



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**História natural, modelagem de distribuição e conservação de
Bothrops itapetiningae Boulenger, 1907 (Serpentes: Viperidae:
Crotalinae), espécie endêmica do Cerrado**

Suelem Muniz Leão

Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais

Brasília, Agosto de 2012



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**HISTÓRIA NATURAL, MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO E
CONSERVAÇÃO DE *BOTHROPS ITAPETINGAE* BOULENGER,
1907 (SERPENTES: VIPERIDAE: CROTALINAE), ESPÉCIE
ENDÊMICA DO CERRADO**

SUELEM MUNIZ LEÃO

**ORIENTADOR: REUBER ALBUQUERQUE BRANDÃO
CO-ORIENTADOR: CRISTIANO DE CAMPOS NOGUEIRA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS NA
ÁREA DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**

**PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM-187/2012
BRASÍLIA-DF: AGOSTO DE 2012**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

HISTÓRIA NATURAL, MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO E
CONSERVAÇÃO DA *BOTHROPS ITAPETINGAE* BOULENGER, 1907
(SERPENTES: VIPERIDAE: CROTALINAE), ESPÉCIE ENDÊMICA DO
CERRADO

SUELEM MUNIZ LEÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

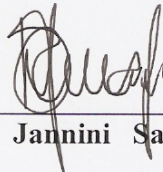
APROVADA POR:



Prof. Dr. Reuber Albuquerque Brandão (Departamento de Ciências Florestais, UnB);
(Orientador)



Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi (Departamento de Ciências Florestais, UnB);
(Examinador interno)



Prof. Dr. Ricardo Jannini Sawaya (Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP);
(Examinador externo)

Brasília, 24 de agosto de 2012

Brasília, 24 de agosto de 2012.

LEÃO, SUELEM MUNIZ

História natural, modelagem de distribuição e conservação de *Bothrops itapetiningae* Boulenger, 1907 (Serpentes: Viperidae: Crotalinae), espécie endêmica do Cerrado. 2012, viii, 122p., 210 x 297 mm (EFL/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal)

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. Jararacas | 2. Dieta |
| 3. Reprodução | 4. Uso de hábitat |
| 5. Remanescentes de Cerrado | 6. Unidades de conservação |
| 7. Áreas prioritárias | 8. Status de ameaça |

I.EFL/FT/UnB

II.Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LEÃO, S. M. (2012). História natural, modelagem de distribuição e conservação de *Bothrops itapetiningae* Boulenger, 1907 (Serpentes: Viperidae: Crotalinae), espécie endêmica do Cerrado. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF, 122p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Suelem Muniz Leão

Título: História natural, modelagem de distribuição e conservação de *Bothrops itapetiningae* Boulenger, 1907 (Serpentes: Viperidae: Crotalinae), espécie endêmica do Cerrado.

GRAU: Mestre

ANO: 2012

É concedida à Universidade de Brasília permissão para produzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Suelem Muniz Leão

Quadra 23 Casa 89, Setor Leste, Gama-DF

CEP: 72460-230

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste trabalho contei com a colaboração de diversas pessoas que ajudaram das mais diversas maneiras e quero aqui expressar meus sinceros agradecimentos...

Agradeço de todo coração e de maneira muito especial aos meus pais (Marcos e Arlene), que deram apoio incondicional durante todo esse tempo para que eu pudesse me dedicar ao mestrado. Agradeço muito à toda minha família querida e amada que sempre torceram por mim, em especial ao André, Flávia, Reni, Davi, Olivia, Augusto, Felipe e Giulia.

Agradeço com muito amor e carinho ao Nicolás por toda paciência e apoio nesses últimos meses. *Você é lindo!!!*

Agradeço de maneira muito especial aos meus orientadores, Reuber Albuquerque Brandão e ao Cristiano de Campos Nogueira por acreditarem em mim, terem me inspirado e dado o apoio necessário para que eu pudesse realizar este trabalho. Reuber, quero que você saiba o quanto foi importante nesse processo. Obrigada por saber respeitar e entender o tempo em que não pude me dedicar ao mestrado como gostaria e mais ainda, obrigada por saber o momento exato para me chamar e dar a injeção de ânimo que eu precisava para voltar. Isso foi essencial!

Agradeço à todos os curadores que permitiram que eu examinasse o material de suas coleções: Guarino Colli (CHUNB), Vera Brites (UFU), Paulo Manzani (ZUEC-REP), Francisco Franco (IB), Hussan Zaher (MZUSP), Julio Moura-Leite (MHNCI) e Helder Silva (PUC/GO).

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Agradeço ao Departamento de Pós-graduação em Ciências Florestais, em especial ao Pedro e Chiquinho pela ajuda em resolver todos os meus pepinos.

Agradeço aos meus amigos mais que irmãos que sei que torcem muito por mim e me apoiaram muito: Wlad, Rodrigo, Ana, Carol, Gueu, Andrezza e Aline.

Agradeço aos amigos do Laboratório de Fauna e Unidade de Conservação (LAFUC) pelo apoio e torcida: Carol, Mary, kk, Guibam, Léo, Paulinha, Tayná e Mandi.

Agradeço à todos os colegas da Chunb que me deram apoio e me ajudaram com uma dica aqui e outra ali: Mary Stein, Jéssica, Léo e Ísis. Em especial ao Josué, Tatá (Renata Brandão) e José Augusto que me ajudaram com a modelagem.

Agradeço ao Reinaldo e à Nilvia que me receberam, maravilhosamente bem, na casa deles quando visitei as coleções em São Paulo.

Agradeço à banca examinadora, professor Ricardo Sawaya e Eraldo Matricardi, por aceitarem com tanta simpatia o convite e porque sei que vão contribuir para a melhoria deste trabalho.

Assim, agradeço a todos que de alguma forma cooperaram para o desenvolvimento deste mestrado. Muito obrigada!

"Parece que não há mais tempo para o Cerrado. Mas no Cerrado há um tempo para tudo: há tempo de seca e tempo de chuva; há tempo de flor e tempo de fruto; há tempo de folhas e tempo de galhos; há tempo de colorido e tempo sem cor. Infelizmente ainda não sabemos quando será o tempo de conservação, até hoje só conhecemos o tempo de destruição." (V. Theulen)

Índice

INTRODUÇÃO GERAL -----	1
CAPÍTULO I – HISTÓRIA NATURAL DE <i>BOTHROPS ITAPETININGAE</i> BOULENGER, 1907	
(SERPENTES: VIPERIDAE: CROTALINAE), ESPÉCIE ENDÊMICA DO CERRADO -----	14
INTRODUÇÃO -----	16
MATERIAL E MÉTODOS -----	17
ÁREA DE ESTUDO-----	17
ESPÉCIMES ANALISADOS -----	18
COLETA E ANÁLISE DOS DADOS-----	18
<i>Atividade Sazonal</i> -----	18
<i>Dimorfismo Sexual</i> -----	19
<i>Reprodução e Fecundidade</i> -----	21
<i>Dieta</i> -----	22
RESULTADOS -----	23
ATIVIDADE SAZONAL -----	23
DIMORFISMO SEXUAL-----	24
REPRODUÇÃO E FECUNDIDADE -----	25
DIETA -----	25
DISCUSSÃO -----	26
ATIVIDADE SAZONAL -----	26
DIMORFISMO SEXUAL-----	28
REPRODUÇÃO E FECUNDIDADE -----	29
DIETA -----	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	35
APÊNDICE I -----	54
CAPÍTULO II - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E CONSERVAÇÃO DE	
<i>BOTHROPS ITAPETININGAE</i> BOULENGER, 1907 (SERPENTES: VIPERIDAE: CROTALINAE), ESPÉCIE	
ENDÊMICA DO CERRADO -----	56
INTRODUÇÃO -----	58
MATERIAL E MÉTODOS -----	61

ÁREA DE ESTUDO-----	61
ESPÉCIMES ANALISADOS-----	61
ANÁLISE DOS REGISTROS NAS COLEÇÕES-----	62
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL-----	62
MAPAS DE VEGETAÇÃO E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO-----	65
CLASSIFICAÇÃO DA IUCN-----	66
RESULTADOS-----	67
ANÁLISE DOS REGISTROS-----	67
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL-----	67
REMANESCENTES E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO-----	68
<i>Cenários Presentes</i> -----	68
<i>Unidades de Conservação</i> -----	69
<i>Cenários Futuros</i> -----	69
CLASSIFICAÇÃO DA IUCN-----	70
DISCUSSÃO-----	71
ANÁLISE DOS REGISTROS-----	71
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL-----	72
REMANESCENTES E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO-----	73
<i>Cenários Presentes</i> -----	73
<i>Unidades de Conservação</i> -----	76
<i>Cenários Futuros</i> -----	78
CLASSIFICAÇÃO DA IUCN-----	80
CONCLUSÕES GERAIS-----	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	83
APÊNDICE 2-----	121

INTRODUÇÃO GERAL

Os Squamata constituem o maior e mais diverso grupo de répteis, apresentando alta diversidade ecológica, com espécies terrícolas, fossoriais, arborícolas e aquáticas, e ocorrem em uma extensa variedade de habitats, tais como desertos, florestas, rios e oceanos, podendo ser encontrados em todos os continentes, com exceção da Antártida (Pough *et al.*, 2008).

As serpentes pertencem à linhagem dos Lepidosauria, que inclui todos os Squamata. As serpentes evoluíram a partir de uma linhagem de lagartos que foram perdendo os membros locomotores durante a evolução. Algumas serpentes possuem vestígios externos dos membros posteriores, sob a forma de esporões e/ou vestígios internos da cintura pélvica (Soerensen, 1996). Variam em tamanho, desde espécies escavadoras diminutas, que crescem somente até 10 cm até as grandes constritoras que superam 10 m de comprimento (Pough *et al.*, 2008).

Os Viperidae são uma família de serpentes venenosas encontradas em quase todo o mundo, com dentição solenóglifa altamente especializada para inoculação do veneno. Três subfamílias são reconhecidas atualmente: Azemiopinae, que ocorre em Mianmar, sudeste do Tibet, sul da China e ao norte do Vietnã; Viperinae, que ocorre na Europa, Ásia e África; e Crotalinae que ocorre no Velho Mundo ocorre na África e do leste da Europa ao leste da Ásia, incluindo também Japão, Taiwan, Indonésia, Índia e Sri Lanka, e no Novo Mundo, do sul do Canadá em direção ao sul do México e da América Central ao sul da América do Sul (McDiarmid *et al.*, 1999; Pyron *et al.*, 2011).

A radiação mais diversificada de Viperidae ocorre em Crotalinae, representante exclusiva dessa família no Novo Mundo, sendo uma subfamília amplamente distribuída, possuindo a fosseta loreal como principal sinapomorfia. Incluso na subfamília Crotalinae está o gênero *Bothrops* Wagler, 1824, que compreende várias espécies de serpentes distribuídas no continente americano, desde o

México até a Argentina (Campbell e Lamar, 2004). Para a América do Sul, *Bothrops* (*sensu lato*) apresenta o maior número de espécies (48) (Cadle, 1992; Wüster *et al.*, 2002; Carrasco *et al.*, 2012), sendo que 25 ocorrem no Brasil. *Bothrops* ocorre em todas as ecorregiões brasileiras, como Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pampas, Mata Atlântica e ilhas continentais (Furtado, 2007). Neste gênero uma mesma linhagem pode utilizar diversos habitats, podendo ser consideradas terrícolas (solo, vegetação), semi-arborícolas ou arborícolas (Martins *et al.*, 2001).

