cerrado pertencem as estas três formações.

Nos dias atuais, o Cerrado conta com apenas 20% de sua cobertura original do ainda intactos (WWF, 2016). Considerado como um Hotspot (MITTERMEIER et al., 1999; MYERS et al., 2000), este possui aproximadamente 12.100 espécies de angiospermas, sendo 4.253 endêmicas (BFG, 2015), tornando-se assim um dos Biomas com prioridade de preservação do Brasil, por sua grande biodiversidade, sua riqueza de espécies endêmicas e pelo grau de devastação (STRASSBURG et al., 2016).

Inicialmente o Cerrado no Estado de São Paulo apresentava uma cobertura correspondente a 15,4% de seu território, isso de acordo com informações mais precisas a partir de fotografias aéreas em 1962 (BORGONOVÍ; CHIARINI, 1965). Contudo no início da década de 1970, foi destruída à 4,18% (SERRA FILHO et al, 1974), ou seja, de 3 392 900 há originais, foi observado apenas 1 038 800 há. E atualmente essa área corresponde a menos de 1% com de cerca 23 790 há e em péssimo estado de conservação (BAITELLO, 2013). Segundo Durigan (2007) a situação do Cerrado no Estado de São Paulo é ainda mais alarmante que da Mata Atlântica.

Um dos pioneiros na exemplificação da dinâmica da expansão do Cerrado no estado de São Paulo foi Aziz Ab' Saber (Modenesi-Gauttieri 2010):

“Estudando a região de Itu, Ab' Saber estabeleceu a seguinte sequência de eventos: com o advento do clima seco do Pleistoceno Superior expandiram-se primeiro as caatingas; segundo, houve a mudança do clima seco para tropical a duas estações, responsável pela chegada do Cerrado a São Paulo; por fim, os climas tropicais de planalto deram origem à reexpansão das florestas tropicais, criando um palimpsesto muito curioso” (Modenesi-Gauttieri et al., 2010, p.).

Durigan et al. (2007) afirmaram que as flutuações climáticas do Quaternário tiveram papel fundamental na ocorrência de Cerrado no Estado de São Paulo, sendo que o ápice dessa ocorrência foi em torno de 10.000 Antes do Presente (A.P.), em um período no qual o clima era mais frio e seco com desertificação e um predomínio do cerrado aberto. Os autores, descrevem ainda, que no ano de 7.560 anos A.P. houve uma maior umidade, notado pelo avanço das florestas de galerias nos vales. Entretanto, entre 7560 e 6000 anos A.P., a situação climática voltou a ficar mais seca, favorecendo a expansão do cerrado. Contudo de 6000 a 2180 anos A.P., os vales voltam a ser novamente cobertos por florestas

semidecíduais, restando as regiões mais altas como “áreas relíquias” de cerrado aberto.

Durigan et al. (2007) apontam ainda que esse quadro se alterou entre 2180 e 600 anos A.P., com o aumento da umidade, o cerrado aberto nas áreas mais elevadas se tornaram mais fechados. Sendo que após os 600 anos A.P. a floresta semidecídua veio paulatinamente se sobrepondo nessa região.

Entretanto, análises de isótopos de carbono, registros de pólen e estudos de isótopos de oxigênio em espeleotemas de cavernas, indicaram que no período do último máximo glacial o Brasil esteve sob influência de um clima de monção e que a região sudeste brasileira enfrentou períodos úmidos desde ~22.000 A.P., e úmido e quente de ~15,600 até o presente (CRUZ et al. 2007; PESSENDA et al., 2009; RACZKA et al. 2012; MEYER et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2014).

Sugerindo que durante as fases glaciais no Sudeste do Brasil predominavam florestas úmidas e que as ilhas de Cerrado encontradas hoje formadas por espécies altamente resilientes e tolerantes às mudanças climáticas, representativas de um Cerrado muito antigo que existiu antes das fases glaciais.

Tal condição encontra respaldo em Novaes et al. (2013) que apontaram, por meio de filogeografia por amplificação e sequenciamento de dois marcadores moleculares: o intron do cloroplasto e o DNA ribossomal nuclear, que espécies endêmicas de Cerrado encontradas hoje como a *Dalbergia miscolobium* são espécies remanescentes do Plioceno e Pleistoceno.

Para Guarulhos, existem poucas pesquisas reconhecendo as áreas de Cerrado, citam-se: i) RADAM BRASIL (1983), que registrou em suas pesquisas uma área de savana equivalente a 26,62% do território Guarulhense; ii) Atlas Sinbiota 2.1 (2009), que identificou que apenas 0,32% da cobertura de Guarulhos é coberta por Savana, revelando um processo de extinção deste Bioma no Município.

Uma análise documental feita através do site de compartilhamento de dados SpeciesLink, que possui exsicatas digitalizadas dos principais herbários, foram identificadas 24 espécies típicas do Cerrado coletadas no município de Guarulhos (apêndice A).

Modelagem de distribuição potencial é uma técnica relativamente recente e pode ser utilizada em vários campos distintos, sendo também necessário mais testes para determinar sua eficiência metodológica. Durigan et al. (2007) utilizaram o GARP para modelagem de espécies lenhosas do Cerrado, no entanto concluiu ser insatisfatório para prever ocorrências em áreas de transição, e segundo o trabalho de Pimentel (2009), ao utilizar os algoritmos MaxENT, GARP e SVM, obteve maior ROC (AUC) com o MaxENT e concluiu que é o com maior significado biológico e o que mais condiz com os padrões de distribuição já conhecidos, fazendo um trabalho sobre distribuição potencial de Aves. Desta forma, o MaxENT pode ser uma ferramenta eficiente para distribuição de Cerrado em áreas ecotonais com o Estado de São Paulo inclusive em áreas antrópicas.

Assim, diante do crescente quadro de degradação desse bioma, o presente estudo visa, com base em técnicas de geoprocessamento, ferramentas de modelagem e coletas de amostras botânicas *in situ*, a predição do potencial de distribuição de cerrado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com ênfase no município de Guarulhos (SP), subsidiando assim, estratégias de conservação e preservação desse bioma cada vez mais

ameaçado de extinção (STRASSBURG et al., 2016).

ÁREA DE ESTUDO

O município de Guarulhos, o segundo mais populoso do Estado de São Paulo, localiza-se entre os paralelos 23°16'23" e 23°30'33" de latitude Sul e entre os meridianos 46°20'06" e 46°34'39" de longitude Oeste, ou seja, o município encontra-se na latitude do trópico de Capricórnio, que passa na altura do km 215 da Rodovia Presidente Dutra, no bairro de Cumbica.

Distante 17 quilômetros do centro da cidade de São Paulo, Guarulhos é um dos 39 municípios que compõem a RMSP, localizado a nordeste desta, tendo como limites os municípios de Mairiporã e Nazaré Paulista (norte), Santa Isabel (nordeste), Arujá (leste), Itaquaquecetuba (sudeste) e São Paulo (sudeste, sul, oeste e noroeste), (Fig. 1.1)

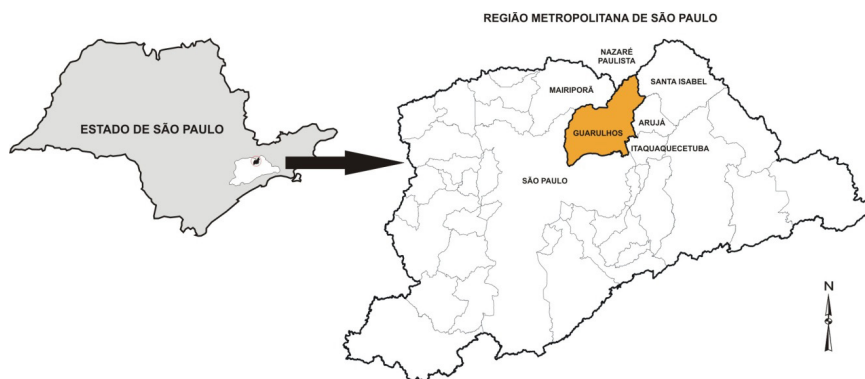


Figura 1.1 - Localização do município de Guarulhos na Região Metropolitana de São Paulo e no estado de São Paulo.

O município, com cerca de 320 quilômetros quadrados, apresenta aproximadamente 40% de cobertura vegetal cujos fragmentos se concentram principalmente no compartimento geomorfológico norte (OLIVEIRA et al., 2009) onde o relevo é mais intenso, formado por montanhas e morros, modelados em rochas cristalinas, constituindo obstáculo físico e legal para ocupação urbana. Esta ocupação se desenvolveu no compartimento geomorfológico sul, cobrindo colinas e morrotes predominantemente sedimentares (AZEVEDO, 2007; OMAR, 2008; OLIVEIRA et al., 2009).

O clima do município é subtropical úmido, com dois meses geralmente secos, a temperatura média anual está entre 17 e 19°C; a umidade relativa do ar média anual é de cerca de 81 % e o índice pluviométrico está entre 1250 e 1500 mm/ano (OLIVEIRA et al., 2009).

Os solos de Guarulhos, no macrocompartimento norte, são formados principalmente por Latossolos, com variedade vermelho-amarelos e por Cambissolos, ambos geralmente

argilosos. No macrocompartmento sul encontram-se Argissolos, em colinas sedimentares e os Gleissolos orgânicos e argilosos nas planícies sedimentares (OLIVEIRA et al., 2009).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como fundamentos desta pesquisa, foram selecionados os temas cerrado, MaxENT e a cobertura vegetal no município de Guarulhos, a serem aprofundados no seu desenvolvimento.

CERRADO

O Cerrado pode ser compreendido de três formas, uma é como um Domínio Fitogeográfico Cerrado (neste caso usar-se em maiúscula) típico da região central do Brasil.

Em outra forma, o termo cerrado está relacionado a um “tipo de vegetação” (tipos fitofisionômicos), definido por sua fisionomia, flora e o ambiente, compreendido pela composição florística e pela fisionomia. Nessa definição há vários tipos e formas de vegetação que vão desde o Cerradão, que possui uma característica florestal de composição arbórea, com um dossel contínuo, até o campo sujo com raros arbustos e ausência de árvores, conforme Coutinho (1978) e Ribeiro (2008).

Por último, o “cerrado sentido restrito” (strito sensu) refere-se ao tipo específico de fitofisionomia que ocorre na formação savânica, caracterizado pela composição florística e pela fisionomia (RIBEIRO, 2008), que constitui a fitofisionomia característica para o Bioma Cerrado.

Justamente por sua variação fisionômica, indo do campo limpo (bioma dos campos tropicais), passando pelas fisionomias intermediárias (bioma das savanas) e chegando ao Cerradão (bioma das florestas estacionais), o cerrado sensu lato não pode ser considerado um único bioma, mas sim um complexo de biomas, mais especificamente três, segundo Batalha (2011).

A flora do Cerrado possui características particulares, apesar de ter algumas espécies em comum com outros biomas (COUTINHO, 1978; RIBEIRO, 2008).

As principais fitofisionomias do cerrado compreendem 3 tipos de formações vegetais: Florestal, Savânica e Campestre (RIBEIRO, 2008).

As formações florestais do cerrado são mata ciliar e mata de galeria, a mata seca e o cerradão.

A **mata ciliar** é uma vegetação que acompanha os cursos d’água, sem formar galerias tendo no cerrado do Planalto Central em torno de 100 metros de largura a partir do canal do rio. As árvores são predominantemente eretas, com altura de 20 a 25 m, e a cobertura arbórea varia de 50 a 90%.

A **mata de galeria** é uma vegetação que acompanha rios de pequeno porte, de maneira que as copas das árvores que margeiam o rio se encontram formando as “galerias”, em geral não apresenta caducifolia. A altura das árvores é de 20 a 30 m, com cobertura arbórea que varia de 70 a 90%.

A **mata seca** não acompanha cursos d’água, mas localiza-se no interflúvio e é normalmente caracterizada por ter um solo eutrófico. A cobertura arbórea está entre 70 e 90%, com árvores com altura de 12 a 25 m. Não costuma apresentar nem espécies

arbustivas por causa do dossel contínuo e nem plantas epífitas, possuindo certa caducifolia considerando uma região de clima estacionário, ou seja, com duas estações bem definidas.

O **cerradão** é a formação florestal que possui folhas coriáceas, duras e quebradiças, com um dossel contínuo com cobertura vegetal entre 50 e 90%, com altura de 8 a 15 m. O solo costuma ser profundo, bem drenado e variando de média a baixa fertilidade.

As formações Savânicas são cerrado denso, típico, ralo e rupestre.

O **cerrado denso** é um subtipo de vegetação composto principalmente por árvores com cobertura arbórea de 50 a 70% e com altura entre 5 a 8 m. Possui uma quantidade pequena de arbustos e estrato herbáceo.

O **cerrado típico** é um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo-arbustivo, com cobertura arbórea de 20 a 50% e altura média de 3 a 6 m.

O **cerrado ralo** é um subtipo de vegetação arbóreo-arbustivo, com cobertura arbórea de 5 a 20% e altura entre 2 e 3 m, fortemente marcado pelo estrato herbáceo.

O **cerrado rupestre** ocorre em regiões com solo rochoso, possui cobertura arbórea variável de 5 a 20% e altura média entre 2 a 4 m, e é também fortemente marcado pela presença do estrato herbáceo.

As formações Campestres são o campo sujo, limpo e rupestre.

O **campo sujo** é arbustivo-herbáceo, possuindo indivíduos de espécies arbóreas do cerrado sentido restrito, no entanto, não tão desenvolvidos.

O **campo limpo** é praticamente herbáceo, com poucos indivíduos arbustivos e sem a presença de árvores. Está relacionado com a umidade do solo e com a topografia.

O **campo rupestre** é marcado principalmente por estrato herbáceo e arbustivo pequenas árvores de até 2 metros de altura, e locais que possuem afloramento rochoso.

SOFTWARE MAXENT

O Maxent (*Maximum Entropy*) é um dos modelos mais recentes e analiticamente complexos, baseado em presenças e pseudo-ausências, e foi idealizado como um algoritmo estatístico de aprendizagem automática seguindo o conceito de máxima entropia (PHILLIPS et al., 2006; PHILLIPS & DUDIK, 2008; ELITH et al., 2011). A máxima entropia de um sistema é alcançada quando se tem a maior incerteza de ocorrência de um evento, neste caso, a maior incerteza quanto à presença da espécie em um determinado local (PHILLIPS et al., 2006).

Dessa forma, o algoritmo Maxent ajusta uma distribuição de probabilidades de ocorrência da espécie no espaço geográfico a partir das variáveis ambientais relacionadas tanto aos dados de presença quanto à paisagem, considerada como pseudo-ausências, tornando-a mais próxima de uma distribuição uniforme (distribuições uniformes geram maior incerteza quanto à ocorrência de um evento, portanto, alcançam a máxima entropia do sistema). A distribuição uniforme é ajustada, contudo, sob a restrição de que os valores esperados para cada variável ambiental na paisagem estejam de acordo com os valores empíricos observados nos pontos de ocorrência. (LIMA-RIBEIRO, 2012).

Este programa se baseia na teoria da informação, na qual seu critério estrutural da

formação dos modelos de distribuição da probabilidade tendo como base o conhecimento parcial, direciona a um tipo de indução estatística que tem por nome Máxima Entropia, tornando a análise menos tendenciosa dentro das informações acessíveis para construção do modelo. Possibilitando um quadro menos afetado pelas informações que estão faltando, através do MaxENT a entropia é aumentada significativamente ao se apresentar o conjunto de camadas e variáveis ambientais (JAYNES, 1957).

TEORIA DOS REFÚGIOS E DOS REDUTOS

Aziz Ab' Sáber (2003) foi o pesquisador quem apresentou o quadro de ocorrência do cerrado em outros domínios fitogeográficos, que ele chamou de “ilhas” de vegetação, aparentemente anômalas, causando um contraste com a paisagem dominante. De acordo com sua terminologia, quando encontrado uma espécie vegetal em um local específico e circundado em varais partes por outro ecossistema, denominamos: Relictos.

Quando encontramos manchas de um ecossistema típico, mas em províncias de outro Domínio fitogeográfico, denominamos: “Enclave” fitogeográfico.

O estudo destas áreas de ocorrência disforme gerou uma série de pesquisas em torno de seu processo, possibilitando a criação da Teoria dos Redutos e Refúgios, que associa tais fenômenos na paisagem pelo fato de flutuações climáticas terem acontecido no fim do Quaternário, causando expansões e retrações das matas construindo o quadro fitogeográfico atual.

Em outros estudos feitos pelo pesquisador em todo território nacional, foi observado que em áreas “core”, ou seja, áreas de ecossistemas específicos e uniforme dos diferentes domínios morfoclimáticos e geobotânicos, não foram observadas uma relação direta com as províncias geológicas-estruturais, visto que em uma mesma área core vários terrenos de diferentes idades e litologias variadas coexistiam.

No entanto, as camadas sobrepostas de fatos geomórficos e geopedológicos, têm um reflexo direto na determinação das áreas core, sendo os principais fatores, mesmo que não os únicos, formando a base para as condições ecológicas médias dominantes. O histórico paleoclimático quaternário de onde se originaram e se expandiram também são elos diretamente relacionados à determinação desta ocorrência.

Sendo assim, Ab' Sáber concluiu que ilhas de vegetação não “nativas” encontradas em áreas core dentro dos diferentes Domínios morfoclimáticos e geobotânicos se justificam por fatores de exceção, podendo ser: Litológico, hidrológico, topográfico e paleobotânico, e também percebeu que por baixo destes fatores de exceção existem sempre indicações perfeitas de um uma condição ecológica formadas com complexos de convergência, ou seja, retração de Redutos de ecossistemas que no passado eram territorialmente mais desenvolvido.

Ab' Sáber citou em seu trabalho vários exemplos de “enclaves” de cerrado, como os que ocorrem na Floresta Amazônica, setores dos planaltos interiores de São Paulo na Mata Atlântica e inclusive nos Domínios da Caatinga (Pernambuco, Alagoas e Bahia), com relação ao Cerrado, diferentemente da Caatinga, os fatores de exceção não estão relacionados com fenômenos de microclima, mas sim ao fato genético básico dependente

mais do solo, da umidade do solo e da drenagem superficial perene.

De acordo com sua descrição, a vegetação do cerrado se desenvolveu em algum momento do quaternário (podendo ser até no fim do terciário), a medida que as redes frouxas dos vales com drenagem perene foi se expandindo, as florestas-galerias com filiação às grandes províncias florestais com dossel contínuo (Mata Amazônica, Mata Atlântica e do rio Paraná) foram ocupando o vasto domínio do Cerrado, que foi considerado por Ab'Sáber como o quadro de vegetação mais arcaico do Brasil, formado por planaltos tropicais interiorizados e por solos lateríticos.

A COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE GUARULHOS E O CERRADO

O Cerrado é o bioma referente à vegetação de savana do Brasil, cobrindo 22% do território nacional ou seja, cerca de 200 milhões de hectares (RATTER et al., 1997). É caracterizado por formação arbóreo-arbustiva, sendo um mosaico de fitofisionomias, com espécies adaptadas ao fogo e ao solo pobre, é considerado um domínio morfoclimático por ser fortemente caracterizado pelo Clima (AB'SABER, 2003).

O Cerrado é considerado um dos Biomas Hotspot, assim como o Domínio da Mata Atlântica (MYERS et al., 2000; MITTERMEIER et al., 1999); são assim as dois Biomas com prioridade de preservação do Brasil, por sua grande biodiversidade, sua riqueza de espécies endêmicas e pelo grau de devastação, que hoje corresponde cerca de 50% de sua cobertura original contando com apenas 20% ainda intactos (WWF, 2016).

A região principal de ocorrência do Bioma Cerrado se encontra nos estados de Goiás, Tocantins e no Distrito Federal, onde os fatores climáticos são mais favoráveis, mas há áreas adjuntas segundo Eiten (1972) como Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia, São Paulo, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima e Paraná.

No entanto no estado de São Paulo este quadro de destruição é ainda mais agravante, tal redução foi da ordem de 1.594.974 hectares, correspondendo a 86,9% da área nativa de 1962 a 1992 (KRONKA, 1998). Atualmente as áreas de Cerrado correspondem por apenas 7% da cobertura original (BAITELLO, 2013), em vista de que eram encontradas em áreas mais propícias à ocupação urbana, formado por terrenos mais planos e menos suscetíveis a processos erosivos.

Outro trabalho evidenciando o Cerrado, inclusive na região metropolitana de São Paulo, foi o RadamBrasil (Folhas 23/24), que em 1983 realizou um levantamento dos recursos naturais do Brasil e também com relação a cobertura vegetal. Em seus Mapas existe uma descrição da região Metropolitana de São Paulo na página 776, fortemente marcado pela savana, em rosa, sustentado por inventários e imagens de fotos aéreas. Neste mapa é possível visualizar o município de Guarulhos com cobertura de savana.

Uma pesquisa bibliográfica sobre levantamentos florísticos realizados no município de Guarulhos, através da base de dados SpeciesLink, que reuni exsicatas de vários Herbários do Brasil de forma digitalizada, permitiu encontrarmos 15 espécies típicas do Cerrado (MEDEIROS, 2011), coletadas em épocas distintas.

A partir destes documentos o Instituto Federal desenvolveu um atlas que está disponível no Sinbiota do Projeto Biota-Fapesp, que visa à descrição da biodiversidade do Estado de São Paulo, onde eles compararam as informações do Radam com imagens de satélite mais recentes e observaram que parte das áreas de savana foram fortemente fragmentadas. Em comparação com às áreas visualizadas do RadamBrasil que correspondiam a cerca de 26,62% da área de Guarulhos, o IF com imagens atuais identificou 0,32% da cobertura Vegetal atual como remanescente de Cerrado, podendo ser considerado praticamente extinto.

Segundo Eugen Warming (1998), há uma deficiência em estabelecer critérios seguros para classificação de áreas de tensão ecológica onde são encontradas espécies de Cerrado e Mata Atlântica, e diante do desenvolvimento urbano essas informações se perdem sem antes ao menos terem sido devidamente identificadas.

Além da identificação destas áreas, estudos minuciosos de caráter ambiental precisam ser pautados em dados científicos: se forem relacionados com clima, o solo e demais características do meio físico, tais classificações poderiam ser realizadas com maior segurança e precisão, aumentando o conhecimento dos Biomas possibilitando futuramente reconhecer os fatores determinantes do Cerrado e outros ambientes do Brasil (COUTINHO, 2006). Órgãos de secretarias públicas poderiam assim aplicar esses conhecimentos para delimitação de áreas de preservação, evitando a extinção destes Biomas, principalmente próximos a grandes centros urbanos.

Recentemente foi realizado um trabalho no Parque Juquery revelado a ocorrência do Bioma Cerrado dentro do Domínio da Mata Atlântica, muito próximo à região metropolitana de São Paulo, sendo um indício dos refúgios do Cerrado, Baitello (2013). Foram encontradas espécies exclusivas do Cerrado em um ambiente de domínio da Mata Atlântica, desta forma podemos perceber a necessidade em se buscar mais análises e estudos em ambientes de tensão ecológica.

MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE RESQUÍCIOS DE CERRADO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, COM ÊNFASE AO MUNICÍPIO DE GUARULHOS, SP

RESUMO: Este trabalho teve como foco a modelagem da predição de ocorrências de Cerrado em área de Mata Atlântica na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e na cidade de Guarulhos, SP. A metodologia baseou-se na seleção de registros de ocorrência de Cerrado em bases de dados georreferenciados, mapas temáticos de camadas geoambientais, modelagem da distribuição de espécies através da ferramenta MaxEnt, investigação de campo para a confirmação da presença ou não dessas espécies nas áreas com alta probabilidade de ocorrência de Cerrado ($\geq 0,7$) e indicação de áreas prioritárias para a conservação. Como resultados, o modelo observou uma Característica Operativa do Receptor (ROC) igual a 0,82, revelando possuir grande capacidade para a predição de ocorrência de Cerrado em regiões Ecotonais e antrópicas. As variáveis com a maior porcentagem de contribuição no modelo (76%) foram: altimetria, amplitude térmica, temperatura média, litologia, precipitação e pedologia. Assim, calculou-se que na RMSP haja cerca de 41.183 ha de áreas potencialmente adequadas para a ocorrência de Cerrado, sendo que o município de Guarulhos representa 3.400 ha. Nessa cidade, as áreas preditas apareceram distribuídas nos setores norte e centro-oeste e sudoeste. A região do Pico Pelado merece destaque, tendo sido confirmado *in situ* cerca de 10 espécies típicas do Cerrado, entre elas: *Dalbergia miscolobium*; *Byrsonima intermedia* A. Juss. e *Heteropterys umbellata* A. Juss., tornando essa área estratégica para a conservação e preservação desse bioma cada vez mais ameaçado de extinção.

MODELING OF POTENTIAL DISTRIBUTION OF CERRADO REMAINS IN THE METROPOLITAN REGION OF SAO PAULO, EMPHASIS THE CITY OF GUARULHOS

ABSTRACT: This work focused on the prediction modeling of Cerrado occurrences in the Atlantic Forest area in the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP) and in the city of Guarulhos, SP. The methodology was based on the selection of records of occurrence of Cerrado in georeferenced databases, thematic maps of geoenvironmental layers, modeling of the distribution of species through the MaxEnt tool, field research to confirm the presence or not of these species in the areas with High probability of occurrence of Cerrado (≥ 0.7) and indication of priority areas for conservation. As a result, the model observed a Area Under the Curve (AUC) equal to 0.82, showing great capacity for the prediction of the occurrence of Cerrado in Ecotonal and antropic regions. The variables with the highest percentage of contribution in the model (76%) were: altimetry, thermal amplitude, mean temperature, lithology, precipitation and pedology. Therefore, it was estimated that in the MRSP there are about 41.183 ha of suitable areas for the occurrence of Cerrado, and the municipality of Guarulhos represents 3.400 ha. In this city, the predicted areas appeared distributed in the north, center-west and southwest sectors. The region of Pico Pelado deserves to be highlighted, where it was confirmed *in situ* about 10 species typical of the Cerrado, among them: *Dalbergia miscolobium*; *Byrsonima intermedia* A. Juss. and *Heteropterys umbellata*

A. Juss., making this area strategic for the conservation and preservation of this increasingly endangered biome.

INTRODUÇÃO

O Bioma Cerrado é uma savana que cobre 200 milhões de hectares do Brasil, representando cerca de 22% do território nacional (RATTER et al., 1997). Este bioma é caracterizado por um domínio morfoclimático influenciado fortemente pelo clima tropical semiúmido, bem como por formações arbóreo-arbustivas estruturadas em mosaicos de fitofisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres, adaptadas ao fogo e ao solo pobre (RIBEIRO e WALTER, 1998; AB'SABER, 2003).

O Cerrado hoje conta com apenas 20% de sua cobertura original ainda intactos (WWF, 2016). Considerado como um Hotspot (MITTERMEIER et al. 1999; MYERS et al. 2000), este possui aproximadamente 12.100 espécies de angiospermas, sendo 4.253 endêmicas (BFG, 2015), tornando-se assim um dos Biomas com prioridade de preservação do Brasil, por sua grande biodiversidade, sua riqueza de espécies endêmicas e pelo grau de devastação sofrido (STRASSBURG et al., 2016).

No entanto no estado de São Paulo (SP) este quadro de destruição é ainda mais assustador, com a redução de 1.594.974 hectares desse Bioma, correspondendo a 86,9% da cobertura original, entre os anos de 1962 a 1992 (KRONKA, 1998). Sendo que, atualmente, as áreas de Cerrado no estado contam com apenas 7% da sua porção original (BAITELLO, 2013).

Para Guarulhos, existem poucas pesquisas reconhecendo as áreas de Cerrado, das quais citam-se: i) RADAM BRASIL (1983), que registrou em suas pesquisas uma área de savana equivalente a 26,62% do território Guarulhense; ii) Atlas Sinbiota 2.1 (2009), que identificou que apenas 0,32% da cobertura de Guarulhos é coberta por Savana, revelando um processo de extinção deste Bioma no Município.

Assim, diante do crescente quadro de degradação desse Bioma, o presente estudo visa, com base em técnicas de geoprocessamento, ferramentas de modelagem e coletas de amostras botânicas *in situ*, a predição do potencial de distribuição de Cerrado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com ênfase ao município de Guarulhos (SP). Subsidiando assim, estratégias de conservação e preservação desse bioma cada vez mais ameaçado de extinção (STRASSBURG et al., 2016).

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia divide-se em cinco etapas (Figura 3.1): i) Seleção de registros de ocorrência de espécies de Cerrado na RMSP em bases de dados georreferenciados; ii) Confecção dos mapas temáticos das camadas geoambientais; iii) Predição da distribuição geográfica de espécies de Cerrado na RMSP e Guarulhos, através da ferramenta de modelagem *MaxEnt*; iv) Investigação de campo para confirmação da presença ou não das áreas com alta probabilidade de ocorrência de Cerrado ($\geq 0,7$); v) Indicação de áreas prioritárias para a conservação de Cerrado.