Algumas espécies do gênero *Bothrops*, devido à ampla distribuição geográfica, abundância e juntamente com o comportamento agressivo de muitas espécies, favorecem a ocorrência de acidentes com os humanos, sendo responsável por aproximadamente 90% dos acidentes ofídicos peçonhentos no Brasil e altos índices de acidentes ofídicos regionais (Ribeiro *et al.*, 1998; Ministério da Saúde, 2001; Araújo *et al.*, 2003; Pires, 2004; Castro e Fernández, 2005; Mise *et al.*, 2007; Waldez e Vogt, 2009; Oliveira *et al.*, 2010). Com letalidade em torno de 0,6% dos casos tratados (Ministério da Saúde, 2001), as jararacas despertam grande interesse tanto pela comunidade, devido ao risco de acidentes, quanto por pesquisadores, que se preocupam em estudar a biologia, o comportamento e as relações filogenéticas dessas espécies.

Com base na morfologia, isoenzimas e aloenzimas, foi realizada uma das primeiras análises cladísticas de *Bothrops*, onde foi destacado seu parafiletismo em relação ao gênero arbóreo *Bothriopsis* (Werman, 1992). Este resultado foi corroborado por estudos posteriores, com base em sequências de DNA mitocondrial (Cadle, 1992; Kraus *et al.*, 1996; Salomão *et al.*, 1997; Vidal *et al.*, 1997; Parkinson, 1999; Salomão *et al.*, 1999; Parkinson *et al.*, 2002; Wüster *et al.*, 2002; Castoe e Parkinson, 2006). Alguns estudos recomendaram e aceitaram sinonimizar *Bothriopsis* com *Bothrops* (Salomão *et al.*, 1997; Gutberlet, 1998; Wüster *et al.*, 2002), apesar dos resultados demonstrarem o não monofiletismo de *Bothrocophias* e das espécies de *Bothriopsis* dentro de *Bothrops* (Gutberlet, 1998). Portanto, tais estudos sugeriram manter *Bothrops* como um gênero

único, diversificado, argumentando que sua diversidade morfológica e ecológica podem ser resultado de um evento único de radiação que ocorreu na América do Sul e, que a divisão do gênero iria confundir esse padrão biogeográfico (Wüster *et al.*, 2002). Outros autores também propuseram manter *Bothriopsis* e *Bothrocophias* (Parkinson, 1999; Gutberlet e Campbell, 2001) e outros em subdividir *Bothrops* em gêneros monofiléticos (Fenwick *et al.*, 2009).

Ao analisarem as relações entre *Bothrops* (*sensu lato*) com base em evidências morfológicas e moleculares, Fenwick e colaboradores (2009) encontraram praticamente os mesmos grupos de espécies que já eram conhecidos antes das análises moleculares, e propuseram manter *Bothrocophias* e *Bothriopsis*, e ainda dividir *Bothrops* em três gêneros: *Rhinocerophis*, para o grupo *alternatus*; *Bothropoides*, para os grupos *jararaca* e *neuwiedi*; e *Bothrops* (*sensu stricto*), para os grupos *jararacussu* e *atrox*, considerando que as relações de quatro espécies permaneceram incertas neste estudo (*Bothrops pictus*, *B. roedingeri*, *B. barnetti* e *B. lojanus*). Além das outras quatro que não foram incluídas nesse estudo: *Bothrops lutzi*, *Bothrops muriciensis*, *Bothrops pirajai* e *B. roedingeri*.

Recentemente foi realizada uma análise de parcimônia de dados morfológicos de 35 das 48 espécies de *Bothrops* que compõem o grupo sul-americano (Carrasco *et al.*, 2012), com base na folidose, padrão de cores, osteologia craniana e morfologia hemipenial, além de caracteres ecológicos, sendo este conjunto de dados analisados separadamente, bem como em combinação com caracteres moleculares obtidos a partir de sequências de DNA mitocondriais. Os autores sugeriram um rearranjo com hipóteses filogenéticas alternativas para *Bothrops* (*sensu lato*), uma sendo a radiação hierárquica ou duas linhagens principais dentro do grupo, além de *Bothrops* (*sensu stricto*) ser parafilético (Carrasco *et al.*, 2012). Propuseram também manter *Bothrocophias*, atribuindo *Bothrops andianus* a este gênero, e reconhecendo seu clado irmão como *Bothrops*, que incluía como sinônimos *Bothriopsis*, *Bothropoides* e *Rhinocerophis* (Carrasco *et al.*, 2012).

A despeito das diferentes visões, quase todos os autores concordam sobre o monofiletismo do grupo *Bothrops* (*sensu lato* = *Bothrops*+*Bothrocophias*+*Bothriopsis*) (Gutberlet e Campbell, 2001; Parkinson *et al.*, 2002; Wüster *et al.*, 2002; Castoe e Parkinson, 2006; Fenwick *et al.*, 2009; Carrasco *et al.*, 2012).

Atualmente as espécies de *Bothrops* podem compor pelo menos sete clados principais: o grupo *alternatus* (*B. alternatus*, *B. itapetiningae*, *B. cotiara*, *B. fonsecai*, *B. jonathani* e *B. ammodytoides*), o grupo *atrox* (*B. atrox*, *B. asper*, *B. moojeni*, *B. leucurus*, *B. lanceolatus*, *B. sanctaecrucis*, *B. andianus* e *B. venezuelensis*), o grupo *jararaca* (*B. insularis*, *B. jararaca* e *B. alcatraz*), o grupo *jararacussu* (*B. brazili* e *B. jararacussu*), o grupo *microphthalmus* (*B. microphthalmus* e *B. hyoprurus*), o grupo *neuwiedi* (*B. neuwiedi*, *B. erythromelas*, *B. mattogrossensis*, *B. luzzi*, *B. pauloensis*, *B. diporus* e *B. pubescens*), e o grupo *taeniatus* (*B. taeniatus*, *B. chloromelas*, *B. pulchra*, *B. oligolepis* e *B. bilineatus*) (Wüster *et al.*, 2002; Fenwick *et al.*, 2009; Carrasco *et al.*, 2012).

Pertencente do grupo *alternatus*, *B. itapetiningae* é conhecida popularmente por cotiarinha ou jararaquinha-do-cerrado. É uma espécie pequena e de hábito terrícola (Martins *et al.*, 2001; Sawaya *et al.*, 2008), endêmica da porção sul do Cerrado brasileiro (Nogueira *et al.*, 2011), ocorrendo principalmente em áreas abertas dominadas por campos (campo limpo, campo sujo, campo cerrado) (Nogueira, 2001; Sawaya *et al.*, 2008). *B. itapetiningae*, além de ser endêmica do Cerrado, é sensível à alterações antrópicas, não sendo encontrada em áreas de Cerrado perturbadas (Nogueira, 2001; Sawaya *et al.*, 2008), diferentemente do que ocorre em outras espécies do gênero (Nogueira, 2001; Faria e Brites, 2003; Mesquita e Brites, 2003; Sawaya, 2004).

Originalmente, o Cerrado cobria aproximadamente dois milhões de km² ou 23% do território brasileiro (Ferri, 1977), sendo a maior e mais diversa savana tropical do planeta (Oliveira e Marquis, 2002; Machado *et al.*, 2004). O Cerrado vem sofrendo grandes pressões antrópicas,

principalmente pela agropecuária e pelo estabelecimento de novas cidades (Santos *et al.*, 2009). Devido à alta exploração, hoje restam menos de 45% da sua cobertura vegetal original, o que coloca em risco a sobrevivência de muitas formas de vida (MMA, 2009). Devido a esta alta taxa de destruição e elevado grau de riqueza e endemismo, o Cerrado foi incluído na lista de áreas prioritárias para a conservação de biodiversidade (Myers *et al.*, 2000).

As altas taxas de destruição e larga ocupação pela expansão urbana no Cerrado, principalmente em áreas abertas e campestres (hábitat principal de *B. itapetiningae*), levaram *B. itapetiningae* a ser incluída na lista oficial de espécies ameaçadas de São Paulo e Minas Gerais (Decreto Nº 53.494, de 2 de Outubro de 2008; Deliberação normativa Copam Nº 147, de 30 de Abril de 2010).

Superado apenas pela Mata Atlântica, o Cerrado é a segunda ecorregião brasileira que mais sofreu com a ocupação humana. A pressão crescente para o desmatamento de novas áreas para aumentar a produção agropecuária está levando à exaustão progressiva dos recursos naturais da região. A perda de hábitat é de longe a principal causa que leva as espécies ao estado de ameaça de extinção (MMA, 2011a).

O Cerrado possui apenas 7,44% de área protegida por unidades de conservação, sendo que a porcentagem de área protegida por unidades de conservação de proteção integral é muito menor (2,91%). Estes dados reforçam a importância de aumentar as áreas protegidas no Cerrado (MMA, 2011b).

Diante desses fatos, estudos sobre história natural de serpentes brasileiras são urgentes, sendo estes estudos de fundamental importância para áreas como ecologia, etologia, evolução e biologia da conservação (Greene e Losos, 1988). Para espécies neotropicais os dados são limitados se comparados aos dados existentes sobre espécies de zonas temperadas (Seigel e Ford, 1987).

Pouco se sabe a respeito da história natural da maioria das espécies, apesar da fauna de serpentes neotropicais ser extremamente rica (Vanzolini, 1986).

A história natural relata onde vivem e o que fazem os organismos, e ainda as interações entre eles (Greene, 1994), possibilitando o reconhecimento de padrões e seus mecanismos, constituindo-se assim na informação básica da ecologia (Ricklefs, 2010), sendo ainda fundamental para outras áreas da biologia, como a evolução e a conservação (Greene e Losos, 1988).

Durante os últimos anos, alguns estudos de história natural do gênero *Bothrops* foram desenvolvidos no Brasil na tentativa de esclarecer padrões e processos envolvidos na evolução de caracteres morfológicos, ecológicos e comportamentais desse gênero (Martins *et al.*, 2002). No entanto, a história natural de *B. itapetiningae* é pouco conhecida, sendo as escassas informações existentes restritas aos estudos de Nogueira (2001), Martins (2001), Martins (2002), Almeida-Santos e Salomão (2002) e Sawaya (2008), que em geral tratam de comparações amplas dentro do gênero. Assim, o presente trabalho tem por objetivo contribuir com o conhecimento ecológico sobre *B. itapetiningae* no Cerrado brasileiro, especialmente quanto aos aspectos de sua história natural e distribuição geográfica, propondo novas estratégias de conservação para a espécie.

Referencias Bibliográficas

Almeida-Santos, S.M., and Salomão, M.G. 2002. Reproduction in Neotropical pitvipers, with emphasis on species of the genus *Bothrops*. Pp. 445-462 in G.W. Schuett, M. Hoggren, M.E. Douglas and H.W. Greene (Eds.), *Biology of the vipers*. Eagle Publishing Mountain, Utah, 445-462.

Araújo, F.A., Santalúcia, M., and Cabral, R.F. 2003. Epidemiologia dos Acidentes por Animais Peçonhentos. Pp. 6-12 in J.L.C. Cardoso, F.H. Wen and F.O.S. França (Eds.), *Animais*

- Peçonhentos no Brasil: Biologia, Clínica e Terapêutica dos Acidentes. Sarvier, São Paulo, 6-12.
- Cadle, J.E. 1992. Phylogenetic relationships among vipers: immunological evidence. Pp. 41-48 in J.A. Campbell and E.D.B. Jr (Eds.), *Biology of the Pitvipers*. Selva, Tyler, 41-48.
- Campbell, J.A., and Lamar, W.W. 2004. *The venomous reptiles of the western hemisphere, Volumes I-II*, 1st edn. Cornell University Press, Ithaca, 475.
- Carrasco, P.A., Mattoni, C.I., Leynaud, G.C., and Scrocchi, G.J. 2012. Morphology, phylogeny and taxonomy of South American bothropoid pitvipers (Serpentes, Viperidae). *Zoologica Scripta* 41:109-124.
- Castoe, T.A., and Parkinson, C.L. 2006. Bayesian mixed models and the phylogeny of pitvipers (Viperidae: Serpentes). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 39:91-110.
- Castro, S.G., and Fernández, X.V. 2005. El manejo de las mordeduras de serpiente en Sudamérica. *Emergencias: Revista de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias* 17:267-273.
- Decreto Nº 53.494. de 2 de Outubro de 2008. Declara as Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas, as Quase Ameaçadas, as Colapsadas, Sobrexplotadas, Ameaçadas de Sobrexplotação e com dados insuficientes para avaliação no Estado de São Paulo e dá providências correlatas.
- Deliberação normativa Copam Nº 147. de 30 de Abril de 2010. Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais.
- Faria, R.G., and Brites, V.L.C. 2003. Aspectos taxonômicos e ecológicos de *Bothrops moojeni* Hoge, 1966 (Serpentes, Crotalinae) do Triângulo e Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brasil. *Biologia Geral e Experimental* 3:25-32.

- Fenwick, A.M., Gutberlet Jr, R.L., Evans, J.A., and Parkinson, C.L. 2009. Morphological and molecular evidence for phylogeny and classification of South American pitvipers, genera *Bothrops*, *Bothriopsis*, and *Bothrocophias* (Serpentes: Viperidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 156:617-640.
- Ferri, M.G. 1977. *Ecologia dos Cerrados*. Edusp, Simpósio sobre Cerrado 4:15-31.
- Furtado, M.F.D. 2007. Aspectos sistemáticos e biológicos que atuam na diversidade da composição de venenos em serpentes peçonhentas brasileiras. Pp. 183-200 in L.B. Nascimento and M.E. Oliveira (Eds.), *Herpetologia no Brasil II*. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte, 183-200.
- Greene, H.W., and Losos, J.B. 1988. Systematics, natural history, and conservation: field biologists must fight a public-image problem. *BioScience* 38:458-462.
- Greene, H.W. 1994. Systematics and natural history, foundations for understanding and conserving biodiversity. *American Zoologist* 34:48-56.
- Gutberlet, R.L. 1998. Phylogenetic relationships of New World pitvipers (Squamata: Crotalinae) as inferred from gross anatomy, epidermal microstructure, and mitochondrial DNA. PhD. Dissertation, University of Texas,
- Gutberlet, R.L., Jr, and Campbell, J.A. 2001. Generic recognition for a neglected lineage of South American pitvipers (Squamata: Viperidae: Crotalinae), with the description of a new species from the Colombian Chocó. *American Museum Novitates* 3316:1-15.
- Kraus, F., Mink, D.G., and Brown, W.M. 1996. Crotaline intergeneric relationships based on mitochondrial DNA sequence data. *Copeia* 1996:763-773.

- Machado, R.B., Neto, M.B.R., Pereira, P.G.P., Caldas, E.F., Gonçalves, D.A., Santos, N.S., Tabor, K., and Steininger, M. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Conservação Internacional, Brasília,
- Martins, M., Araujo, M.S., Sawaya, R.J., and Nunes, R. 2001. Diversity and evolution of macrohabitat use, body size and morphology in a monophyletic group of Neotropical pitvipers (*Bothrops*). *Journal of Zoology* 254:529-538.
- Martins, M., Marques, O.A.V., and Sazima, I. 2002. Ecological and phylogenetic correlates of feeding habits in Neotropical pitvipers of the genus *Bothrops*. Pp. 307-328 in G. Schuett, M. Höggren and H.W. Greene (Eds.), *Biology of the Vipers*. Biological Sciences Press, Carmel, Indiana, 307-328.
- McDiarmid, R.W., Campbell, J.A., and Touré, T.A. 1999. Snake species of the world: a taxonomic and geographic reference. The Herpetologists' League, Washington, 512.
- Mesquita, D.O., and Brites, V.L.C. 2003. Aspectos taxonômicos e ecológicos de uma população de *Bothrops alternatus* Duméril, Bibron e Duméril, 1854 (Serpentes, Viperidae) das regiões do triângulo e Alto Paranaíba, Minas Gerais. *Biologia Geral e Experimental* 3:33-38.
- Ministério da Saúde. 2001. Manual de Diagnóstico e Tratamento de Acidentes por Animais Peçonhentos. Brasília:131.
- Mise, Y.F., Lira-da-Silva, R.M., and Carvalho, F.M. 2007. Envenenamento por serpentes do gênero *Bothrops* no Estado da Bahia: aspectos epidemiológicos e clínicos. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 40:569-573.
- MMA. 2011a. Quarto relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica: Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Brasília,

- MMA. 2011b. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA monitoramento do bioma Cerrado 2008-2009. Brasília:55.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B., and Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Nogueira, C.C. 2001. Ecologia Histórica de *Bothrops* spp. (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) simpátricas no Cerrado. Mestrado. Dissertação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 69.
- Nogueira, C.C., Ribeiro, S., Costa, G.C., and Colli, G.R. 2011. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. *Journal of Biogeography*:1-16.
- Oliveira, F.N., Brito, M.T., Morais, I.C.O., Fook, S.M.L., and Albuquerque, H.N. 2010. Accidents caused by *Bothrops* and *Bothropoides* in the State of Paraíba: epidemiological and clinical aspects. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 43:662-667.
- Oliveira, P.S., and Marquis, R.J. 2002. The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna. Columbia University Press, New York,
- Parkinson, C.L. 1999. Molecular systematics and biogeographical history of pitvipers as determined by mitochondrial ribosomal DNA sequences. *Copeia* 1999:576-586.
- Parkinson, C.L., Campbell, J.A., and Chippindale, P.T. 2002. Multigene phylogenetic analysis of pitvipers, with comments on their biogeography. Pp. 93-110 in G.W. Schuett, M. Hoggren, M.E. Douglas and H.W. Greene (Eds.), *Biology of the Pitvipers*. Eagle Mountain Publishing, Eagle Mountain, 93-110.

- Pires, L.S. 2004. Estudos epidemiológico de acidentes ofídicos na cidade de São José dos Campos (SP) e municípios adjacentes. Mestrado. Dissertação, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 72.
- Pough, F.H., Heiser, J.B., and Janis, C.M. 2008. A vida dos vertebrados. Editora Atheneu, São Paulo, 718.
- Pyron, R.A., Burbrink, F.T., Colli, G.R., De Oca, A.N.M., Vitt, L.J., Kuczynski, C.A., and Wiens, J.J. 2011. The phylogeny of advanced snakes (Colubroidea), with discovery of a new subfamily and comparison of support methods for likelihood trees. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 58:329-342.
- Ribeiro, L.A., Albuquerque, M.J., Campos, V.A.F.P., Katz, G., Takaokan, Y., Lebrão, M.L., and Jorge, M.T. 1998. Óbitos por serpentes peçonhentas no Estado de São Paulo: avaliação de 43 casos, 1988/93. *Revista da Associação Médica Brasileira* 44:312-318.
- Ricklefs, R.E. 2010. A economia da natureza. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro,
- Salomão, M.G., Wüster, W., Thorpe, R.S., and BBBSP. 1997. DNA evolution of South American pitvipers of the genus *Bothrops*. Pp. 89-98 in R.S. Thorpe, W. Wüster and A. Malhotra (Eds.), *Venomous Snakes: Ecology, Evolution, and Snakebite*. Clarendon Press, Oxford, 89-98.
- Salomão, M.G., Wüster, W., Thorpe, R.S., and BBBSP. 1999. MtDNA phylogeny of Neotropical pitvipers of the genus *Bothrops* (Squamata: Serpentes: Viperidae). *Kaupia* 8:127-134.
- Santos, G.M.D., Cruz, J.D., Marques, O.M., and Gobbi, N. 2009. Social wasps (Hymenoptera: Vespidae) diversity in a cerrado vegetation in Bahia state, Brazil. *Neotropical Entomology* 38:317-320.

- Sawaya, R.J. 2003. História natural e ecologia das serpentes de Cerrado da região de Itirapina, SP. Doutorado. Tese, Universidade Estadual de Campinas, Campinas,
- Sawaya, R.J., Marques, O.A.V., and Martins, M. 2008. Composition and natural history of a Cerrado snake assemblage at Itirapina, São Paulo state, southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 8:127-149.
- Seigel, R.A., and Ford, N.B. 1987. Reproductive ecology. Pp. 210-252 in R.A. Seigel, J.T. Collins and S.S. Novak (Eds.), *Snakes, ecology and evolutionary biology*. McMillan Publishing Company, New York 210-252.
- Soerensen, B. 1996. Animais Peçonhentos: reconhecimento, distribuição geográfica, produção de soros, clínica e tratamento dos envenenamentos. Livraria Atheneu Editora, São Paulo, 138.
- Vanzolini, P.E. 1986. Addenda and corrigenda to Part I Snakes. Pp. 1-26 in J.A. Peters and B. Orejas-Miranda (Eds.), *Catalogue of the Neotropical Squamata. Part I, Snakes*. Smithsonian Institution, Washington, 1-26.
- Vidal, N., Lecointre, G., Vié, J.C., and Gasc, J.P. 1997. Molecular systematics of pitvipers: paraphyly of the Bothrops complex. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie* 320:95-101.
- Waldez, F., and Vogt, R.C. 2009. Aspectos ecológicos e epidemiológicos de acidentes ofídicos em comunidades ribeirinhas do baixo rio Purus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 39:681-692.
- Werman, S.D. 1992. Phylogenetic relationships of Central and South American pitvipers of the genus *Bothrops* (sensu lato): cladistic analysis of biochemical and anatomical characters. Pp. 21-40 in J.A. Campbell and E.D. Brodie (Eds.), *Biology of the Pitvipers*. Tyler Selva, Texas, 21-40.

Wüster, W., Salomão, M.G., Quijada-Mascareñas, J.A., Thorpe, R.S., and BBBSP. 2002. Origins and evolution of the South American pitvipers fauna: evidence from mitochondrial DNA sequence analysis. Pp. 111-129 in G.W. Schuett, M. Hoggren, M.E. Douglas and H.W. Greene (Eds.), *Biology of the Vipers*. Eagle Mountain Publishing, Eagle Mountain, 111-129.