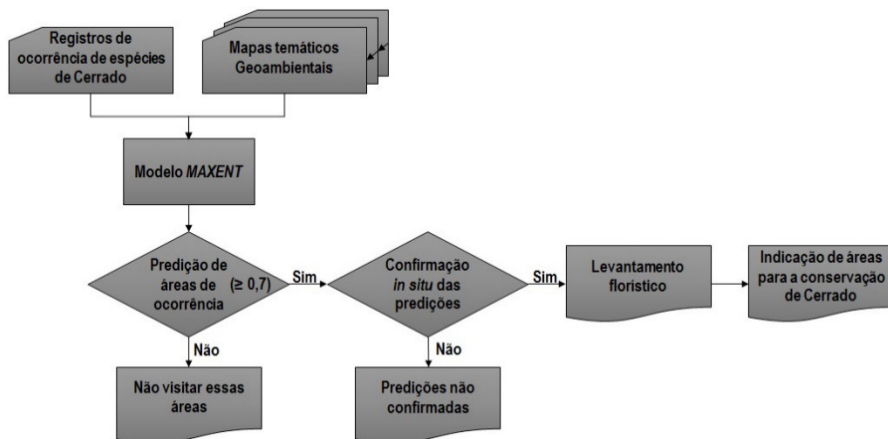


Figura 3.1 – Fluxograma da metodologia empregada.

Área de estudo

Segundo a EMPLASA (2016), a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é formada por 39 municípios e possui aproximadamente 20 milhões de habitantes. Esta, por ser composta por grandes complexos industriais, comerciais e financeiros é responsável por 18% do PIB nacional e a mais da metade do PIB do Estado de São Paulo.

Localizado na RMSP e entre os paralelos 23°16'23" e 23°30'33" de latitude Sul e entre os meridianos 46°20'06" e 46°34'39" de longitude Oeste (OLIVEIRA *et al.*, 2009), Guarulhos (Figura 3.2) é o segundo maior município paulista e possui uma população que conta com mais de 1.221.979 habitantes (IBGE, 2010). Este fica à apenas 17 km do centro da maior metrópole da América Latina (São Paulo), e é estrategicamente localizado entre duas das principais rodovias nacionais: a Via Dutra (BR-116), eixo de ligação São Paulo - Rio de Janeiro e Rodovia Fernão Dias (BR- 381), que liga São Paulo a Belo Horizonte. Conta ainda com a BR-381, que facilita a ligação de São Paulo diretamente ao Aeroporto Internacional de Guarulhos, e está a 108 km do Porto de Santos (GUARULHOS, 2016).

Dados de ocorrência de espécies de Cerrado e variáveis geoambientais

Os dados de ocorrência de espécies de Cerrado na RMSP foram obtidos de diferentes fontes: i) base de dados georreferenciada do *Sistema de Informação Distribuído para Coleções Científicas, SpeciesLink* <<http://splink.cria.org.br/>>, e; ii) publicações. Foram selecionadas 381 amostras de ocorrência de Cerrado que não coincidiram com áreas urbanizadas, solo exposto e/ou corpos d'água. Restando apenas as que ocorreram em áreas vegetadas segundo o mapa de cobertura da terra da Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA, 2013).

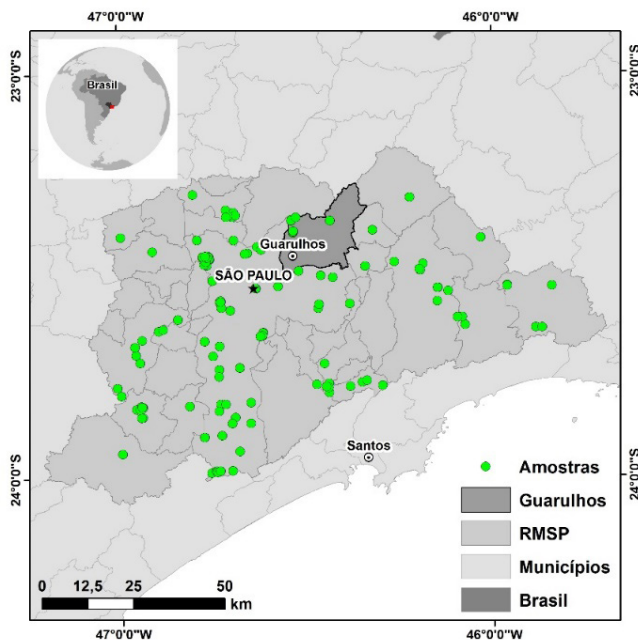


Figura 3.2 - Distribuição geográfica da presença de espécies de Cerrado na Região Metropolitana de São Paulo obtidos da base de dados do *Sistema de Informação Distribuída para Coleções Científicas, SpeciesLink* <<http://splink.cria.org.br/>> e de publicações.

As *variáveis geoambientais* inicialmente utilizadas na pesquisa foram obtidas de diversas bases de dados, classificadas e agrupadas segundo sua natureza, como: pedológicas, espectrais (NDVI), topográficas (altimetria, declividade e aspecto), geomorfológica (Unidades de relevo), geológicas (tipo de rocha, idade mínima, máxima e média das rochas, distância das principais estruturas regionais) e climáticas (precipitação, temperaturas mínima, máxima e média e amplitude térmica) (Tabela 3.1).

Grupo	Variável	Referência	Unidade
Pedologia	Tipos de Solos	Oliveira <i>et al.</i> (1999)	Nome da classe
Espectral	NDVI	MRTWEB < https://mrtweb.cr.usgs.gov/ >	Adimensional
Topografia	Altimetria	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) < http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/ >	m
	Declividade		Graus (°)
	Aspecto		Graus (°)

Geomorfologia	Geom		Nome da classe
Geologia	Dist. de estruturas geológicas	Serviço Geológico do Brasil (CPRM) < http://geobank.cprm.gov.br/ >	km
	Litologia		Nome da classe
	Idade máx. das rochas		Milhões de anos (Ma)
	Idade méd. das rochas		
	Idade mín. das rochas		
Clima	precipitação	WordClim – Global Climate Data < http://www.worldclim.org/ >	mm
	Temp. máx.		°C
	Temp. méd.		°C
	Temp. mín.		°C
	Amplitude térmica		°C

Tabela 3.1 - Variáveis geoambientais utilizadas para na modelagem.

Os parâmetros geoambientais utilizados para a modelagem foram: i) Pedologia – Mapa de solos do Estado de São Paulo – Instituto Agronômico de Campinas. Escala 1:500.000, no formato *shapefile* (uma camada) (OLIVEIRA et al., 1999); ii) Imagens NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*, do inglês Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) derivadas do produto MOD13Q1 (composição de imagens de 16 dias) do sensor MODIS abordo dos satélites Terra e Aqua, com resolução espacial de 250 m totalizando 17 imagens para o ano de 2010 adquiridas e processadas utilizando o software *MODIS Re-projection Tools* (MRT) a partir do portal U.S. Geological Survey (<https://mrtweb.cr.usgs.gov/>); iii) Dados topográficos – altimetria (uma camada); relevo (uma camada); aspecto do terreno (uma camada) – extraídos da imagem orbital do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (MIRANDA, 2005); iv) Dados geomorfológico e geológicos foram derivados dos arquivos vetoriais do GEOBANK do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2016), referentes ao Mapa geológico do estado de São Paulo, escala 1:750.000; v) Dados climáticos – *Worldclim version 2.0 Global Climate Surface* (HIJMANS et al. 2005) com aproximadamente 1 km de resolução espacial. Cujas camadas utilizadas dividem-se em precipitação mensal (12 camadas), temperaturas máximas mensais (12 camadas), temperaturas médias mensais (12 camadas), temperatura mínimas mensais (12 camadas), amplitude térmica médias mensais (12 camadas).

O método de Modelagem utilizado neste trabalho foi o algoritmo de Máxima Entropia (*MaxEnt*) versão 3.3k. O *MaxEnt* gera modelos de adequação de habitat baseados em distribuições conhecidas e na série de dados geoambientais da área estudada. Este modelo tem grande capacidade na predição de áreas de ocorrência de determinados organismos (ARAÚJO e GUISSAN 2006; PHILLIPS et al., 2006; PIMENTEL, 2009; ELITH et al., 2011).

O modelo foi alimentado com os dados de ocorrência de espécies e das diversas camadas das variáveis geoambientais. Esses foram processados de modo a terem como

limite a área da RMSP no formato “*.asc”, com valores de pixel das camadas reinterpolados para 100 m x 100 m, através do *software* ArcGIS (10.2). O sistema de projeção utilizando foi o UTM, Datum WGS1984 e Fuso 23 sul.

A importância de cada variável foi determinada por meio do procedimento de *jack-knife* e pela porcentagem da contribuição no modelo final (PHILLIPS et al., 2009). Cujo mapa resultante da modelagem apresenta os valores da predição como valores logísticos entre 0 e 1, que representa a adequabilidade do habitat no pixel, sendo que valores mais próximos a 1 indicam maior adequabilidade, ou seja, maior probabilidade de presença da espécie no pixel (PHILLIPS; DUDI, 2008).

A avaliação do modelo foi realizada segundo a curva ROC (Característica Operativa do Receptor) que variam de 0 a 1. De modo que, quanto mais próximo de 1, melhor é o modelo, um ROC de 0,5 indica que a discriminação do modelo não é melhor do que as de um modelo aleatório (FIELDING; BELL, 1997). Modelos com valores ROC > 0,9 são considerados altamente acurados, valores entre 0,7 e 0,9 são úteis e aqueles menores que 0,7 são pouco acurados (SWETS, 1988; ELITH, 2002; ELITH et al., 2006).

O resultado da modelagem foi visualizado e analisado através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), *software* ArcGIS 10.2 da ESRI. Vale salientar que das 381 amostras utilizadas, nenhuma espécie possuía mais de 20 amostras individuais. Sendo assim, optou-se por modelar a predição da adequabilidade de habitat da distribuição geográfica de espécies de Cerrado na RMSP com todo o conjunto de amostras.

Análise da ocorrência de espécies de Cerrado *in situ*

As expedições de campo para confirmação ou não das ocorrências de Cerrado preditas pelo modelo ($\geq 0,7$) foram realizadas por meio de coleta de espécimes de flores e/ou frutos, sendo realizadas de forma não sistematizadas. Todos os espécimes coletados foram desidratados de acordo com Blanco *et al.* (2006), e preservadas de acordo com as técnicas usuais da botânica (BRIDSON e FORMAN, 1992). As Exsicatas foram incorporadas ao herbário da UFRN (acrônimo de acordo com THIERS, 2014). A identificação foi realizada através da consulta da literatura especializada (DURIGAN et al., 2004; MEDEIROS, 2011), de especialistas e de herbários físicos e virtuais (FLORA DO BRASIL, 2017; SPECIES LINK, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aspectos históricos da ocupação do território da RMSP

Antes da ocupação extensiva, a RMSP era coberta pela Mata Atlântica, marcada principalmente por Floresta Ombrófila Densa, ou seja, uma cobertura vegetal formada por árvores de médio e grande porte (até 20 metros), dossel contínuo e com a copa das árvores cobrindo praticamente todo o céu, ocupando cerca de 92% de toda sua extensão territorial. Esta floresta, considerada sempre verde, devido à alta e bem distribuída precipitação pluviométrica ao longo do ano, tinha sua florística composta em sua maioria por espécies típicas do Bioma Mata Atlântica. No mesmo território, a cobertura de Savana, com fitofisionomias de Cerrado, cerradão, campo Cerrado e campo, com árvores de dosséis

incontínuos e intercalando com arbustos e gramíneas, equivalia a 8% da RMSP (RADAM BRASIL, 1983; ATLAS SINBIOTA, 2009; BAITELLO et al., 2013) (Figura 3.3 - a).

Na grande São Paulo, Uster (1911) entre os séculos 19 e 20, observou fitofisionomias de Campo Limpo ou Sujo, com espécies arbustivo-herbáceas incluindo a *Erigium paniculatum* na região de Santana (Figura 3.4 - b). Macrófitas aquáticas flutuantes, típica do Pantanal e de Cerrado, encontradas em regiões quentes de mananciais de água parada e brejo, tanto quanto em águas correntes, na região da Lapa (Figura 3.4 - c) (LORENZI, 2000). *Pontederia cordata* na região de Nossa Senhora do Ó, também encontrada em Caatinga (*stricto sensu*), Campo de Várzea, Campo Limpo, Cerrado (*lato sensu*), Floresta Ciliar ou Galeria, Restinga e Vegetação Aquática (Figura 3.4 - d), bem como, *Utricularia globulariaefolia* na região do Butantã, típica de campos úmidos do Cerrado, geralmente encontradas em terrenos pouco acidentados dos fundos de vale, associados a áreas de nascentes ou em depressões fechadas que acumulam água durante a estação chuvosa (RIBEIRO; WALTER, 1998) (Figura 3.4 - e).

Com a expansão da ocupação urbana, revelaram-se duas frentes de desmatamento: uma referente à área urbana e a outra às áreas agrícolas e eixos viários principais desenvolvidos a partir da década de 1920 e, mais recentemente, destacando-se o eixo São Paulo-Campinas com as rodovias Anhanguera e Bandeirantes. A partir de 1952 até os dias atuais, esse crescimento da RMSP, assim como em Guarulhos, foi caracterizado por uma expansão desordenada e pela eliminação radical da cobertura vegetal (OLIVEIRA et al., 2010), pautado pelo processo de industrialização e urbanização. Sendo este último, devido ao aquecimento do mercado imobiliário formal e pelos grandes projetos de estruturação do uso do solo, tais como as obras de ampliação do Aeroporto, Corredor Metropolitano e do Trecho Norte do Rodoanel Metropolitano (IACOVINI, 2013).

Como resultado desse processo de urbanização e de supressão da vegetação ocorridos durante as últimas décadas, calcula-se com base no mapa da cobertura da terra do Estado de São Paulo (CPLA, 2013), que dos 793.383 ha da RMSP, a cobertura vegetal ocupe hoje apenas 70,3% (557.830 ha) desse território. Sendo que desse último valor, 53,1% (421.593 ha) refere-se à *Vegetação arbórea* e 17,2% à *Vegetação arbustiva/herbácea* (136.237 ha) (Figura 3.3 - b). Ainda, estima-se que apenas 0,1% do total da vegetação da RMSP é de *Savana*, localizada principalmente no Parque Estadual do Juquery no município de Franco da Rocha, e em *hotspots* remanescentes no município de Guarulhos (ATLAS SINBIOTA, 2009; BAITELLO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2020).