**CAPÍTULO I – História natural de *Bothrops*
itapetiningae Boulenger, 1907 (Serpentes: Viperidae:
Crotalinae), espécie endêmica do Cerrado**

Resumo

Apresentamos informações sobre a atividade, dimorfismo sexual, reprodução e dieta de *Bothrops itapetiningae*. Todos os espécimes analisados foram provenientes de coleções científicas. A espécie foi registrada em todos os meses do ano, sendo mais frequente entre o meio da estação chuvosa e início da seca. Somente os jovens foram significativamente mais registrados na estação chuvosa, provavelmente por ser o período em que ocorrem os nascimentos e eles ainda estão mais vulneráveis. Machos apresentam caudas relativamente mais longas, mas fêmeas são maiores e possuem cabeça mais longa. Das 99 fêmeas analisadas, o número de embriões variou entre 3 e 11 (média: 5,8 e desvio-padrão: 2,9) e a fecundidade das fêmeas está relacionada à circunferência do corpo. O ciclo reprodutivo é sazonal e bienal, com nascimentos na estação chuvosa. A dieta é generalista e os itens consumidos são mamíferos, lagartos, anfíbios, aves e quilópodes, sem diferenças relacionadas à estação, sexo ou ontogenia. No entanto, o pequeno tamanho corporal de *Bothrops itapetiningae* pode ter evitado uma completa especialização em mamíferos e limitado a fecundidade, a qual é menor que a de todas as espécies estudadas do gênero. Dados como reprodução e atividade sazonal, dieta generalista e dimorfismo sexual com fêmeas maiores, com cabeças maiores e machos com caudas maiores refletem condições plesiomórficas, amplamente distribuídas no gênero *Bothrops*. Entretanto, a menor fecundidade do gênero torna a espécie mais sensível e vulnerável, principalmente somando-se ao fato da espécie ser especialista em habitats de áreas abertas, que são as mais desmatadas atualmente e por ser sensível à alterações antrópicas. Assim, utilizar o conhecimento aqui apresentado é essencial para o manejo e conservação de *B. itapetiningae*.

Palavras-chave: jararacas, dieta, reprodução, uso de hábitat.

INTRODUÇÃO

Atualmente o gênero *Bothrops* (*sensu lato*) (Carrasco *et al.*, 2012) é constituído por 48 espécies distribuídas no continente americano, desde o México até a Argentina (Greene, 1992; Campbell e Lamar, 2004; Carrasco *et al.*, 2012). O Brasil apresenta a maior diversidade do gênero (Martins *et al.*, 2001) sendo conhecidas cerca de 25 espécies de *Bothrops* (*sensu lato*), as quais ocorrem em vários ambientes (Furtado, 2007). A maioria das espécies de *Bothrops* habitam florestas, mas algumas são encontradas exclusivamente em tipos de vegetação mais aberta (Campbell e Lamar, 1989), como é o caso de *Bothrops itapetiningae*.

Pertencente do grupo *alternatus*, *B. itapetiningae* é conhecida popularmente por cotiarinha ou jararaquinha-do-cerrado. É uma espécie pequena e de hábito terrícola (Martins *et al.*, 2001), endêmica da porção sul do Cerrado brasileiro (Nogueira *et al.*, 2011), ocorrendo em áreas abertas dominadas por campos (campo limpo, campo sujo, campo cerrado) (Nogueira, 2001; Sawaya *et al.*, 2008). Os dados disponíveis indicam que *B. itapetiningae* apresenta atividade predominantemente noturna, apesar de ser encontrada também durante o dia (Nogueira, 2001; Sawaya *et al.*, 2008). É vivípara e sua fecundidade é relativamente baixa (3-11 embriões) (Sawaya *et al.*, 2008) e possui dieta generalista (Martins *et al.*, 2002).

O Cerrado vem sofrendo grandes pressões antrópicas, principalmente pela agropecuária ou pelo estabelecimento de novas cidades (Santos *et al.*, 2009). Devido à alta exploração, hoje restam cerca de 45% da sua cobertura vegetal original, o que coloca em risco a sobrevivência de muitas formas de vida (MMA, 2009).

Devido a esta alta taxa de destruição e elevado grau de riqueza e endemismo florístico, o Cerrado foi incluído na lista de áreas prioritárias para a conservação de biodiversidade no globo (Myers *et al.*, 2000).

Apesar de estudos recentes terem acrescentado mais informações sobre distribuição geográfica, riqueza e endemismos da fauna de répteis do Cerrado (Nogueira *et al.*, 2011), informações básicas sobre a história natural da maioria das espécies ainda são escassas (Colli *et al.*, 2002). Assim, os estudos com o objetivo de aumentar a informação sobre a biologia de espécies endêmicas do Cerrado são necessários, uma vez que representam informações críticas para boas estratégias de conservação.

Já que o encontro de serpentes na natureza é raro e dados sobre a história natural e ecologia das espécies são deficientes, os espécimes preservados em coleções científicas possibilitam a realização de estudos que incrementam o conhecimento da biologia desses répteis. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo apresentar aspectos dos padrões de atividade, da morfologia (dimorfismo sexual), da biologia reprodutiva e alimentar de *B. itapetiningae*, contribuindo com o conhecimento desta endêmica serpente do Cerrado brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado com base em espécimes provenientes de várias localidades do domínio fitogeográfico do Cerrado brasileiro. Originalmente o Cerrado ocupava uma área de 2.045.064 km², esta área foi baseada no mapa de vegetação do IBGE (2003).

O Cerrado é composto de um mosaico de vegetação, resultante da diversidade de solos, de topografias e climas da região (Alho e Martins, 1995). O clima é predominantemente do tipo Aw de Köppen, marcadamente sazonal, com uma estação chuvosa (outubro a março) e uma estação seca (abril a setembro) (Ribeiro e Walter, 2008; Silva *et al.*, 2008). A temperatura anual pode variar de 14 a 33 °C, que vai aumentando no sentido sul-norte do Cerrado e a precipitação média

anual varia de 400 a 2.400 mm (Nimer, 1989; Silva *et al.*, 2008). Ocorre em altitudes que variam entre 300 m a mais de 1600 m (Ribeiro e Walter, 2008).

A vegetação do Cerrado é dominada por fitofisionomias savânicas, em que a predominância é de árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso ou campestre, com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, sendo estes os habitats principais de *Bothrops itapetiningae*. Fitofisionomias florestais, com predominância de espécies arbóreas de maior porte, ocorrem principalmente nos fundos de vales, próximos a cursos d'água (Oliveira-Filho e Ratter, 2002; Ribeiro e Walter, 2008) ou em locais de solos muito férteis (Scariot e Sevilha, 2005).

Espécimes Analisados

O estudo foi baseado em 189 indivíduos tombados na Coleção Herpetológica do Instituto Butantan (IB), na Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília (CHUNB), na Coleção Herpetológica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), no Museu de História Natural Capão da Imbuia da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba e na Coleção da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) (Apêndice 1).

Coleta e Análise dos Dados

Atividade Sazonal

A atividade de *B. itapetiningae* foi estimada a partir do número de registros mensais nas coleções e sazonalmente separados por machos, fêmeas e jovens. Para verificar se existem diferenças significativas nas proporções de ocorrência de machos, fêmeas ou jovens entre as estações do ano foi aplicado um teste de qui-quadrado com 1000 aleatorizações de Monte Carlo. Em caso significativo, para identificar em quais grupos ocorreram as diferenças, foi utilizado outro teste de

qui-quadrado com 1000 aleatorizações de Monte Carlo, retirando o grupo que apresentou o maior valor de resíduo até que não fosse mais encontrado resultado significativo (Zar, 1999). Os registros de machos, fêmeas e jovens foram comparados entre as estações (seca e chuvosa) com testes de qui-quadrado com 1000 aleatorizações de Monte Carlo.

Dimorfismo Sexual

A sexagem dos espécimes foi determinada pelo exame direto das gônadas, pela observação do hemipênis evertido ou presença de folículos ovarianos. A classificação entre jovens ou adultos foi determinada pela maturidade sexual, com observação dos folículos vitelogênicos e/ou ovos nos ovidutos para as fêmeas adultas e testículos dilatados e/ou epidídimos enovelados para os machos adultos (Shine, 1977; Anderson e Vitt, 1990).

Para machos e fêmeas foi medido o comprimento da cauda (Ccau), da extremidade distal da cauda até a abertura da cloaca; o comprimento da cabeça (Ccab), da base do maxilar até a extremidade do focinho; o comprimento rostro-cloacal (CRC), da ponta da narina até a cloaca e a circunferência do corpo. Ccau e Ccab foram medidos com um paquímetro digital Mitutoyo® (precisão 0,01 mm), enquanto que o CRC e a circunferência do corpo foram medidos com uma régua (precisão 1 mm). A massa dos espécimes foi medida com um dinamômetro manual Pesola® (precisão 0,5 g), após drenagem do excesso de líquido preservativo.

As análises estatísticas foram realizadas com o programa R 2.14 (R Development Core Team, 2011), e foram consideradas significativas quando $p < 0,05$. Os dados foram padronizados em valores de Z (Zar, 1999), devido a diferentes escalas e também para identificação de valores muito influentes, usando um nível de significância de 0,001 ($|z| > 3,2$; z crítico), sendo que os *outliers* univariados foram retirados (Callegari-Jacques, 2004). Posteriormente, realizou-se uma

transformação logarítmica (\log_{10}) para atender à premissa de normalidade. Para identificar valores extremos multivariados foi utilizada a distância de Cook (Crawley, 2007).

Foram observados valores faltantes para CRC (1 espécime), Ccab (2), Ccau (11), Massa (9) e Circunferência (26). Como a falta de uma medida (variável) implica na perda de todo o caso (espécime) em análises multivariadas, o método de imputação múltipla foi empregado para estimar os valores faltantes, utilizando o pacote *mice* do programa R 2.14. A imputação múltipla consiste na criação de um modelo, baseado na verossimilhança dos dados observados, capaz de prever os valores faltantes (Rubin, 2003; Zhang, 2003).

Para separar a variação morfométrica entre tamanho e forma, o tamanho corporal foi definido como uma variável de tamanho isométrica, com os escores de um vetor isométrico igual a $p^{-0.5}$, onde p é o número de variáveis, que considera que todas as proporções do corpo se mantêm constantes à medida que o indivíduo cresce (Jolicoeur, 1963). Para obtenção desses escores de autovetor, foi multiplicada a matriz $n \times p$, onde n é o número de observações (Somers, 1986; Rohlf e Bookstein, 1987).

Para obtenção dos valores das variáveis da forma sem o efeito do tamanho do corpo foi utilizado o método de Burnaby (1966), multiplicando a matriz $n \times p$ por uma matriz simétrica L , definida pela fórmula:

$$L = Ip - V(V^T V)^{-1} V^T$$

onde, Ip é uma matriz identidade de $p \times p$, V é o vetor isométrico definido acima e V^T é a matriz transposta de V (Rohlf e Bookstein, 1987).

Para verificar o dimorfismo sexual no tamanho do corpo foi realizada uma análise de variância (ANOVA). Para testar o dimorfismo sexual na forma do corpo, foi realizada uma regressão

logística (Modelos Lineares Generalizados) (Tabachnick e Fidel, 2007), na qual o sexo era a variável categórica (binária) dependente e as variáveis morfométricas (contínuas), as independentes. Para identificar as variáveis que melhor explicaram as diferenças entre os sexos e o melhor modelo foi utilizado o critério de informação de Akaike (menor valor de AIC), foi realizada uma seleção manual por passos das variáveis (Burnham e Anderson, 2002). A seleção manual por passos iniciou-se com um modelo nulo contendo apenas a interseção, a partir do qual se verificou quais novas variáveis poderiam ser incluídas, e posteriormente excluídas, para melhorar o modelo (Tabachnick e Fidel, 2007).

Reprodução e Fecundidade

Foram registrados o número de folículos não vitelogênicos, número de folículos vitelogênicos (localizados no ovário), número de ovos (folículos vitelogênicos que migraram para o oviduto para serem fecundados) e número de embriões (Shine, 1988). O diâmetro do maior folículo, do maior ovo e do maior embrião foi medido com um paquímetro digital Mitutoyo® (precisão de 0,01 mm). O comprimento rostro-cloacal (CRC), e a circunferência do meio do corpo foram medidos com uma régua (precisão de 1 mm). A massa foi medida com um dinamômetro manual Pesola® (precisão 0,5 g).

O método de imputação múltipla foi empregado para estimar os valores faltantes de Massa (cinco espécimes) e Circunferência (14 espécimes). Após a primeira análise, foram eliminadas as variáveis com alta colinearidade, indicadas pelo alto valor dos coeficientes de correlação de *Spearman*. Foram realizadas correlações e uma regressão múltipla para verificar a associação entre CRC e circunferência do corpo com a fecundidade das fêmeas. A fecundidade foi considerada como número de folículos vitelogênicos, número de ovos, ou número de embriões (Seigel e Ford, 1987).

Para verificar se existem diferenças significativas entre o número de folículos não vitelogênicos, folículos vitelogênicos e embriões foram realizados testes *t* de *Student*.

Para estimar o período reprodutivo e de recrutamento foram plotados o tamanho dos folículos, ovos e embriões de acordo com o mês do ano e, em outro gráfico foram plotados os tamanhos de CRC de machos, fêmeas e jovens em cada mês do ano em que ocorreram.

Dieta

Os estômagos dos espécimes foram dissecados por meio de incisão ventral ao longo dos dois terços posteriores do corpo (Martins e Gordo, 1993) e os conteúdos do tubo digestivo (estômago + intestino) foram identificados. Foram observados também os vestígios (pelos, penas, escamas, ossos, dentes, dentre outros) sob estereomicroscópio, pois o conteúdo estomacal muitas vezes encontrava-se em adiantado estado de digestão. Foi verificada a composição e calculada a frequência relativa de itens alimentares [(total de itens na categoria *i* / total de itens) x 100] de cada categoria de presa para todos os estômagos tomados em conjuntos e também separadamente para machos, fêmeas, jovens e adultos.

As análises de largura e sobreposição de nicho foram realizadas com o programa R 2.14 (R Development Core Team, 2011), utilizando o pacote *vegan* e o *pgirmess*, respectivamente.

A largura do nicho trófico foi calculada para estômagos agrupados, que revela a amplitude do nicho da espécie, depois separadamente para machos, fêmeas, jovens e adultos, utilizando-se o inverso do índice de Simpson (1949):

$$B = \frac{1}{\sum_{i=1}^n p_i^2}$$

onde p é a proporção numérica da categoria i e n o número de categorias. O índice pode variar de 1 a n , porém, para expressar B na escala de 0 (utilização de nenhuma categoria) a 1 (utilização de todas as categorias), facilitando a interpretação, o índice foi padronizado pelo número de recursos menos 1. Para verificar se existe diferença na largura de nicho entre machos e fêmeas e entre jovens e adultos foram realizados testes t de *Student*.

A sobreposição de nicho trófico entre machos e fêmeas e entre jovens e adultos foi calculada pelo índice de Pianka, utilizando a fórmula simétrica de sobreposição (Pianka, 1986):

$$\phi_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n P_{ij}^2 \sum_{i=1}^n P_{ik}^2}}$$

onde, P_i é a porcentagem numérica de cada categoria, n o número de categorias e j e k são espécies, ou grupos sendo comparados (Parker e Pianka, 1973). A sobreposição varia de zero (nenhuma sobreposição) a 1 (sobreposição total).

Para verificar se a ocorrência de estômagos vazios esteve relacionada com o sexo ou ontogenia foram aplicados testes de qui-quadrado com 1000 aleatorizações de Monte Carlo e para comparar a proporção de estômagos com conteúdo e sem conteúdo entre estações foi utilizado um Teste Exato de *Fisher*. Também foi comparada se proporção de presas endotérmicas e ectotérmicas esteve relacionada com o sexo, ontogenia ou estação do ano usando Testes Exatos de *Fisher*.

RESULTADOS

Atividade Sazonal

Foi avaliada a atividade de 153 espécimes (Machos: 38; Fêmeas: 66; Jovens: 49). *Bothrops itapetiningae* foi encontrada durante todos os meses do ano (Figura 1), principalmente entre o meio da estação chuvosa e início da seca (janeiro a maio). Considerando os dados das coleções é

possível perceber que os machos foram mais encontrados entre abril e maio e nenhum registro em junho. Os jovens foram mais registrados na estação chuvosa, com um pico no mês de março. As fêmeas foram mais encontradas durante a estação seca.

As proporções de ocorrência de machos, fêmeas e jovens nas estações foi diferente do que o esperado ao acaso ($\chi^2 = 6,87$; $P=0,03$). Sendo que após retirar o grupo que apresentou os maiores resíduos (jovens), a diferença não foi significativa ($\chi^2 = 0,41$; $P=0,60$), evidenciando que a diferença significativa foi somente entre as proporções de jovens e adultos.

Para a ocorrência de machos e fêmeas não foi encontrada diferença significativa entre as estações ($\chi^2 = 0,10$; $P = 0,88$ e $\chi^2 = 2,18$; $P = 0,17$). Somente para os jovens foi significativa a diferença entre as estações ($\chi^2 = 4,59$; $P = 0,04$), sendo mais encontrados na estação chuvosa.

Dimorfismo Sexual

Foram medidos 180 indivíduos, sendo 99 fêmeas e 81 machos. Os machos variaram entre 164 e 510 mm ($368,6 \pm 62,1$ mm) ($\pm =$ desvio padrão) e as fêmeas entre 200 e 613 mm ($442,3 \pm 99,9$ mm) de CRC (Tabela 1). Houve diferença significativa do tamanho entre os sexos (machos: $-0,65 \pm 1,63$; fêmeas: $0,58 \pm 2,21$; ANOVA, $F_{1, 178} = 16,29$; $P \ll 0,001$), sendo as fêmeas maiores que os machos. A regressão logística também revelou diferença significativa entre a forma de machos e fêmeas ($\chi^2_{177} = 123,59$; $P \ll 0,001$). O melhor modelo incluiu somente o comprimento da cauda e o da cabeça ($y = 5,12 - 1,39x - 0,30$) como variáveis que melhor explicaram o dimorfismo sexual na forma, possuindo os machos as caudas maiores e as fêmeas as cabeças maiores. A seleção por passos indicou o comprimento da cauda como a variável mais importante no dimorfismo sexual (Tabela 2).

Reprodução e Fecundidade

Foram analisadas 99 fêmeas com fecundidade observada entre 3 e 11 embriões. Houve diferença significativa entre o número de folículos não vitelogênicos e o número de folículos vitelogênicos ($t = 2,42$; $GL = 11,76$; $P = 0,03$). Entretanto, não houve diferença significativa entre o número de folículos vitelogênicos e o número de embriões ($t = -0,32$; $GL = 5,14$; $P = 0,76$).

O ciclo reprodutivo de *B. itapetiningae* foi sazonal. Os folículos não vitelogênicos foram distribuídos homoganeamente ao longo de todo o ano (Figura 2). A maior concentração dos maiores folículos vitelogênicos foi a partir de abril. Os maiores diâmetros de ovos ocorreram a partir de junho. Os embriões foram encontrados em outubro e dezembro.

Os maiores valores de CRC encontrados foram das fêmeas, depois dos machos e os menores dos jovens (Figura 3). A maior concentração de indivíduos jovens foi nos meses de dezembro a abril, ou seja, no meio da estação chuvosa. A fêmea com menor CRC (228 mm) foi encontrada no mês de outubro e a com maior CRC (613 mm) no mês de abril. O macho com menor CRC (340 mm) foi registrado em abril e o com maior CRC (519 mm) em março. Já o jovem com menor CRC (185 mm) foi capturado em março.

Para a regressão múltipla a variável massa foi retirada por possuir alta colinearidade com o CRC e com a circunferência ($r = 0,85$ para as duas correlações). A regressão múltipla mostrou que a relação entre a fecundidade das fêmeas com o CRC e a circunferência é significativa ($F_{2, 96} = 15,62$; $P << 0,001$). A seleção manual por passos mostrou que o melhor modelo inclui somente a circunferência em relação à fecundidade ($y = 2,07x - 1,79$).

Dieta

Foram analisados 190 espécimes para dieta. Destes, 49 (25,79%) estômagos+intestinos apresentavam conteúdo e 141 (74,21%) estavam vazios. Somente três estômagos apresentaram

mais de um tipo de presa. A dieta de *B. itapetiningae* é generalista e as categorias de presas mais frequentes foram mamíferos (38,78%), lagartos (26,53%), anfíbios (24,49%), quilópodes (8,16%) e aves (2,04%). Para os machos (N=10), mamíferos (50%), anfíbios (30%) e quilópodes (20%) dominaram a dieta. Nas fêmeas (N=19), os itens que dominaram a dieta foram mamíferos (42,11%), anfíbios (31,58%), lagartos (21,05%) e quilópodes (5,26%). Em jovens (N=20), lagartos (45%), mamíferos (30%), anfíbios (15%), aves (5%) e quilópodes (5%) dominaram a dieta (Tabela 3).

A proporção de presas ectotérmicas e endotérmicas entre os sexos, entre jovens e adultos e entre as estações do ano não foram diferentes do esperado ao acaso (Teste Exato de *Fisher*, $P = 0,65$; $P = 1$; $P = 0,55$, respectivamente). Já a proporção de estômagos vazios entre jovens e adultos foi diferente do esperado ao acaso ($\chi^2 = 21,45$; $P < 0,01$), sendo que foram encontrados mais adultos com estômagos vazios. Entre os sexos, a proporção de estômagos vazios também foi diferente do esperado ao acaso ($\chi^2 = 6,90$; $P=0,01$), sendo as fêmeas com mais estômagos vazios. A proporção de estômagos com conteúdo e sem conteúdo não diferiu entre as estações (Teste Exato de *Fisher*, $P = 0,51$).

A largura de nicho trófico para a espécie foi de 0,62 (machos = 0,41; fêmeas = 0,52). A diferença na largura de nicho não foi significativa entre os sexos ($t = 0,10$; $GL = 7,76$; $P = 0,92$), nem entre jovens (0,53) e adultos (0,51) ($t = 0,09$; $GL = 7,78$; $P = 0,93$). A sobreposição de nicho trófico foi alta entre os sexos (0,90) e um pouco menor entre jovens e adultos (0,77).

DISCUSSÃO

Atividade Sazonal

A atividade das serpentes está fortemente influenciada pela reprodução (Pizzatto e Marques, 2007), o que também é influenciada pela temperatura, fotoperíodo e umidade (Gregory, 1982).

Assim, várias espécies de serpentes neotropicais mostram atividade sazonal (Di-Bernardo *et al.*, 2007), sendo mais ativas nas estações mais quentes e úmidas.

Apesar dos registros nas coleções não informarem se os animais coletados estavam ativos, abrigados, ou ocasionalmente localizados durante as atividades agrícolas, os espécimes de *B. itapetiningae* analisados foram ingressados nas coleções praticamente em todos os meses do ano, padrão que coincide com o achado por Sawaya (2003), estudando uma comunidade de serpentes em uma área de Cerrado em São Paulo.

Muitas espécies de *Bothrops* apresentam um padrão similar com poucos registros no período mais seco e frio (junho a setembro) e muitos registros entre o meio da estação chuvosa e início da seca (janeiro a maio) (Sazima, 1992; Marques *et al.*, 2001; Oliveira e Marquis, 2002; Valdujo *et al.*, 2002; Faria e Brites, 2003; Nogueira *et al.*, 2003; Hartmann *et al.*, 2004).