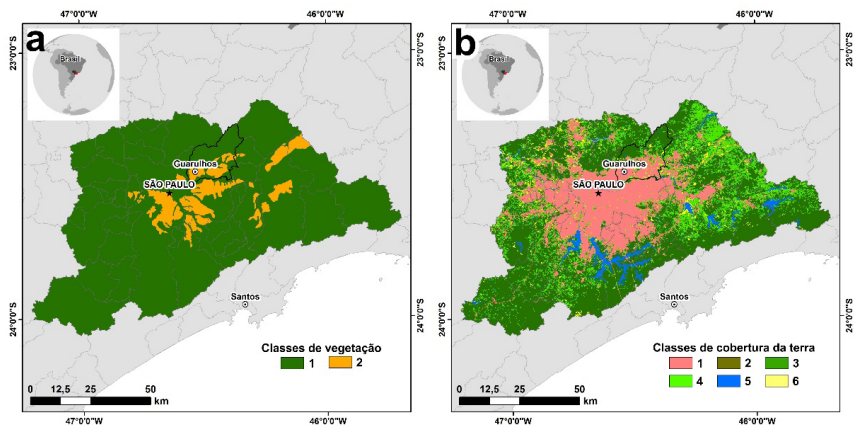


Figura 3.3 - (a) Mapa da Cobertura Vegetal Original da RMSP: 1 - Floresta Ombrófila Densa; 2 – Savana (Modificado de RADAM BRASIL, 1983) (Apêndice B). (b) Mapa da cobertura da terra: 1 - Área urbana; 2 - Área úmida; 3 - Veg. arbórea; 4 - Veg. arbustiva/herbácea; 5 - Água; 6 - Solo exposto, derivado do *Mapeamento Temático de Cobertura da Terra do Estado de São Paulo* da Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA, 2013), com base as imagens do satélite Landsat TM 5 do ano de 2010, na escala 1:100.000.

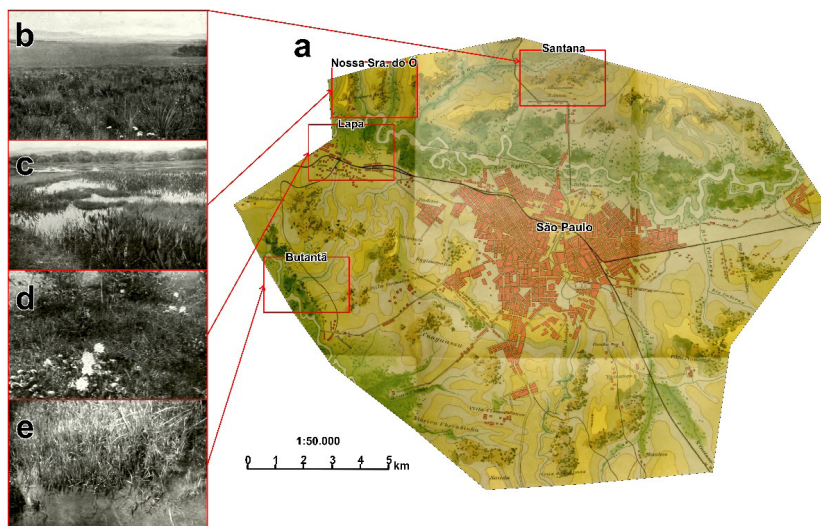


Figura 3.4 - (a) Mapa da grande São Paulo do final do século 19 e início do século 20 (Adaptado de Uster, 1911). (b) Campo Limpo ou Sujo, com espécies arbustivo-herbáceas incluindo a *Erigium paniculatum* na região de Santana. (c) Macrófitas aquáticas flutuantes, típica do Pantanal e de Cerrado encontradas na região da Lapa. (d) *Pontederia cordata* na região de Nossa Senhora do Ó, também encontrada em Caatinga (*stricto sensu*), Campo de Várzea, Campo Limpo, Cerrado (*lato sensu*), Floresta Ciliar ou Galeria, Restinga e Vegetação Aquática. (e) *Utricularia globulariaefolia* na região do Butantã, típica de campos úmidos do Cerrado, encontradas em fundos de vale (Apêndice C).

Performance do modelo e distribuição das áreas de predição de Cerrado

De modo geral, o modelo *MaxEnt* observou uma ótima performance, com ROC igual a 0,82 (SWETS, 1988; FIELDING; BELL, 1997; ELITH, 2002; ELITH et al., 2006), tendo suas seis primeiras variáveis (altimetria, amplitude térmica, temperatura média, litologia, precipitação e pedologia) com a maior porcentagem de contribuição para o modelo com cerca de 76%, com destaque para as camadas de altimetria, amplitude térmica e temperatura média com aproximadamente 14% cada. Sendo que as últimas nove variáveis contribuíram com apenas 24% (Tabela 3.2).

Nº	Variável	Contribuição %	Nº	Variável	Contribuição %
1	Altimetria	14,2	9	Dist. de estruturas geológicas	3,8
2	Amplitude térmica	13,8	10	NDVI	3,7
3	Temp. méd.	13,6	11	Idade mín. das rochas	1,9
4	Litologia	12,6	12	Declividade	1,8
5	Precipitação	11,3	13	Geomorfologia	1,4
6	Pedologia	10,3	14	Idade máx. das rochas	0,3
7	Temp. máx.	7,3	15	Idade méd. das rochas	0,1
8	Temp. mín.	3,9			

Tabela 3.2 - Variáveis selecionadas para a modelagem e suas respectivas porcentagens da contribuição (Apêndice G).

De acordo com o modelo, calcula-se que para toda a RMSP, haja cerca de 41.183 ha de áreas adequadas para a ocorrência de Cerrado divididas entre 39 municípios. De modo que os três primeiros: São Paulo (23.706 ha), Santana do Parnaíba (3.718 ha) e Guarulhos (3.400 ha) totalizam 30.824 há e os 10.358 ha restantes, divididos entre os outros 36 municípios (Figura 3.5 - b). É importante destacar que cerca de 42% das áreas preditas como para a ocorrência de Cerrado estão atualmente ocupadas por áreas construídas.

Yesson *et al.* (2012), observaram que altos valores de ROC de uma certa classe dentro de um determinado parâmetro ou variável, indica que esta tem maior relevância na participação dessa variável para a predição do modelo. Assim, na predição da ocorrência de Cerrado dentro da RMSP, as áreas com maior adequabilidade apareceram marcadas em tons de laranja e vermelho ($\geq 0,7$) na Figura 3.5 (a), distribuídas na porção centro-norte da RMSP. Associadas principalmente a domínios geomorfológicos de *Tabuleiros dissecados*, *Planícies fluviais ou flúvio-lacustres* e *montanhoso*, com altitudes que variam de 700 m a 1400 m onde predominam *argissolos* sobrepostos em sua maioria a rochas ígneas e *metamórficas* de idades pré-cambrianas com aproximadamente 600 milhões de anos. Ocorrendo ainda, em menor proporção, em *colinas amplas e suaves*, próximo a planícies

fluviais como a do rio Tietê na divisa entre os municípios de São Paulo e Guarulhos.

Para os aspectos climáticos, as faixas mais propícias para a ocorrência de Cerrado aparecem nos intervalos de 16°C-17°C para a amplitude térmica; 17°C-18,5°C para a *temperaturas média*, e; 21,5°C-23,5°C para a *temperaturas máxima*, com precipitação próxima de 1400 mm anuais. Análogo ao descrito por Oliveira-Filho e Ratter, (2002), que apontaram que o clima do domínio fitogeográfico do Cerrado possui uma temperatura média anual variando de 18° a 28° C, com chuvas de 800 a 2000mm, sendo que geralmente há estação seca bem acentuada durante o inverno (junho-Setembro).

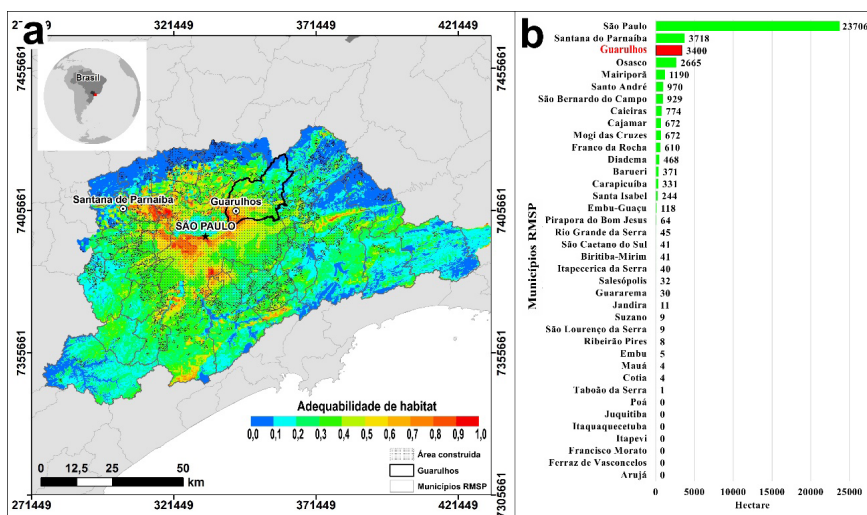


Figura 3.5 - Distribuição geográfica da adequabilidade de habitat de Cerrado (a) e respectivas áreas na RMSD (b) (Apêndice D).

Para Guarulhos, as áreas preditas como de melhor adequabilidade para a ocorrência de Cerrado ($\geq 0,7$) aparecem marcadas em verde, distribuídas nos setores norte, centro-oeste e sudoeste do município (Figura 3.5). No setor norte, áreas com 2 a 29 hectares ocorrem nos bairros do Cabuçu (n° 9) e Cabuçu de Cima (n° 10, Parque Estadual da Cantareira), descritas por Oliveira et al. (2009), como áreas sob o domínio de morros e serras íngremes ($>30\%$), com altitudes que variam de 900 a 1.200m, suportado por um substrato geológico destacado por terrenos Pré-Cambrianos representado na superfície por Cambissolos e Neossolos (Figura 3.6 - b e c). Na Figura 3.6 (d) a área predita dentro do bairro do Aeroporto aparece sobre um relevo plano sobrepostos a depósitos sedimentares da planície fluvial do rio Baquirivú-Guarçu (ANDRADE *et al.*, 2008; CAMPOS, 2011). Estas, por estarem em área militar, encontram-se relativamente protegidas.

Na Figura 3.6 (e), as áreas preditas nos bairros da Ponte Grande, Porto da Igreja e Várzea do Palácio, aparecem associadas a terrenos aluvionares da planície da inundação na bacia do rio Tietê com predominância de solos Glei (ANDRADE, 1999; ANDRADE *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2009; CAMPOS, 2011). É importante destacar que nessa região,

as áreas preditas encontram-se a sul da rodovia Ayrton Senna (SP-070, linha amarela na Figura 3.6 - e), dentro da Unidade de Conservação (UC) do Parque Estadual do Tietê (PET). Com exceção das áreas à norte dessa rodovia, que por estarem em terrenos externos ao PET correm o risco de desmatamento e ocupação.

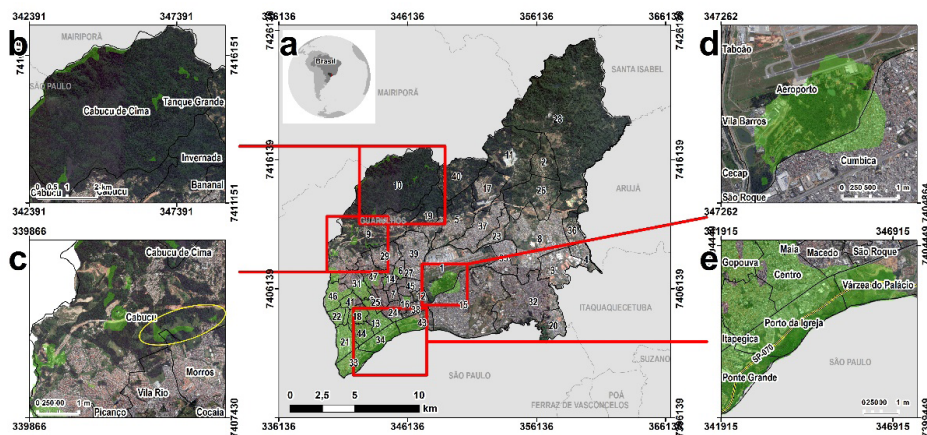


Figura 3.6 - Predição da distribuição geográfica da de adequabilidade de habitat para espécies de Cerrado em Guarulhos (Apêndice E).

Por último, as áreas marcadas em verde, preditas para os demais bairros de Guarulhos (n° 6, 13, 14, 15, 16, 18, 21, 22, 25, 31, 41, 44, 46, 47, na Figura 3.6 - a), aparecem cobertas atualmente por casas e prédios residenciais, comerciais e industriais.

Composição florística de espécies de Cerrado em Guarulhos-SP

As coletas *in situ* realizadas nas áreas preditas pelo modelo do MaxEnt, apresentaram, especialmente na região do Pico Pelado (círculo amarelo na Figura 3.6 - c), a presença de algumas espécies indicadoras de áreas de Cerrado (OLIVEIRA et al., 2020). Entre essas, destacam-se: i) *Dalbergia miscolobium* Benth, da família *Leguminosae*, que é uma árvore típica do bioma Cerrado (Figura 3.7 - a) (DURIGAN et al., 2004; NOVAES et al., 2013; FLORA DO BRASIL, 2017); ii) duas espécies da família *Malpighiaceae* que apesar de também ocorrerem em áreas de Floresta Atlântica, são mais comumente encontradas em áreas de Cerrado - *Byrsonima intermedia* A. Juss. (Figura 3.7 - b) e *Heteropterys umbellata* A. Juss. (Figura 3.7 - c), bem como; iii) *Psidium cattleianum* Sabine (família *Myrtaceae*) (Figura 3.7 - d), *Moquinastrium polymorphum* (Less.) G. Sancho (Figura 3.7 - e) e *Raulinoreitzia crenulata* (Spreng.) R.M.King e H.Rob. (Figura 3.7 - f), ambas da família *Asteraceae*. Essas três últimas, mesmo sendo encontradas em diferentes biomas, também são comuns em áreas de Cerrado (FLORA DO BRASIL, 2017).

Vale salientar que áreas de enclaves de Cerrado sob forte pressão antrópica, apresentam em sua composição florística, espécies característica como: i) *Convolvulus crenatifolius* Ruiz & Pav. - família *Convolvulaceae* (Figura 3.7 - g); ii) *Andropogon bicornis*

L. - família Poaceae; iii) *Croton lundianus* (Didr.) Müll.Arg. - família Euphorbiaceae; iv) *Inga sessilis* (Vell.) Mart. - família Leguminosae (Figura 3.7 - h), e; v) *Clibadium armani* (Balb.) Sch.Bip. ex O.E.Schulz (Figura 3.7 - i) e *Solidago chilensis* Meyen., da família Asteraceae (Figura 3.7 - j) (FLORA DO BRASIL, 2017).

Histórico de expansão e retração do Cerrado paulista

Para Ab'Sáber (1977; 1979; 1980), no estado de São Paulo expandiram-se primeiro as caatingas no Pleistoceno Superior; em segundo, a mudança do clima seco para tropical com duas estações, foi responsável pela chegada do cerrado a São Paulo (início do Holoceno, ~13.000 anos AP); que por fim, devido os climas tropicais de planalto, deram origem à reexpansão das florestas tropicais até os dias atuais. Desse modo, o mesmo autor, colocou que as manchas de cerrado encontradas atualmente no estado de São Paulo são decorrentes de retrações desse bioma que predominou entre 18.000 e 13.000 anos AP (Antes do Presente), que em linhas gerais se convencionou designar “Teoria dos Refúgios Florestais”.

Segundo Durigan et al. (2007), as ocorrências de Cerrado no Estado de São Paulo, são decorrentes das flutuações climáticas no Quaternário, que tiveram seu ápice em torno de 10.000 anos AP, em um período no qual o clima era mais frio e seco com predomínio do Cerrado aberto. Os autores, descreveram ainda, que no ano de 7.560 anos AP houve uma maior umidade, notada pelo avanço das florestas de galerias nos vales. Com retorno do período seco entre 7560 e 6000 anos AP, favorecendo a expansão do Cerrado. Contudo de 6000 a 2180 anos AP, os vales voltam a ser novamente cobertos por florestas semidecíduais, restando as regiões mais altas como “áreas relíquias” de Cerrado aberto. Os autores, apontaram ainda que esse quadro se alterou entre 2180 e 600 anos AP, com o aumento da umidade, o Cerrado aberto nas áreas mais elevadas se tornaram mais fechados. Sendo que após os 600 anos AP a floresta semidecídua veio paulatinamente se sobrepondo nessa região.

Entretanto, análises de isótopos de carbono, registros de pólen e estudos de isótopos de oxigênio em espeleotemas de cavernas, indicaram que no período do último máximo glacial o Brasil esteve sob influência de um clima de monção e que a região sudeste brasileira enfrentou períodos úmidos desde ~22.000 AP, e úmido e quente de ~15,600 até o presente (CRUZ et al. 2007; PESSENDA et al., 2009; RACZKA et al. 2012; MEYER et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2014).

Especula-se que durante as fases glaciais no Sudeste do Brasil predominavam florestas úmidas e que as ilhas de Cerrado encontradas hoje são espécies altamente resilientes e tolerantes às mudanças climáticas, representativas de um Cerrado muito antigo que existiu antes das fases glaciais.

Tal condição encontra respaldo em Novaes et al. (2013) que apontaram, por meio de filogeografia por amplificação e sequenciamento de dois marcadores moleculares: o intron do cloroplasto e o DNA ribossomal nuclear, que espécies endêmicas de Cerrado encontradas hoje como a *Dalbergia miscolobium* são espécies remanescentes do Plioceno e Pleistoceno.

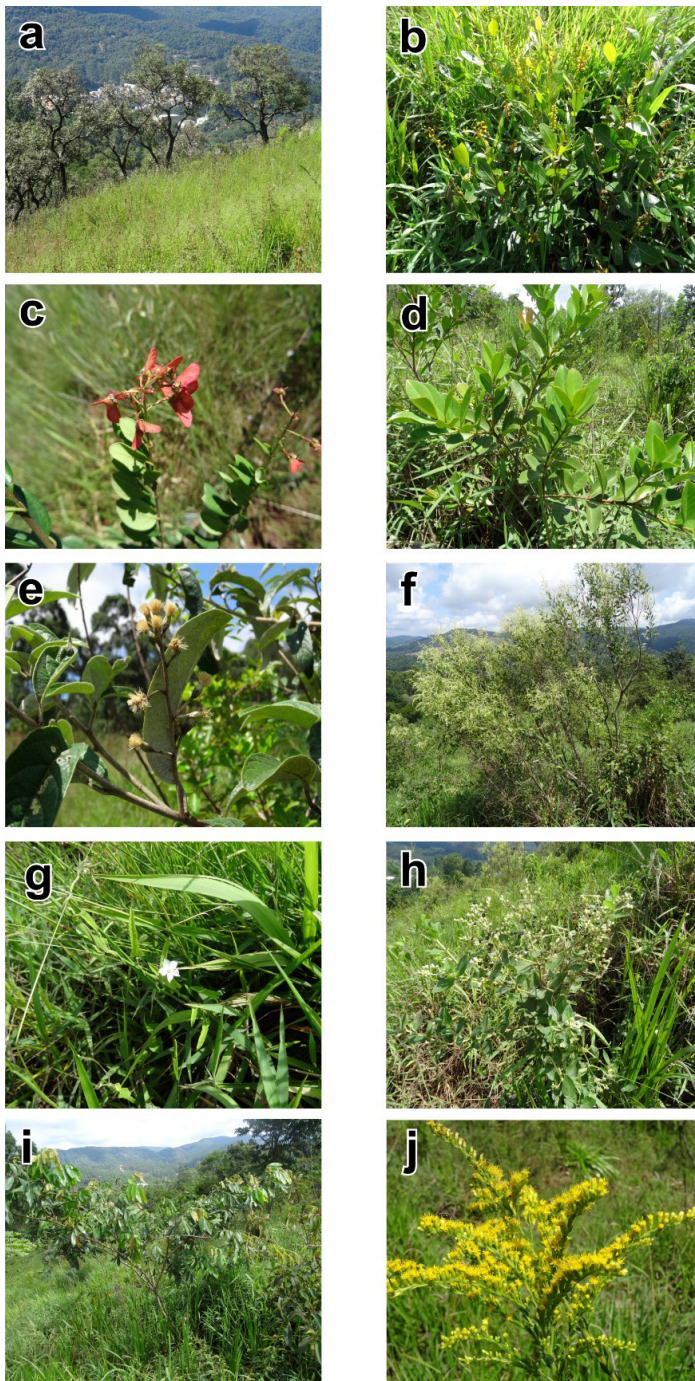


Figura 3.7 - Espécies de Cerrado encontradas na região do Pico Pelado (círculo amarelo na Figura 3.6 - c), Guarulhos-SP. (Apêndice F)

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo é o primeiro a apresentar a predição da distribuição de adequabilidade de Cerrado em especial, na Região Metropolitana de São Paulo e em Guarulhos. Neste último, a predição de adequabilidade na região do Pico Pelado foi corroborada *in situ* com a ocorrência de espécies típicas de Cerrado como: *Dalbergia miscolobium* Benth; *Byrsonima intermedia* A. Juss. e *Heteropterys umbellata* A. Juss, sugerindo que esta área seja um testemunho espécies remanescentes do Plioceno e Pleistoceno.

A comprovação *in situ* de espécies típicas de Cerrado, revelou que o algoritmo de Máxima Entropia possui grande capacidade de previsão desse tipo de bioma em zonas de transição. Entretanto, para a formulação de modelos ainda mais assertivos e realização de levantamentos florísticos mais precisos, há a necessidade de dados geoambientais com maior resolução espacial (*i.e.* pedológico, geológico, entre outros com escalas de detalhe).

Por fim, a metodologia aqui apresentada, possui grande potencial em subsidiar informações estratégicas para a implementação de unidades de conservação e/ou áreas de preservação desse bioma.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro durante a pesquisa, ao Grupo SER Educacional pela infraestrutura proporcionada, ao Programa de Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos (UNG) e ao Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos (Lab. GEOPRO-UNG).

REFERÊNCIAS

AB' SÁBER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, São Paulo, IG-USP, nº 3, 1977.

AB' SÁBER, A. N. Os mecanismos de desintegração das paisagens tropicais no Pleistoceno. **Inter-Fácies Escritos e Documentos**. São José do Rio Preto: IBILCE - UNESP, nº 4, 1979.

AB' SÁBER, A. N. Razões da retomada parcial de semi-aridez holocênica, por ocasião do "ótimum climaticum". **Inter-Fácies Escritos e Documentos**. São José do Rio Preto: IBILCE – UNESP, nº 6, 1980.

AB'SABER, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 6ª edição. São Paulo: Ateliê Editorial. 2003.

ANDRADE, Marcio Roberto M. de. **Cartografia de aptidão para assentamento urbano do município de Guarulhos-SP**. 1999. 154 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras, Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999.

ANDRADE, M. R. M.; OLIVEIRA, A.M.S.; QUEIROZ, W.; SATO, S.E.; BARROS, E.J.; BRAGATTINI, G. & ALEIXO, A.A. 2008. Aspectos fisiográficos da paisagem guarulhense. In: Omar, E.E.H. (org.) **Guarulhos tem História: Questões sobre a História natural, social e cultural**. São Paulo: Ananda, 25-37.

ARAÚJO, M.B.; GUISAN, A. Five (or so) challenges for species distribution modelling. **Journal of Biogeography**. v. 33, n. 10, p. 1677–1688. 2006. Doi:10.1111/j.1365-2699.2006.01584.x.

ATLAS SINBIOTA 2.1. **Sistema de Informação Ambiental do Programa Biota/Fapesp**. 2009. Vegetação Original e Vegetação Atual. Disponível em: <<http://sinbiota.biota.org.br/atlas/>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

BAITELLO, J. B.; AGUIAR, O. T.; PASTORE, J. A.; ARZOLLA, F. A. R. D. P. Parque Estadual do Juquery: Refúgio de Cerrado no Domínio Atlântico. **IF Série Registros**, v. 50, p. 1-46, 2013.

BLANCO, M.A.; WHITTEN, W.M.; PENNEYS, D.S.; WILLIAMS, N.H.; NEUBIG, K.M.; ENDARA, L. 2006. A simple and safe method for rapid drying of plant specimens using forced-air space heaters. **Selbyana**, v. 27, n. 1, p. 83-87.

BRIDSON D; FORMAN L. 1992. **The Herbarium Handbook**. Richmond, Royal Botanic Gardens. 334 p.

CAMPOS, D. C. 2011. **Inundações: Problemas ou Fenômenos Naturais? A Ocupação das Várzeas dos Principais Rios no Alto Tietê e a Reprodução deste Modelo Urbano na Bacia do Rio Baquirivú Guaçu, Guarulhos, SP**. 224 p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) Universidade Guarulhos. Disponível em: <<http://tede.ung.br/handle/123456789/136>> Acesso: 18 Out. 2015.

COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL (CPLA). **Mapa de Cobertura da Terra do Estado de São Paulo - Mapeamento Temático de Cobertura da Terra do Estado de São Paulo**, 2013, com base em imagens do satélite Landsat TM 5 do ano de 2010, na escala 1:100.000. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/cessao-de-dados/>>. Acesso em: 27 Jun. 2016.

CRUZ, F.W.; BURNS, S.J.; JERCINOVIC, M.; KARMANN, I.; SHARP, W.D. & VUILLE, M. Evidence of rainfall variations in Southern Brazil from trace element ratios (Mg/Ca and Sr/Ca) in a Late Pleistocene stalagmite. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 71, p. 2250-2263. 2007.

DURIGAN, G.; BAITELLO, J.B.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F. 2004. **Plantas do Cerrado Paulista: Imagens de uma paisagem ameaçada**. São Paulo Páginas & Letras Editora e Gráfica, 476 p.

ELITH, J.; BURGMAN, M. A. 2002. Predictions and their validation: rare plants in the Central Highlands, Victoria, Australia. In: SCOTT, J. M. et al. (eds), **Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale**. Island Press, p. 303-314.

ELITH, J.; GRAHAM, C.H.; NCEAS Modelling Group. Novel methods improve prediction of species? Distributions from occurrence data. **Ecography**, Copenhagen, v.29, n. 2, p. 129-151, Apr. 2006. Disponível em: <<http://rob.schapire.net/papers/nceas.pdf>>. Acesso em: 01 Set. 2016.

ELITH, J.; PHILLIPS, S.J.; HASTIE, T.; DUDÍK, M.; CHEE, Y.E.; YATES, C.J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. **Diversity and Distributions**. v. 17, n. 1, p. 43–57. 2011. Doi:10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Informações obtidas do site da EMBRAPA**. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em: 01 Jul. 2016.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S/A (EMPLASA). **Informações obtidas do site da EMBRAPA**. Disponível em: <<https://www.emplasa.sp.gov.br/RMSP>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

- FIELDING, A.H., BELL, J.F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence / absence models. **Environmental Conservation**. v. 24, n. 1, p. 38–49. 1997. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/referata/arq/14.Camilo/fielding_Bell_1997.pdf>. Acesso em: 01 Ago. 2016.
- FLORA BRASIL. **Informações obtidas do site do Flora Brasil**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 23 Jan. 2017.
- HIJMANS, R.J., S.E. CAMERON, J.L. PARRA, P.G. JONES; A. JARVIS. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, p. 1965-1978, 2005.
- IACOVINI, R. F. G. **Rodoanel Mario Covas: Actors, Arenas and Processes**. 2013. 218 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, 2013.
- IBGE; EMBRAPA. **Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001 - Escala 1:5.000.000. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 23 Mai. 2016.
- KOTTEK, M. ET AL. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 15, No. 3, p. 259-263, 2006.
- KRONKA, F.J.N.; et AL. Áreas de domínio do Cerrado no Estado de São Paulo, Brasil. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1998. 84p. ISBN 85-86624-04-7.
- LORENZI, H. 2000. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3ª ed. Nova Odessa, SP, Intituto Plantarum. 512p.
- MEYER, K. E. B.; CASSINO, R. F.; LORENTE, F. L.; RACZKA, M.; PARIZZI, M. G. **Paleoclima e Paleoambiente do Cerrado Durante o Quaternário com base em análises Palinológicas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014, 403-419p. ISBN 978-85-7193-343-9.
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 17 Abr. 2016.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, V. 403, P. 853-858, 2000.
- NOVAES, R. M. L.; RIBEIRO, R. A.; LEMOS-FILHO, J. P.; LOVATO, M. B. Concordance between Phylogeographical and Biogeographical Patterns in the Brazilian Cerrado: Diversification of the Endemic Tree *Dalbergia miscolobium* (Fabaceae). **PLOS ONE**, 8(12): e82198, 2013. doi: 10.1371/journal.pone.0082198
- OLIVEIRA, M. V. M.; OLIVEIRA, A. M. S.; GONZAGA, A. F. N.; OLIVEIRA, P. E.; FERREIRA, A. T. S. Recognizing Brazilian Cerrado Enclaves by Modeling Geoenvironmental Parameters. **Journal of Geographic Information System**, v. 12, p. 125-140, 2020.
- OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, M. R. M.; SATO, S. E.; QUEIROZ, W. **Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos**. Relatório FAPESP - Processo 05/57965-1 - Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos, 178 pp. 2009.
- OLIVEIRA, A. M. S.; TAKIYA, H.; FATIGATI, F. L.; ANDRADE, M. R. M.; SATO, S. E.; QUEIROZ, W. A aplicação de mapa termal na elaboração de políticas públicas para a gestão ambiental na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo. **Anais... 70 Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental**. Maringá (PR), ABGE: São Paulo. CD Room. 10p, 2010.