Apesar do padrão geral da espécie, os machos foram mais registrados em abril e maio, exatamente no período onde devem ocorrer as cópulas para que os nascimentos ocorram em fevereiro e março, sendo que neste períodos os machos ficam mais expostos por estarem buscando parceiras. Já as fêmeas foram mais registradas na estação seca o período em que elas estão grávidas e menos ágeis devido ao aumento da massa corporal e, portanto, mais expostas à coleta ao termorregularem (Shine, 1980a, b; Marques, 1996a, b; Pizzato e Marques, 2002; Hartmann *et al.*, 2004).

Os jovens foram significativamente mais registrados na estação chuvosa, o que era esperado, já que é na estação chuvosa que ocorrem os nascimentos e os jovens ainda estão mais vulneráveis (Shine, 1980b, a; Marques, 1996a, b; Pizzatto e Marques, 2002; Hartmann *et al.*, 2004).

Dimorfismo Sexual

As fêmeas de *B. itapetiningae* apresentaram tamanho corporal significativamente maior que os machos, evidenciando o dimorfismo sexual no tamanho, o que parece ser uma condição plesiomórfica no gênero, ocorrendo em *B. asper* (Solórzano e Cerdas, 1989), *B. jararaca* (Sazima, 1992) *B. fonsecai* (Sazima e Manzani, 1998), *B. atrox* (Oliveira, 2003), *B. moojeni* (Faria e Brites, 2003; Nogueira *et al.*, 2003), *B. pubescens* (Hartmann *et al.*, 2004) *B. pauloensis* (Valdujo *et al.*, 2002) e *B. alternatus* (Mesquita e Brites, 2003; Nunes *et al.*, 2010).

O maior tamanho corporal das fêmeas é o padrão mais comum em serpentes e pode estar relacionado à ausência de comportamento agonístico entre machos (Shine, 1994); (Campbell e Lamar, 2004). Até o presente momento não há registros de encontro agonístico entre machos de *B. itapetiningae*, diferentemente do que ocorre em alguns outros gêneros de Crotalinae, com os machos de *Crotalus* competindo intrassexualmente em rituais de combate, considerado fator de seleção para machos maiores (Carpenter *et al.*, 1976; Madsen *et al.*, 1993). No entanto, apesar de nunca ter sido registrado em *B. itapetiningae* não significa que combates intrassexuais não ocorram.

Desta forma, outra explicação para as fêmeas serem maiores está relacionada à viviparidade da espécie. O maior tamanho das fêmeas está associado ao incremento na fecundidade, através da capacidade de produzir e estocar maior quantidade de ovos e/ou embriões. Como o sucesso reprodutivo das fêmeas depende do número de filhotes, a seleção natural favorece as maiores fêmeas (Shine, 1994). Concomitantemente, o menor tamanho corporal dos machos poderia ter sido favorecido pela seleção natural pelo ganho na mobilidade, facilitando a locomoção, aumentando sua capacidade de fuga, encontro de abrigos e busca por parceiras, oportunizando o aumento do número de cópulas, sendo que o menor tamanho também pode diminuir o custo metabólico da manutenção corporal (Shine, 1978; Anderson, 1994).

O dimorfismo sexual na forma também correspondeu à condição mais comum em serpentes (King, 1989; Shine, 1993; Greene, 1997), com os machos apresentando os maiores comprimentos de cauda e as fêmeas os maiores comprimentos de cabeça, ocorrendo o mesmo em outras espécies do gênero (Mesquita, 1997; Nogueira, 2001; Valdujo *et al.*, 2002; Faria e Brites, 2003; Mesquita e Brites, 2003; Nogueira *et al.*, 2003; Nunes *et al.*, 2010).

As caudas maiores em machos ocorrem pela necessidade de acomodar dentro da cauda o hemipênis e seus músculos retratores (Clark, 1966; King, 1989). Machos com caudas maiores têm hemipênis maiores, aumentando o sucesso de cópula, e que machos com caudas mais curtas (devido à predação ou outros acidentes) têm sucesso de cópula reduzido (Shine *et al.*, 1999).

Já o fato das fêmeas apresentarem cabeças maiores geralmente está associado à divergência sexual na dieta, com as fêmeas supostamente alimentando-se de presas maiores (Houston e Shine, 1993; Nogueira *et al.*, 2003; Vincent *et al.*, 2004), minimizando a competição intersexual na dieta. Neste estudo, a despeito de diferenças da presa, machos e fêmeas não diferiram significativamente quanto à categoria de presa, sendo que não foi possível verificar se há diferença no tamanho das presas devido ao elevado grau de decomposição em que a maioria das presas foi encontrada. Outra hipótese associada à anterior pode estar relacionada com o maior tamanho das glândulas de peçonha. Alguns estudos constataram que as fêmeas de *B. alternatus* (Bauab *et al.*, 1992), *B. atrox* (Beluomini *et al.*, 1991) e *B. leucurus* (Biasi *et al.*, 1977) produzem maior quantidade de veneno, o que as permite manipular presas maiores.

Reprodução e Fecundidade

O entendimento do potencial reprodutivo das serpentes inclui, entre outras informações, o número de ovos ou filhotes por ninhada (Gibbons, 1972). O tamanho da ninhada de *B. itapetiningae* foi de 5,8 (média) e 2,9 (desvio-padrão) ovos/embriões, estando abaixo da média encontrada para a

grande maioria das serpentes (Sazima, 1992), e abaixo também da média conhecida para os viperídeos (Seigel e Ford, 1987; Argáez, 2006). Este resultado é menor em comparação com os valores encontrados para *B. Jararacussu* (13 – 37) (Marques e Sazima, 2004), *B. jararaca* (3 - 34) (Sazima, 1992), *B. atrox* (33) (Hoge e Federsoni, 1977), *B. moojeni* (15,6) (Nogueira *et al.*, 2003), *B. asper* (15) (Solórzano e Cerdas, 1989), *B. alternatus* (13) (Araújo, 1978), *B. leucurus* (12), *B. erythromelas* (11) (Lira-da-Silva *et al.*, 1994), *B. pubescens* (11) (Hartmann *et al.*, 2004), *B. pauloensis* (9,3) (Valdujo *et al.*, 2002), e mais similar (porém menor) aos encontrados para *B. neuwiedi* (6,8) (Alves *et al.*, 1998) e *B. insularis* (6,5) (Hoge *et al.*, 1959).

A diferença significativa entre o número de folículos não vitelogênicos e o número de folículos vitelogênicos indica que nem todos os folículos entram em vitelogênese secundária. O fato de não haver diferença significativa entre o número de folículos vitelogênicos e o número de embriões sugere que todos os folículos que entram em processo de vitelogênese secundária são convertidos em embriões, resultado similar ao encontrado em *B. alternatus* (Nunes, 2006) uma espécie proximamente relacionada.

O ciclo reprodutivo de *B. itapetiningae* foi sazonal, assim como a maioria dos répteis (Vitt e Caldwell, 2009). Estudos anteriores indicaram que a gestação de *B. itapetiningae* pode durar cerca de 300 dias, e assim como os resultados aqui apresentados, a maioria dos nascimentos devem ocorrer no mês de março (Nascimento e Brandão, 1998).

Este padrão reprodutivo é similar também ao da maioria dos répteis do Cerrado e de climas tropicais, onde a sazonalidade climática é acompanhada de uma sazonalidade no ciclo reprodutivo (Colli *et al.*, 1997). Apesar de répteis de climas não sazonais terem a tendência a reprodução contínua, todas as *Bothrop* brasileiras já estudadas, incluindo as da Amazônia e Mata Atlântica (como *B. atrox* e *B. jararaca*), tiveram uma reprodução sazonal (Pizzatto *et al.*, 2007), sugerindo uma forte influência filogenética.

Os folículos em vitelogênese primária foram distribuídos homoganeamente ao longo de todo o ano, inclusive no período em que ocorre a vitelogênese secundária em algumas outras fêmeas, caracterizando a fase de quiescência folicular, evidenciando um provável ciclo bienal, sendo o primeiro ano a fase ativa do crescimento secundário dos folículos, acasalamento, gestação e a parturição, no ano seguinte, a quiescência. *B. jararaca* (Almeida-Santos e Orsi, 2002), *Crotalus durissus* (Almeida-Santos *et al.*, 2004), *B. pauloensis* (Valle e Brites, 2008) e a maioria dos viperídeos apresentam ciclos bienais (Pizzatto *et al.*, 2007).

Os embriões foram encontrados entre outubro e dezembro, e os nascimentos devem ocorrer ainda na estação chuvosa (quente e úmida), pois o aumento da temperatura ambiental leva ao aumento do metabolismo das serpentes, favorecendo o desenvolvimento dos embriões e reduzindo a incidência de anomalias (Vinegar, 1974). A distribuição de frequência dos CRC mostrou que a maior concentração de indivíduos jovens está nos meses de dezembro a abril, corroborando e dando continuidade ao que foi encontrado no ciclo reprodutivo, a exemplo do que ocorre com outras espécies do gênero (Martins e Oliveira, 1999; Faria e Brites, 2003; Marques e Sazima, 2003; Nogueira *et al.*, 2003; Hartmann *et al.*, 2004; Sawaya *et al.*, 2008; Nunes *et al.*, 2010).

Para a maioria das espécies, a fecundidade parece ser a principal pressão seletiva responsável pelo incremento evolutivo do tamanho das fêmeas (Shine, 1994) e pode variar em uma mesma espécie de acordo com a área de ocorrência, o que pode estar relacionado à disponibilidade de alimento (Vitt e Vangilder, 1983; Jordão e Bizerra, 1996). A relação entre o tamanho da ninhada e o tamanho da fêmea tem sido documentada em uma ampla variedade de répteis, mostrando uma correlação significativa entre elas na maioria das espécies (Fitch, 1963; Bauman e Metter, 1977; Kofron, 1983; King, 2000; Janeiro-Cinquini, 2004). Esta relação já foi verificada nas principais famílias de serpentes brasileiras, como por exemplo, Colubridae (Aldridge, 1979), Elapidae

(Shine, 1977), Boidae (Prado, 2006), e Viperidae (Aldridge, 1982; Solórzano e Cerdas, 1987; Salomão *et al.*, 1995; Argáez, 2006).

No presente estudo, a relação entre a fecundidade das fêmeas com o CRC e a circunferência foi significativa, como já relatado para outras espécies (Semlitsch e Gibbons, 1982; Janeiro-Cinquini e Leinz, 1990; Jordão e Bizerra, 1996; Valdujo *et al.*, 2002; Janeiro-Cinquini, 2004). Esta forte correlação entre fecundidade e tamanho e forma das fêmeas, indica também que o potencial reprodutivo aumenta com a maturidade sexual (Diller e Wallace, 1984).

A circunferência foi a variável que melhor explicou a relação com a fecundidade das fêmeas, provavelmente por ser um fator adaptativo ao período de gestação e à morfologia do sistema reprodutor, permitindo nas espécies vivíparas mais espaço para os embriões durante o período de gestação (Thorpe, 1989; Mesquita, 1997; Faria e Brites, 2003).

Dieta

A dieta é uma das principais dimensões do nicho de uma espécie, podendo influenciar o uso do habitat, período de atividade e a reprodução (Toft, 1985). A ocorrência de estômagos vazios relacionada à ontogenia foi significativa, sendo que foram encontrados mais adultos com estômagos vazios. Nesse caso, por possuírem um alto metabolismo devido ao crescimento acelerado e por ainda não conseguirem ingerir presas maiores, os jovens necessitam se alimentar mais frequentemente que os adultos, já que estes últimos consomem presas maiores e mais energéticas, podendo ficar longos períodos sem se alimentarem (Pough *et al.*, 2008).

Também houve diferença significativa entre os sexos, como mais fêmea com estômagos vazios. Podendo esta diferença ser explicada devido ao período de gestação que diminui o espaço na cavidade corporal e diminui a agilidade, com as fêmeas se alimentando raramente (Shine, 1977; 1980a, b).

Não houve variação sazonal na dieta, assim como o verificado em *B. pauloensis* (Valdujo *et al.*, 2002), indicando que *B. itapetiningae* obtém sucesso no forrageamento durante a estação seca e chuvosa, provavelmente como consequência da disponibilidade constante das presas por ela consumida ao longo do ano. Além disso, mesmo em condições climáticas desfavoráveis, predadores e presas utilizam os mesmos ambientes. Da mesma forma a ocorrência de presas ectotérmicas e endotérmicas não esteve significativamente relacionada ao sexo, à ontogenia e à estação do ano.

Bothrops itapetiningae possui dieta generalista, assim como o encontrado para a maioria das espécies do gênero, refletindo uma característica ancestral (Nogueira, 2001; Martins *et al.*, 2002; Valdujo *et al.*, 2002; Sawaya *et al.*, 2008), incluindo os mesmos itens alimentares em todos esses estudos (mamíferos, lagartos, anfíbios, quilópodes e aves). Apesar da dieta de *B. itapetiningae* ser generalista, ela é dominada principalmente por roedores, resultado da alta abundância, riqueza e atividade de roedores ao longo de todo o ano no Cerrado (Salomão *et al.*, 1995; Marinho-Filho *et al.*, 2002). Outras espécies do grupo *alternatus*, como *B. cotiara*, *B. fonsecai* e *B. alternatus* e *B. newviedi* do grupo *newviedi*, também possuem dieta especializada em mamíferos (Nogueira, 2001; Martins *et al.*, 2002; Sawaya, 2004; Nunes, 2006).

As diferenças na frequência do consumo dos itens das espécies generalistas podem refletir a disponibilidade de presas, os custos de predação e o tamanho do corpo da serpente (Martins *et al.*, 2002). O pequeno tamanho corporal de *B. itapetiningae* talvez impeça a total especialização em roedores e diante dos resultados, foi sugerido que a dieta de *B. itapetiningae* possa apresentar um estado intermediário entre a dieta generalista e a especialista (Nogueira, 2001).

O segundo item mais consumido foram lagartos e o terceiro anfíbios e apesar de não ter sido encontrada diferença significativa, os jovens mostraram uma tendência na preferência do consumo de lagartos. A ocorrência destes itens pode estar relacionada à hipótese de que o consumo de

diferentes categorias de presas em espécies generalistas possa ser determinado pela taxa de encontro de presas potenciais, ou seja, a disponibilidade de presas no hábitat pode condicionar a frequência de consumo (Shine, 1991; Greene, 1997; Pough *et al.*, 2004). Os anfíbios também são considerados presas comuns para as serpentes sul-americanas, por oferecerem poucos riscos de retaliação, podendo ser capturados pelas serpentes com relativa segurança (Vitt e Vangilder, 1983; Duellman, 1990; Strüssmann e Sazima, 1993; Martins *et al.*, 2002).

Os quilópodes são os únicos artrópodes na dieta de *B. itapetiningae*, fazendo parte também da dieta de *B. pauloensis*, *B. atrox*, *B. hyoprurus*, *B. erythromelas*, *B. pubescens*, *B. jararaca*, *B. insularis*, *B. brazili*, *B. jararacussu* e *B. moojeni* (Nogueira, 2001; Martins *et al.*, 2002; Valdujo *et al.*, 2002; Sawaya *et al.*, 2008).

Apesar de serpentes batracófagas e saurófagas serem geralmente forrageadoras ativas, *B. itapetiningae* é considerada como forrageadora do tipo senta-e-espera, se locomovendo pouco, o que condiz mais com uma dieta rodentívora (Sawaya *et al.*, 2008), ou seja, embora ela inclua outros itens em sua dieta, seu comportamento alimentar é mais influenciado pelo consumo de roedores, o item alimentar mais frequente no presente estudo.

O valor da largura de nicho para *B. itapetiningae* indicou que as categorias de presas não foram utilizadas na mesma proporção pelos indivíduos. Do mesmo modo, a largura de nicho para machos e para fêmeas mostrou que as fêmeas utilizaram um pouco mais das categorias de presas em sua dieta, porém esta diferença não foi significativa.

A largura de nicho dos jovens e adultos também diferiu pouco, mostrando que não há mudança ontogenética na dieta. Esse resultado parece ser uma característica condicionada a fatores históricos (Nogueira, 2001), já que nenhuma *Bothrops* do grupo *alternatus* apresenta mudança ontogenética na dieta, diferindo das outras espécies do gênero que utilizam engodo caudal na fase

juvenil, como *B. atrox*, *B. bilineatus*, *B. jararaca*, *B. jararacussu* e *B. moojeni* (Greene e Campbell, 1972; Sazima, 1991; Andrade *et al.*, 1996; Marques, 1998; Nogueira *et al.*, 2003).

A sobreposição de nicho trófico entre os sexos foi alta e entre jovens e adultos também, demonstrando que machos, fêmeas, jovens e adultos sobrepõem no nicho trófico, sugerindo que existe pouca diferença ontogenética e sexual relacionada à dieta.

A perda do engodo caudal é sugerida como resultado da falta de variação ontogenética na dieta de alguns crotalíneos (Heatwole e Davison, 1976), o que explica a cauda escura em adultos e jovens de *B. itapetiningae*, já que não utiliza o engodo caudal para atrair suas presas. Estudos indicam que a divergência ontogenética na dieta já estava presente no grupo irmão de *Bothrops*, e foi perdido no grupo *alternatus* e pelo menos uma vez no grupo *neuwiedi* (Martins *et al.*, 2002).

Bothrops itapetiningae, é uma das menores jararacas brasileiras, têm baixa fecundidade, especialização em habitats, e é fortemente afetada por alterações antrópicas (Nogueira, 2001; Sawaya *et al.*, 2008). O habitat utilizado pela espécie foi o mais desmatado no Brasil na última década (MMA, 2011). Assim, conhecer os aspectos biológicos da espécie é essencial para seu manejo e conservação.

Referências Bibliográficas

- Aldridge, R.D. 1979. Female reproductive cycles of the snakes *Arizona elegans* and *Crotalus viridis*. *Herpetologica* 38:5-16.
- Aldridge, R.D. 1982. The ovarian cycle of the watersnake *Nerodia sipedon* and effects of hypohysectomy and gonadotropin administration. *Herpetologica* Chicago:71-79.
- Alho, C.J.R., and Martins, E.S. 1995. De grão em grão, o cerrado perde espaço: (cerrado, impactos do processo de ocupação). WWF- Fundo Mundial para a Natureza, Brasília,

- Almeida-Santos, S.M., and Orsi, A.M. 2002. Ciclo Reprodutivo de *Crotalus durissus* e *Bothrops jararaca* (Serpentes, Viperidae): morfologia e função do oviduto. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 26:109-112.
- Almeida-Santos, S.M., Abdalla, F.M.F., Silveira, P.F., Yamanouye, N., Breno, M.C., and Salomão, M.G. 2004. Reproductive cycle of the Neotropical *Crotalus durissus terrificus*: I. Seasonal levels and interplay between steroid hormones and vasotocinase. *General and comparative endocrinology* 139:143-150.
- Alves, M.L.M., Leitão-de-Araujo, M., and Caberlon, E. 1998. Atividade reprodutiva de *Bothrops neuwiedi* em cativeiro (Serpentes, Viperidae). *Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre*:185-191.
- Anderson, M. 1994. *Sexual selection*. Princeton University Press, New Jersey, 599.
- Anderson, R.A., and Vitt, L.J. 1990. Sexual selection versus alternative causes of sexual dimorphism in the teiid lizards. *Oecologia* 84:145-157.
- Andrade, D.V., Abe, A.S., and Santos, M.C. 1996. Is the venom related to diet and tail color during *Bothrops moojeni* ontogeny? *Journal of Herpetology* 30:285-288.
- Araújo, M.L. 1978. Notas sobre ovos de serpentes (Boidae, Colubridae, Elapidae e Viperidae). *Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre*:9-37.
- Argáez, M.A.H. 2006. *Ecologia da cascavel (Viperidae, Crotalus durissus) no Cerrado brasileiro*. Mestrado. Dissertação, Universidade de Brasília, Brasília,
- Bauab, F.A., Iwashima, Y., Brites, V.L.C., Cury, J.C., and Victorino, W.T. 1992. Estudo comparativo da produção máxima de peçonha e inquérito bacteriológico bucal em serpentes Viperidae, Uberlândia *Anais do Congresso Científico da UFU*:110.

- Bauman, M.A., and Metter, D.E. 1977. Reproductive cycle of the northern watersnake, *Natrix s. sipedon* (Reptilia, Serpentes, Colubridae). *Journal of Herpetology* 11:51-59.
- Beluomini, H.E., Biasi, P., Puerto, G., Fernandes, W., and Domingues, A.L. 1991. Amostras da população de *Bothrops atrox* (Linnaeus, 1758) apreciadas nas quantidades de veneno obtidas e dados ecológicos, Belém. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, Nova Serie, Zoologia* 7:53-69.
- Biasi, P., Beluomini, H.E., and Fernandes, W. 1977. Quantidade de veneno obtidas na extração de serpentes *Bothrops pradoi* (Hoge, 1948) (Serpentes, Viperidae, Crotalinae). *Memórias do Instituto Butantan* 40/41:155-166.
- Burnaby, T.P. 1966. Growth-invariant discriminant functions and generalized distances. *Biometrics* 22:96-110.
- Burnham, K.P., and Anderson, D.R. 2002. *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. Springer Science, New York,
- Callegari-Jacques. 2004. *Bioestatística: princípios e aplicações*. Artmed, Porto Alegre,
- Campbell, J.A., and Lamar, W.W. 1989. *The Venomous Reptiles of Latin America*. Cornell University Press, Ithaca,
- Campbell, J.A., and Lamar, W.W. 2004. *The venomous reptiles of the western hemisphere, Volumes I-II, 1st edn*. Cornell University Press, Ithaca, 475.
- Carpenter, C.C., Gillingham, J.C., and Murphy, J.B. 1976. The combat ritual of the rock rattlesnake (*Crotalus lepidus*). *Copeia* 4:764-780.
- Carrasco, P.A., Mattoni, C.I., Leynaud, G.C., and Scrocchi, G.J. 2012. Morphology, phylogeny and taxonomy of South American bothropoid pitvipers (Serpentes, Viperidae). *Zoologica Scripta* 41:109-124.