- OLIVEIRA FILHO, A.T., & RATTER, J. A. 2002. Vegetation physiognomies and woddy flora of the Cerrado Biome. In: **The Cerrados of Brazil - Ecology and natural history of neotropical savanna**. (P.S. Oliveira & R. J. Marquis, orgs) Columbia University Press, New York, p.91-120.
- OLIVEIRA, J. B. de; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas: Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 64 p.
- OLIVEIRA, P. E.; GARCIA, M. J.; MEDEIROS, V. B.; PESSEDA, L. C. R.; SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; SANTOS, R. A.; SIQUEIRA, E.; FERNANDES, R. S. Paleoclimas e paleovegetação do Quaternário no Estado de São Paulo, Brasil. In: **Paleontologia: cenários da vida - paleoclimas**[S.l: s.n.], v. 5. p. 638 , 2014.
- PESSEDA, R. L.C.; OLIVEIRA, P.E.; MOFATTO, M.; MEDEIROS, V.B.; GARCIA, R.J. F.; ARAVENA, R.; BENDASSOLI, J.A.; LEITE, A. ZUNIGA.; SAAD, A.R.; ETCHEBEHERE, M. L. The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 14C yr BP based on carbon isotopes and pollen records. **Quaternary Research**, 71(3), pp. 437–452. 2009. Doi: 10.1016/j.yqres.2009.01.008.
- PHILLIPS, S.J.; ANDERSON, R.P.; SCHAPIRE, R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**. v. 190, n. 3-4, p. 231-259. 2006. Doi:10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026.
- PHILLIPS, S.J.; AVENUE, P.; PARK, F. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. **Proceedings...** Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, p. 655–662. 2004. Disponível em: < https://www.cs.princeton.edu/~schapire/papers/maxent_icml.pdf >. Acesso em: 01 Ago. 2016.
- PHILLIPS, S.J.; DUDÍK, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**. v. 31, n. 2, p. 161–175. 2008. Doi:10.1111/j.2007.09067590.05203.x.
- PHILLIPS, S.J.; DUDÍK, M.; ELITH, J.; GRAHAM, C.H.; LEHMANN, A.; LEATHWICK, J.; FERRIER, S. Sample selection bias and presence-only distribution models: Implications for background and pseudo-absence data. **Ecological Applications**. v.19, n. 1, 181-197. 2009. Doi:10.1890/072153.1.
- PIMENTEL, R. G. **Influência de fatores biogeográficos sobre a sensibilidade das espécies de aves à fragmentação do habitat**. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Mestrado em Ciências na Área de Ecologia. Faculdade de Ecologia, Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, 2009.
- RACZKA, M.F.; DE OLIVEIRA, P.E.; BUSH, M. & MCMICHAEL, C.H. Two paleoecological histories spanning the period of human settlement in southeastern Brazil. **Journal of Quaternary Science**, v. 28, p.144-151. 2012. Doi: 10.1002/jqs.2597.
- RADAMBRASIL. **Projeto. Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra**. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL. 1983. 780p.
- RATTER, J. A; RIBEIRO, J.F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, p. 223-230, 1997.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma do Cerrado: os biomas do Brasil. In: **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF, 1998. p.89-116.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Informações obtidas do site da CPRM**. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 01 Jul. 2016.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Informações referentes ao Mapa geológico do estado de São Paulo, escala 1:750.000**. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 12 Jul. 2016.

SPECIESLINK - SISTEMA DE INFORMAÇÃO DISTRIBUÍDO PARA COLEÇÕES CIENTÍFICAS. **Informações obtidas do site da SpeciesLink**. Disponível em: <<http://splink.cria.org.br/>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

STRASSBURG, B. B. N.; LATAWIEC, A.; BALMFORD, A. 2016. Brazil: Urgent action on Cerrado extinctions. **Nature Ecol. Evol.** v. 540, n. 7632, p. 199-199. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/540199a>>. Acesso em: 27 Dez. 2016.

SWETS, J.A. Measuring the accuracy of diagnostic systems. **Science**, v. 240, n. 4859, p. 1285–1293. 1988. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1701052>>. Acesso em: 11 Set. 2016.

THIERS B. 2014. **Index Herbariorum. A global directory of public herbaria and associated staff**. Disponível em: <<http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum>>. Acesso em: 18 Jan 2017.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). MODIS Re-projection Tools (MRTWEB). **Informações obtidas do site da USGS**. Disponível em: <<https://mrtweb.cr.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE: PROJETO RADAMBRASIL, 1991. 112 p.

WORDCLIM – GLOBAL CLIMATE DATA. **Informações obtidas do site do WORDCLIM**. Disponível em: <<http://www.worldclim.org/>>. Acesso em: 01 Jul. 2016.

YESSON, C., TAYLOR, M.L., TITTENSOR, D.P., DAVIES, A.J., GUINOTTE, J., BACO, A., BLACK, J., HALL-SPENCER, J.M., ROGERS, A.D. Global habitat suitability of cold-water octocorals. **Journal of Biogeography**. v. 39, n. 7, p. 1278–1292. 2012. Doi:10.1111/j.1365-2699.2011.02681.x.

CONCLUSÃO FINAL

A utilização de programas como o MaxENT se mostrou muito promissor ao criar modelos que apontaram áreas confirmadas *in situ* como típicas do Cerrado, inclusive possibilitando a identificação de espécies não coletadas em nenhum dos acervos dos herbários que receberam coletas de Guarulhos. Comprovando desta forma a eficiência do modelo em áreas ecótonas e a necessidade de novos levantamentos florísticos dentro do município.

Essas evidências encontradas também foram relacionadas com as expansões e contrações do cerrado no quaternário, sendo testemunhos do presente das grandes flutuações climáticas que ocorreram no passado, permitindo novas pesquisas que possibilitam a reconstrução deste quadro de mudanças climáticas do planeta Terra.

No entanto mesmo diante destes resultados, ainda a necessidade de se utilizar dados geoambientais com maior resolução espacial é imprescindível, visto que isso afeta a capacidade do programa efetuar discriminações o que permitirá, ao mesmo, gerar modelos com maior precisão, sendo o dado de solo um fator limitante desta modelagem. Trabalhos realizado em Minas Gerais apontaram o solo como um dos principais fatores responsável pela ocorrência de Cerrado, sendo um trabalho conclusivo que relacionou o oligotrofismo distrófico do cerrado a questões edáficas, não foram realizados em outras regiões como São Paulo, sendo um dado primordial para melhor compreensão da ocorrência do Cerrado nos Domínios da Mata Atlântica.

Os dados climáticos foram secundários diante dos dados ambientais, apontados pelo algoritmo MaxENT, revelando aspectos do relevo com principais responsáveis por tal mosaico fitofisionômico e florístico, criando um nicho ecológico potencial favorável às espécies do cerrado. O aspecto da presença do fogo também é algo que deva ser analisado com mais cautela, visto que tanto no Parque Juquery como no Pico pelado, foram identificados registros de ocorrências de fogo o que afeta diretamente essa dinâmica ecológica na região.

Analisando os resultados obtidos em campo, foi possível observar que as indicações de áreas pelo programa MaxEnt são promissoras não apenas para a identificação da ocorrência mas como na determinação de locais mais promissor para conservação.

Foram identificadas 10 espécies típicas do Cerrado e uma fitofisionomia de Savana caracterizada como Cerrado Típico. No entanto a ação antrópica também se torna evidente pela presença de braquiárias e pela supressão de espécies como o *Erigerium* sp.

Tanto o Pico pelado, como a áreas do recreio São Jorge e da Ponte Alta, se revelaram áreas potenciais de preservação, por possuírem o Nicho ecológico potencial adequado e por possuírem espécies típicas do Bioma Cerrado, necessitando neste momento do interesse do poder público e particular para implementação de tais unidades de conservação.

O contexto urbano possui inúmeros fatores de supressão da mata nativa, o que dificulta as pesquisas nestes centros urbanos, e a devastação da natureza acelera de forma exponencial como vemos o impacto causado pelas obras do Rodoanel trecho norte. Mesmo assim é possível a identificação de áreas neste contexto e buscar subsídios para sua conservação.

As análises das características do meio físico, como a geomorfologias, solo,

hidrografia, geologia, apresentam os condicionantes que nos permitem compreender o desenvolvimento da cobertura vegetal de Cerrado em meio ao domínio atlântico, e a delimitação de áreas para implementação de unidades de conservação com maior probabilidade de sucesso na preservação desta biodiversidade.

A busca por novas evidências dos refúgios de Cerrado, pode nos possibilitar recriarmos o quadro de ocupação no Estado de São Paulo, desta forma possibilitando encontrar respostas para este complexo sistema de relações entre o meio físico e o Biótico na determinação da paisagem.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. A. Do Pátio do Colégio ao Planalto Paulistano: Problemas Geomorfológicos emergentes do sítio Metropolitano. In: ABAS, ABGE, SBG/SP. **Problemas Geológicos e Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo, Sessão 1, cap. 3, p. 47-54. 8 de abril de 1992.
- AB'SABER, A. N. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. In: **Geomorfologia 18**, São Paulo, IGEOG – USP. 1969.
- _____. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, São Paulo, IG-USP, nº 3, 1977.
- _____. Os mecanismos de desintegração das paisagens tropicais no Pleistoceno. **Inter-Fácies Escritos e Documentos**. São José do Rio Preto: IBILCE - UNESP, nº 4, 1979.
- _____. Razões da retomada parcial de semi-aridez holocênica, por ocasião do “ótimum climaticum”. **Inter-Fácies Escritos e Documentos**. São José do Rio Preto: IBILCE – UNESP, nº 6, 1980.
- _____. **Os Domínios de Natureza no Brasil**. Editora Ateliê. 2003
- _____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 6ª edição. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ANDRADE, M. R. M. et al. Guarulhos Tem História. In: OMAR E. E. H. São Paulo: Ananda Gráfica e Editora, 2008.
- AZEVEDO, N. A. et al. **Guarulhos Espaço de Muitos Povos**. São Paulo: Nova América, 2007.
- BAITELLO, J.B. et al. **Parque Estadual do Juquery**: Refugio de Cerrado no domínio Atlântico. IF - Série Registros, Instituto Florestal, São Paulo-SP, n. 50 p. 1-46. mar. 2013.
- BATALHA, M. A. **O cerrado não é um bioma**. São Carlos-SP. BiotaNeotropica. Vol. 11, n. 1. 2011.
- BRIDSON, D. FORMAN, L. **The Herbarium Handbook**. Royal Botanic Gardens, Richmond, 1992. 346 p.
- CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. T. Compartimentação morfoedológica e sua aplicação: Considerações metodológicas. São Paulo. **Revista Ge USP**. 2000.
- COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. **Revista Brasil. Bot.**, São Paulo: Instituto de Biociências Bot. 1:17-23 (1978).
- _____. **O Conceito de Bioma**. Acta bot. bras. 20(1): 13-23. 2006.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (Coord.). **Cerrado**: Caracterização, Ocupação e Perspectivas. 2. ed. Brasília: Unb/Semantec, 1994. p. 9-65.
- _____. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v. 38, 1972, p. 201-341.
- ERICO, F. L. et al. Florística e fitossociologia dos estratos arbustivo e arbóreo de um remanescente de cerrado em uma Unidade de Conservação do Estado de São Paulo. **Revista Brasil. Bot.**, v. 27, n. 3, p. 533-544, jul.-set. 2004.

- FELFILI, J. M. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 175: 37-46. 2004.
- FOLHAS SF 23/24. Rio de Janeiro/Vitória, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra; Projeto RADAMBRASIL – Rio de Janeiro, 1983 730 p. 6 mapas (Levantamento de Recursos Naturais, 32)
- JAYNES. E.T. Information Theory and Statistical Mechanics. **The Physical Review**, v.106, n. 4, 620-630 mai, 1957.
- KRONKA, F. J. N.; et al. Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo, Brasil. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1998. 84 p. ISBN 85-86624-04-7
- LIMA-RIBEIRO, M. S. Modelando a distribuição geográfica das espécies no passado: uma abordagem promissora em paleoecologia. **Rev. Bras. Paleontol.** 15(3): p.371-385, Setembro/Dezembro, 2012.
- MEDEIROS, J. D. **Guia de Campo**: Vegetação do Cerrado 500 espécies. Brasília: MMA/SBF, 2011.
- MOTTA, P. E. F. et al. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 869-878, jun. 2002.
- MYERS, N. et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858.
- NETO, J. P. Q. Solos da região dos cerrados e suas interpretações. **Revista brasileira de ciência do solo**. Campinas-SP, n. 1, v. 6, p. 4. jan/abr.1982.
- OLIVEIRA, M. V. M.; OLIVEIRA, A. M. S.; GONZAGA, A. F. N.; OLIVEIRA, P. E.; FERREIRA, A. T. S. Recognizing Brazilian Cerrado Enclaves by Modeling Geoenvironmental Parameters. *Journal of Geographic Information System*, v. 12, p. 125-140, 2020.
- OLIVEIRA, M. V. M.; QUEIROZ, W; OLIVEIRA, A. M. S.; DUARTE, R. C. **Utilização de mapas geoprocessados para identificação de áreas de cerrado no município de Guarulhos-SP**. Simpósio de Restauração Ecológica. 2015.
- OLIVEIRA, A. M. S. et al. **Bases Geoambientais para um sistema de informações Ambientais do Município de Guarulhos-SP**. Relatório do Processo FAPESP:05/57965-1. 179 p. jun/2009.
- PHILLIPS, S. J. et al. **Maximum entropy modeling of species geographic distributions**. *Ecological Modelling*: p. 231-259. jul, 2005.
- PROJETO BIOTA 2.1. Disponível em: <http://www.biota.org.br/?page_id=3185>. Acesso em: 7 set. 2013.
- RATTER, J. A; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, p. 223-230, 1997.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 2007.
- RUGGIERO, P. G. C. et al. Relação entre solo, vegetação e topografia em área de cerrado (Parque Estadual de Vassununga, SP): como se expressa em mapeamentos? São Paulo. **Acta bot. bras.** V. 20(2) p. 383-394. 2006.

SALOMÃO, F. X. T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP)** – regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. USP-FFLCH – DG. Tese de doutorado. São Paulo. 1994.

SANO, S. M; ALMEIDA, S. P; RIBEIRO. J. F. Cerrado: Ecologia e Flora. Brasília, DF. Embrapa Informações Tecnológicas, 2008.

SANTOS, K; KINOSHITA, L. S. Flora Arbustiva-Arbórea do Fragmento de floresta Estacional Semidecidual do Ribeirão Cachoeira, Município de Campinas, SP. **Acta bot. bras.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/abb>>. Acesso em: out. 2013.

TANNUS, J. L. S.; ASSIS, M. A. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina-SP, Brasil. **Revista Brasil Bot.**, v. 27, n. 3, p. 489-506, jul.-set. 2004.

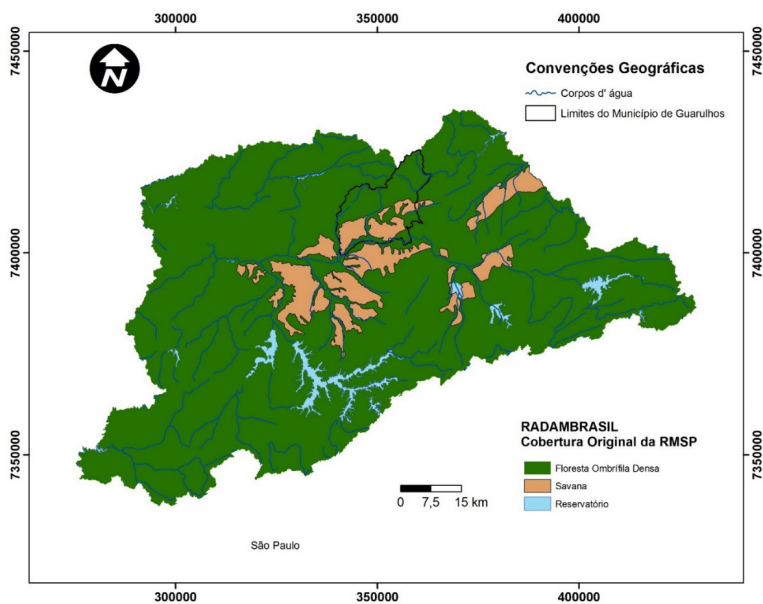
WWF. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br/>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A - ESPÉCIES DE CERRADO EM GUARULHOS DO SPECIESLINK

Família	Nome Científico
1-Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i>
2-Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis campestris</i>
3-Melastomataceae	<i>Cambessedesia espora</i>
4-Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i>
5-Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i>
6-Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatus</i>
7-Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i>
8-Rutaceae	<i>Esenbeckia grandiflora</i>
9-Myrtaceae	<i>Eugenia bimarginata</i>
10-Myrtaceae	<i>Guarea guidonia</i>
11-Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i>
12-Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i>
13-Melastomataceae	<i>Miconia stenostachya</i>
14-Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i>
15-Myrsinaceae	<i>Myrsine gardneriana</i>
16-Rubiaceae	<i>Palicourea marcgravii</i>
17-Peraceae	<i>Pera glabrata</i>
18-Verbenaceae	<i>Petrea volubilis</i>
19-Piperaceae	<i>Piper umbellatum</i>
20-Rubiaceae	<i>Psychotria carthagenensis</i>
21-Rubiaceae	<i>Sabicea brasiliensis</i>
22-Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i>
23-Fabaceae	<i>Senna macranthera</i>
24-Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>
25-Melastomataceae	<i>Trembleya phlogiformis</i>
26-Vochysiaceae	<i>Vochysia tucanorum</i>
27-Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>
28-Leguminosae	<i>Machaerium acutifolium</i>
29-Vochysiaceae	<i>Vochysia rufa</i>

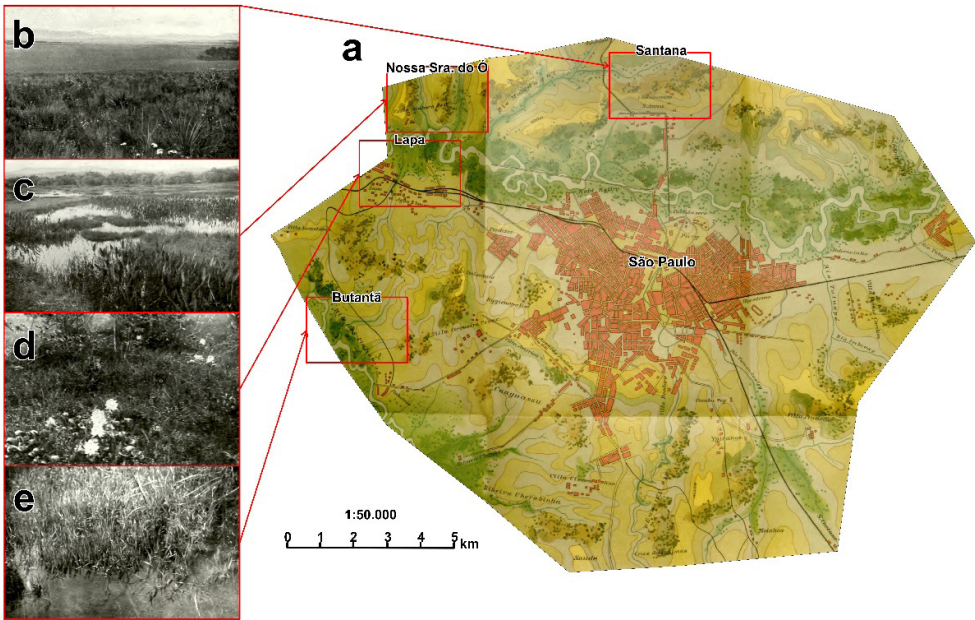
APÊNDICE B



(a) Mapa da Cobertura Vegetal Original da RMSP: 1 - Floresta Ombrífila Densa; 2 – Savana.

Fonte: Modificado de RADAM BRASIL, 1983.

APÊNDICE C



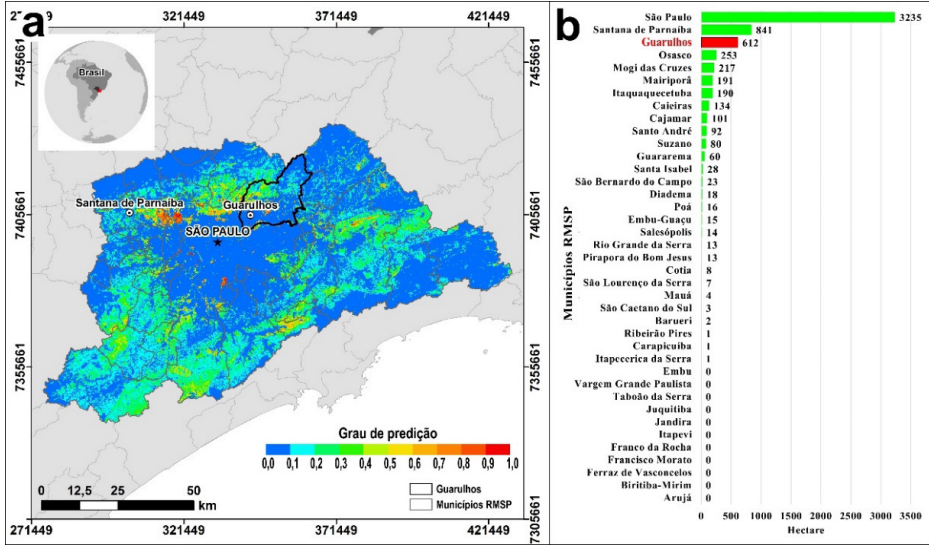
(a) Mapa da grande São Paulo do final do século 19 e início do século 20.

Fonte: Adaptado de Uster, 1911.

(b) Campo Limpo ou Sujo, com espécies arbustivo-herbáceas incluindo a *Erigium paniculatum* na região de Santana. (c) Macrófitas aquáticas flutuantes, típica do Pantanal e de Cerrado encontradas na região da Lapa. (d) *Pontederia cordata* na região de Nossa Senhora do Ó, também encontrada em Caatinga (*stricto sensu*), Campo de Várzea, Campo Limpo, Cerrado (*lato sensu*), Floresta Ciliar ou Galeria, Restinga e Vegetação Aquática. (e) *Utricularia globulariaefolia* na região do Butantã, típica de campos úmidos do Cerrado, encontradas em fundos de vale.

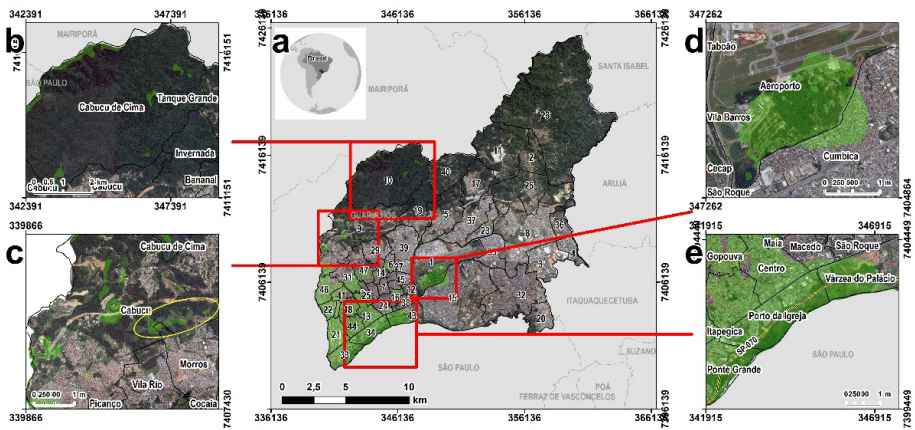
Fonte: Adaptado de Uster, 1911.

APÊNDICE D



Predição da distribuição geográfica (a) e das áreas (b) de espécies de cerrado na RMSP.

APÊNDICE E



Predição da distribuição geográfica da de adequabilidade de habitat para espécies de Cerrado em Guarulhos.

APÊNDICE F - CHECKLIST



Figura 1 - Família: Malpighiaceae; Espécie: *Heteropterys umbellata* A. Juss
Bioma: Cerrado/Mata Atlântica. Fitofisionomia: Cerrado sensu lato e Afloramento rochosos

Fonte: o autor.



Figura 2 - Família: Malpighiaceae; Espécies: *Byrsonima intermedia* A. Juss.
Bioma: Amazônia/Cerrado/Pantanal/Mata Atlântica. Fitofisionomia: Cerrado sensu lato

Fonte: o autor.



Figura 3 - Família: Leguminosae: Espécie: *Inga sessilis* (Vell.) Mart.

Bioma: Amazônia/Cerrado/Mata Atlântica.

Fitofisionomia: Área Antrópica, Campo Rupestre, Cerrado (lato sensu), Floresta Estacional

Fonte: o autor.



Figura 4 - Família: Asteraceae: Espécie: *Clibadium armani* (Balb.) Sch.Bip. ex O.E.Schulz

Bioma: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal

Fitofisionomia: Área Antrópica, Campo de Várzea, Campo Limpo

Fonte: o autor.



Figura 5 - Família: Asteraceae:

Espécie: *Raulinoreitzia crenulata* (Spreng.) R.M.King & H.Rob.

Bioma: Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal

Fitofisionomia: Vários incluindo área antrópica

Fonte: o autor.



Figura 6 - Família: Convolvulaceae: Espécie: *Convolvulus crenatifolius* Ruiz & Pav.

Bioma: Cerrado, Mata Atlântica, Pampa

Fitofisionomia: Área Antrópica, Campo de Altitude, Campo Limpo, Cerrado (lato sensu)

Fonte: o autor.



Figura 7 - Família: Leguminosae: Espécie: *Dalbergia miscolobium* Benth.

Bioma: Cerrado

Fitofisionomia: Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual

Fonte: o autor.



Figura 8 - Família: Asteraceae: Espécie: *Solidago chilensis* Meyen.

Bioma: Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa

Fitofisionomia: Área antrópica

Fonte: o autor.



Figura 9 - Família: Asteraceae: Espécie: *Moquiniastrum polymorphum* (Less.) G. Sancho

Bioma: Cerrado/Mata Atlântica

Fitofisionomia: Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Ombrófila

Fonte: o autor.



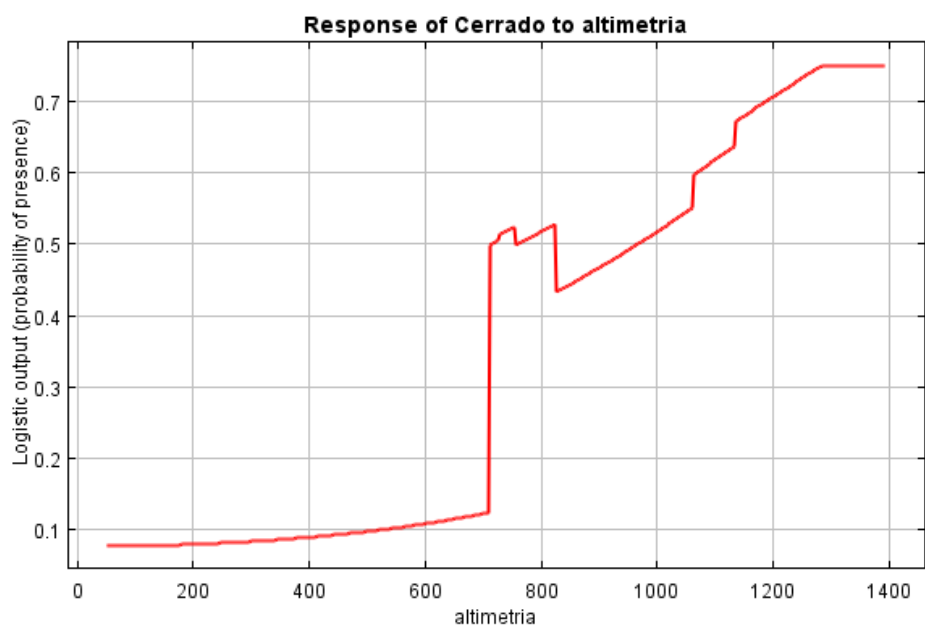
Figura 10 - Família: Myrtaceae: Espécie: *Psidium cattleianum* Sabine

Bioma: Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

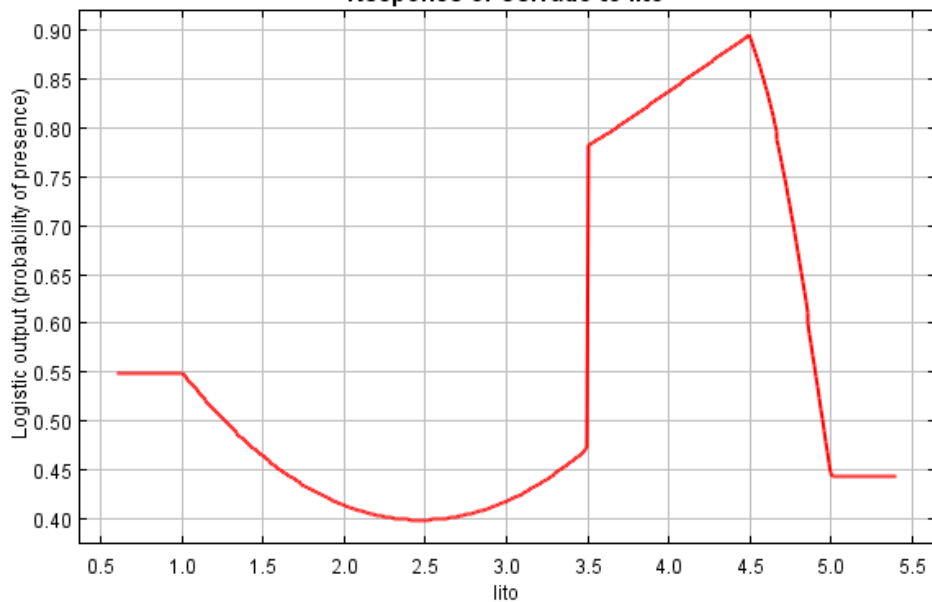
Fitofisionomia: Cerrado (lato sensu), Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista, Restinga

Fonte: o autor.

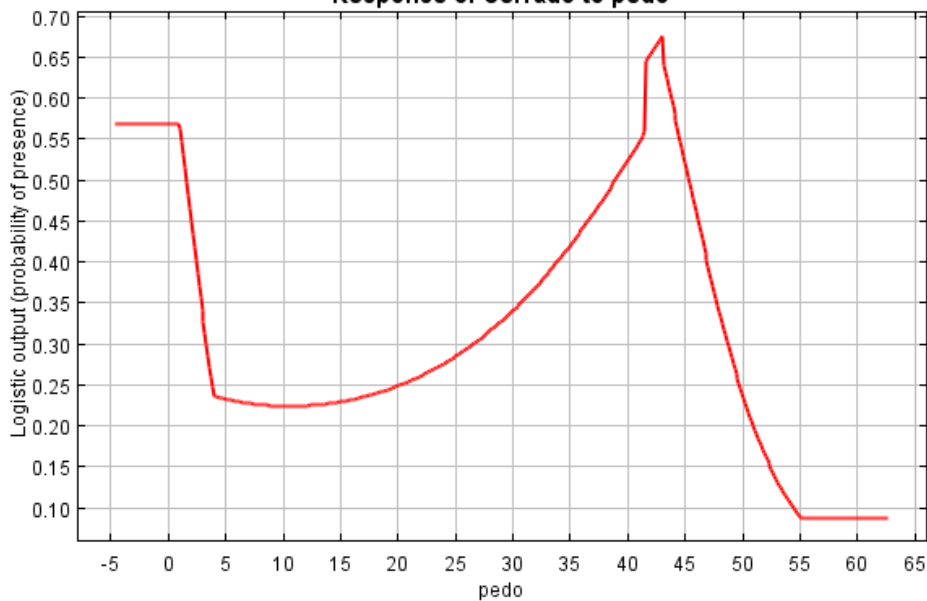
APÊNDICE G – GRÁFICOS MAXENT



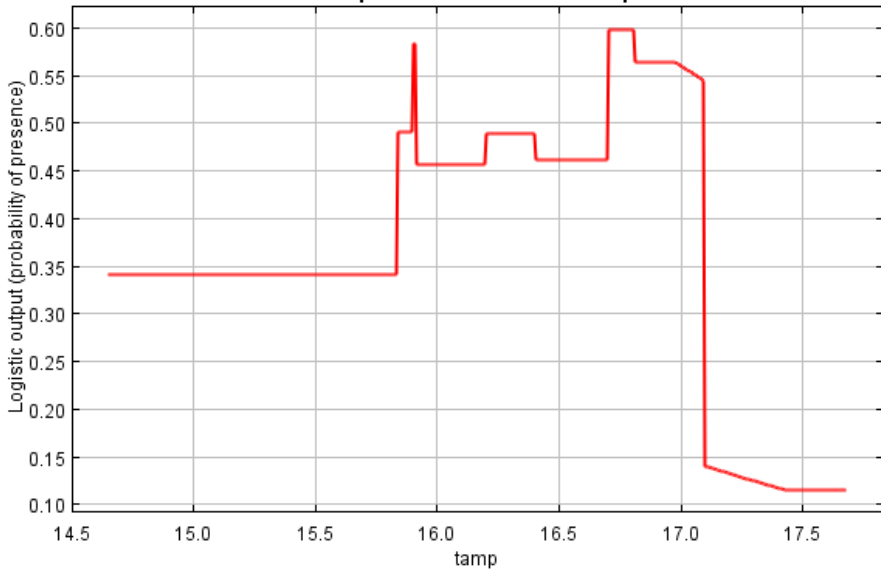
Response of Cerrado to lito



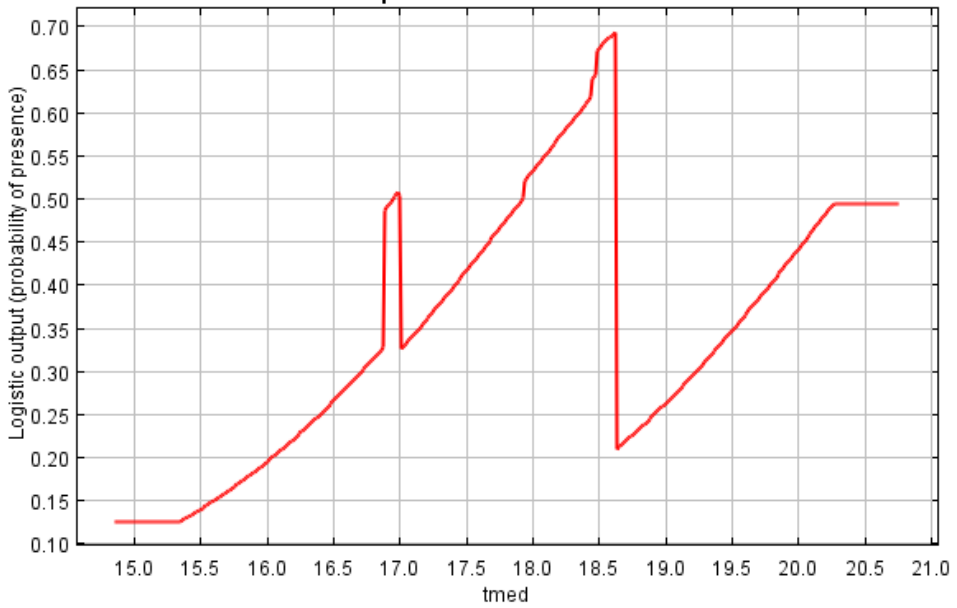
Response of Cerrado to pedo



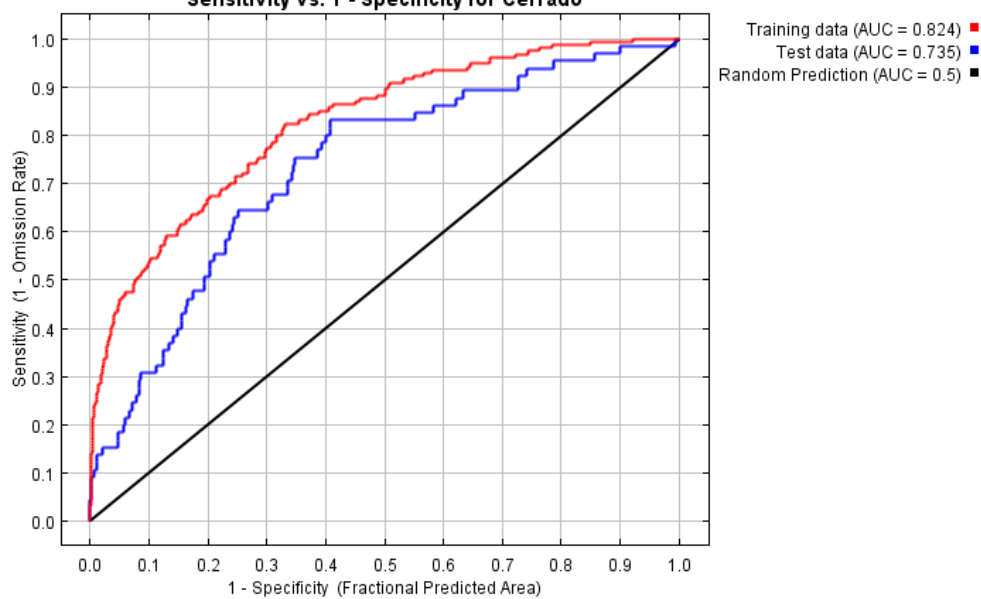
Response of Cerrado to tamp



Response of Cerrado to tmed



Sensitivity vs. 1 - Specificity for Cerrado



SOBRE OS AUTORES

MARCUS VINÍCIUS MELO OLIVEIRA - Atualmente é professor especialista EJA - Secretaria Municipal da Educação de Guarulhos e Professor de Ciências da Secretaria municipal de educação de São Paulo na EMEF Padre José de Anchieta. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Botânica Aplicada, com pesquisa em educação com ênfase no ensino, atuando principalmente nos seguintes temas: Geoprocessamento, Cerrado, Iniciação Científica, educação ambiental, Currículo, Ensino, interdisciplinaridade e escola democrática. Graduado em Ciência Biológicas pela UFG, Especialista em Educação Ambiental pela UNG e Mestre em Análise Geoambiental Pela UNG.

ANDERSON TARGINO DA SILVA FERREIRA - Sou Professor de Geociências com ênfase em geotecnologias. Pós-Doutorando em Recursos Minerais e Hidrogeologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (RMH-IGc-USP). Doutor em Geodinâmica e Geofísica (PPGG-UFRN). Mestre em Geodinâmica e Geofísica (PPGG-UFRN). Graduado em Geografia (UFRN). Formação Técnica em Geologia e Mineração (CEFETRN). Participei como Coordenador/Pesquisador em projetos ambientais com a UFRN/FUNPEC/PETROBRAS, bem como na Fundação de Estudos do Mar. Como Analista Ambiental, integrei o Núcleo de Estudos Técnicos de Alta Complexidade do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN. Como Professor do Mestrado Acadêmico em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos, tenho ministrado aulas sobre Geotecnologias (stricto sensu e graduação). Por fim, possuo dezenas de artigos publicados e/ou aceitos em revistas nacionais e internacionais, capítulos de livros e publicações em eventos científicos. Meu trabalho concentra-se em análises em SIG, levantamentos GNSS e ARP, além de modelagem digital de superfícies (geomorfometria) e sensoriamento remoto multiespectral.

PAULO EDUARDO DE OLIVEIRA - Professor Livre Docente, Professor Associado no Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental (GSA) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc/USP). E-mail de contato: paulo.deoliveira@usp.br. Tel.: Laboratório de Micropaleontologia - GSA/IGc/USP: +55 (11) 3091-1988. Bolsista Produtividade CNPq Modalidade PQ, Categoria/Nível 2. Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), mestrado em Ciências Biológicas - University of Cincinnati (Ohio, EUA) e doutorado em Zoologia e Botânica - The Ohio State University (Ohio, EUA). Pós-doutorado no Smithsonian Tropical Research Institute (Panamá/EUA) e segundo pós-doutorado no Departamento de Botânica do Field Museum of Natural History-Chicago (Illinois, EUA). Pesquisador Associado do The Field Museum of Natural History-Chicago, EUA (1992-2002; 2015 - Presente). Tem experiência na área de Ecologia e Botânica, com ênfase em micropaleontologia, palinologia do Quaternário, ecologia geral e estudos da vegetação brasileira com enfoque nos temas: palinologia cenozoica ecossistemas brasileiros, paleoecologia, limnologia. Em suas pesquisas utiliza grãos de pólen e outros palinóforos, assim como frústulas de diatomáceas em estudos paleoecológicos e de variações climáticas e análises de qualidade da água. Recentemente deu início, como coordenador pela USP em um projeto de Palinologia Forense, uma colaboração entre a Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal Técnica do Paraná (UFTPR) e a Polícia Federal de São Paulo para produzir protocolos de microvestígios para elucidar crimes. Formou-se em jornalismo pela Faculdade de Comunicação Social Cásper Líbero, São Paulo.

SOBRE OS AUTORES

AUGUSTO FRANCENER - Possui graduação em Biologia pela Universidade Federal de Goiás (UFG) com complementação pedagógica em Licenciatura (UNOPAR). Além disso é mestre em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), e doutor em Biodiversidade Vegetal e Meio ambiente pelo Instituto de Botânica em São Paulo. Adquiriu experiência na área de Botânica, com ênfase em Taxonomia e Sistemática de Fanerógamas (Malpighiaceae). Durante a graduação trabalhou no Programa de PIBIC com a família Orchaceae (2006-2007) e Malpighiaceae (2007-2008) da Serra dos Pirineus em Goiás e estudos fitossociológico de herbáceas na comparação de áreas com alto e baixo teor de níquel (2007-2008) na Empresa Anglo American Ltda. No mestrado trabalhou com a florística do gênero *Tetrapteryx* (Malpighiaceae) para o Centro-Oeste brasileiro (2009-2011). Durante o doutorado, trabalhou com a taxonomia e sistemática do gênero *Byrsonima* (Malpighiaceae) (2012-2016). Lecionou na Universidade Federal do Rio Grande do Norte -RN, (2016) Universidade Federal Rural do Semi-Árido - RN (2017) e na Faculdade de Goiana (FAG) – PE (2019-2020).