- Clark, D. 1966. Notes on sexual dimorphism in tail-length in american snakes. Transactions of the Kansas Academy of Science 69:226-232.
- Colli, G.R., Peres Jr, A.K., and Zatz, M.G. 1997. Foraging mode and reproductive seasonality in tropical lizards. Journal of Herpetology 31:490-499.
- Colli, G.R., Bastos, R.P., and Araújo, A.F.B. 2002. The character and dynamics of the Cerrado herpetofauna. Pp. 223-241 in P.S. Oliveira and R.J. Marquis (Eds.), The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna. Columbia University Press, New York, 223-241.
- Crawley, M. 2007. The R Book. John Wiley & Sons Inc, Chichester,
- Di-Bernardo, M., Borges-Martins, M., Oliveira, R.B., and Pontes, G.F. 2007. Taxocenoses de serpentes de regiões temperadas do Brasil. Pp. 222-263 in L.B. Nascimento and E. Oliveira (Eds.), Herpetologia no Brasil II. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte, 222-263.
- Diller, L.V., and Wallace, R.L. 1984. Reproductive biology of the northern Pacific rattlesnake (*Crotalus viridis oreganus*) in northern Idaho. Herpetologica 40:182-193.
- Duellman, W.E. 1990. Herpetofauna in neotropical rainforests: comparative composition, history, and resource use. Pp. 455-505 in A.H. Gentry (Eds.), Four Neotropical Rainforests. Yale University Press, New Haven, 455-505.
- Faria, R.G., and Brites, V.L.C. 2003. Aspectos taxonômicos e ecológicos de *Bothrops moojeni* Hoge, 1966 (Serpentes, Crotalinae) do Triângulo e Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brasil. Biologia Geral e Experimental 3:25-32.
- Fitch, H.S. 1963. Natural history of the racer, *Coluber constrictor*. University of Kansas Museum of Natural History Miscellaneous Publication, Lawrence:351-468.

- Furtado, M.F.D. 2007. Aspectos sistemáticos e biológicos que atuam na diversidade da composição de venenos em serpentes peçonhentas brasileiras. Pp. 183-200 in L.B. Nascimento and M.E. Oliveira (Eds.), *Herpetologia no Brasil II*. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte, 183-200.
- Gibbons, J.W. 1972. Reproduction, growth, and sexual dimorphism in the canebrake rattlesnake (*Crotalus horridus attricaudatus*). *Copeia* 1972:222-226.
- Greene, H.W., and Campbell, J.A. 1972. Notes on the use of caudal lures by arboreal green pitvipers. *Herpetologica* 28:32-34.
- Greene, H.W. 1992. The ecological and behavioral context of pitviper evolution. Pp. 107-117 in J.A. Campbell and E.D. Brodie (Eds.), *Biology of the pitvipers*. Selva Tyler, Texas, 107-117.
- Greene, H.W. 1997. *Snakes: The evolution of mystery in nature*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles,
- Gregory, P.T. 1982. Reptilian hibernation. Pp. 53-154 in G. C. and P.F. H (Eds.), *Biology of the Reptilia*. Academic Press, New York, 53-154.
- Hartmann, M.T., Marques, O.A.V., and Almeida-Santos, S.M. 2004. Reproductive biology of the southern Brazilian pitviper *Bothrops neuwiedi pubescens* (Serpentes, Viperidae). *Amphibia-Reptilia* 25:77-85.
- Heatwole, H., and Davison, E. 1976. A review of caudal luring in snakes with notes on its occurrence in Saharan sand viper, *Cerastes vipera*. *Herpetologica* 32:332-336.
- Hoge, A.R., Belluomini, H.E., Schreiber, G., and Penha, A.M. 1959. Sexual abnormalities in *Bothrops insularis* (Amaral, 1921). *Memórias do Instituto Butantan* 29:7-88.

- Hoge, A.R., and Federsoni, P.A. 1977. Observações sobre uma ninhada de *Bothrops atrox* (Linnaeus, 1758) (Serpentes: Viperidae: Crotalinae). Memórias do Instituto Butantan, São Paulo:19-36.
- Houston, D., and Shine, R. 1993. Sexual dimorphism and niche divergence: feeding habits of the Arafura filesnake. *Journal of Animal Ecology* 62:737-748.
- IBGE. 2003. Mapa de Biomas do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Janeiro-Cinquini, T.R.F., and Leinz, F.F. 1990. Body size-litter relationships and some characteristics of litters in *Bothrops jararaca*. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 25:84-85.
- Janeiro-Cinquini, T.R.F. 2004. Variação anual do sistema reprodutor de fêmeas de *Bothrops jararaca* (Serpente, Viperidae). *Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre* 94:325-328.
- Jolicoeur, P. 1963. The multivariate generalization of the allometry equation. *Biometrics* 19:497-499.
- Jordão, R., and Bizerra, A. 1996. Reprodução, dimorfismo sexual e atividade de *Simophis rhinostoma* (Serpentes, Colubridae). *Revista Brasileira de Biologia* 56:507-512.
- King, R.B. 1989. Sexual dimorphism in snake tail-length: sexual selection, natural selection or morphological constraint? *Biological Journal of the Linnean Society* 38:133-154.
- King, R.B. 2000. Analyzing the relationship between clutch size and female body size in reptiles. *Journal of Herpetology* 34:148-150.
- Kofron, C.P. 1983. Female reproductive cycle of the Neotropical snail-eating snake *Sibon sanniola* in Northern Yucatan, México. *Copeia* 4:963-969.

- Lira-da-Silva, R.J., Casais-e-Silva, L.L., Queiroz, I.B., and Nunes, T.B. 1994. Contribuição à biologia de serpentes da Bahia, Brasil. I. Víviparas. *Revista Brasileira de Zoologia* 11:187-193.
- Madsen, T., Shine, R., Loman, J., and Hakansson, T. 1993. Determinants of mating success in male adders, *Vipera berus*. *Animal Behaviour* 45:491-499.
- Marinho-Filho, J., Rodrigues, F.H.G., and Juarez, K.M. 2002. The Cerrado mammals: diversity, ecology, and natural history. Pp. 266-286 in P.S. Oliveira and R.J. Marquis (Eds.), *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, New York, 266-286.
- Marques, O.A.V. 1996a. Biologia reprodutiva da cobra-coral *Erythrolamprus aesculapii* Linnaeus (Colubridae), no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 13:747-753.
- Marques, O.A.V. 1996b. Reproduction, seasonal activity and growth of the coral snake, *Micrurus corallinus* (Elapidae), in the southeastern Atlantic Forest in Brazil. *Amphibia-Reptilia* 17:277-285.
- Marques, O.A.V. 1998. Composição faunística, história natural e ecologia de serpentes da mata atlântica, na região da estação ecológica Juréia-Itatins, São Paulo, SP. Doutorado. Tese, Universidade de São Paulo, São Paulo, 135.
- Marques, O.A.V., Eterovic, A., and Endo, W. 2001. Seasonal activity of snakes in the Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 22:103-111.
- Marques, O.A.V., and Sazima, I. 2003. *Bothrops jararacussu* (Jararacussu). Sexual dichromatism. *Herpetological Review* 34:62.

- Marques, O.A.V., and Sazima, I. 2004. História natural dos répteis da Estação Ecológica Juréia-Itatins. Pp. 257-277 in O.A.V. Marques and W. Duleba (Eds.), Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna. Holos Editora, Ribeirão Preto, 257-277.
- Martins, M., and Gordo, M. 1993. *Bothrops atrox* (Common Lancehead). Diet. Herpetological Review 24:151-152.
- Martins, M., and Oliveira, M.E. 1999. Natural history of snakes in florests of the Manaus region, Central Amazônia, Brasil. Herpetological Natural History 6:78-150.
- Martins, M., Araujo, M.S., Sawaya, R.J., and Nunes, R. 2001. Diversity and evolution of macrohabitat use, body size and morphology in a monophyletic group of Neotropical pitvipers (*Bothrops*). Journal of Zoology 254:529-538.
- Martins, M., Marques, O.A.V., and Sazima, I. 2002. Ecological and phylogenetic correlates of feeding habits in Neotropical pitvipers of the genus *Bothrops*. Pp. 307-328 in G. Schuett, M. Höggren and H.W. Greene (Eds.), Biology of the Vipers. Biological Sciences Press, Carmel, Indiana, 307-328.
- Mesquita, D.O. 1997. Biometria, folidose e ecologia da população de *Bothrops alternatus* (Duméril, Bibron e Duméril, 1854) (SERPENTES-CROTALINAE) da zona geográfica do Triângulo e Alto Paranaíba - MG. Graduação. Monografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 49.
- Mesquita, D.O., and Brites, V.L.C. 2003. Aspectos taxonômicos e ecológicos de uma população de *Bothrops alternatus* Duméril, Bibron e Duméril, 1854 (Serpentes, Viperidae) das regiões do triângulo e Alto Paranaíba, Minas Gerais. Biologia Geral e Experimental 3:33-38.

- MMA. 2009. Relatório Técnico de Monitoramento do desmatamento no Bioma Cerrado, 2002-2008: Dados Revisados. Ministério do Meio Ambiente, Brasília,
- MMA. 2011. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA monitoramento do bioma Cerrado 2008-2009. Brasília:55.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B., and Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Nascimento, C.L.A., and Brandão, R.A. 1998. Sobre a reprodução da cotiarinha (*Bothrops itapetiningae*) no Distrito Federal. XXII Congresso Brasileiro de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco:285.
- Nimer, E. 1989. Climatologia do Brasil. Fundação IBGE, Rio de Janeiro,
- Nogueira, C.C. 2001. Ecologia Histórica de *Bothrops* spp. (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) simpátricas no Cerrado. Mestrado. Dissertação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 69.
- Nogueira, C.C., Sawaya, R.J., and Martins, M. 2003. Ecology of the pitviper, *Bothrops moojeni*, in the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology* 37:653-659.
- Nogueira, C.C., Ribeiro, S., Costa, G.C., and Colli, G.R. 2011. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. *Journal of Biogeography*:1-16.
- Nunes, S.F. 2006. Dieta e biologia reprodutiva da cruzeira, *Bothrops alternatus* (SERPENTES - VIPERIDAE), na Região Sul do Brasil. Mestrado. Dissertação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 68.

- Nunes, S.F., Kaefer, I.L., Leite, P.T., and Cechin, S.Z. 2010. Reproductive and feeding biology of the pitviper *Rhinocerophis alternatus* from subtropical Brazil. *The Herpetological Journal* 20:31-39.
- Oliveira-Filho, A.T., and Ratter, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. Pp. 91-120 in P.S. Oliveira and R.J. Marquis (Eds.), *The cerrados of Brazil*. Columbia University Press, New York, 91-120.
- Oliveira, M.E.E.S. 2003. História natural de jararacas brasileiras do grupo *Bothrops atrox* (Serpentes:Viperidae). Doutorado. Tese, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 131.
- Oliveira, P.S., and Marquis, R.J. 2002. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press, New York,
- Parker, W., and Pianka, E. 1973. Notes on the ecology of the iguanid lizard, *Sceloporus magister*. *Herpetologica* 29:143-152.
- Pianka, E.R. 1986. *Ecology and Natural History of Desert Lizards. Analyses of the Ecological Niche and Community Structure*. Princeton University Press, New Jersey,
- Pizzatto, L., and Marques, O.A.V. 2002. Reproductive biology of the false coral snake *Oxyrhopus guibei* (Colubridae) from southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 23:495-504.
- Pizzatto, L., Almeida-Santos, S., Marques, O., Nascimento, L., and Oliveira, M. 2007. Biologia reprodutiva de serpentes brasileiras. Pp. 201-221 in L.B. Nascimento and M.E. Oliveira (Eds.), *Herpetologia no Brasil II*. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 201-221.
- Pizzatto, L., and Marques, O.A.V. 2007. Reproductive ecology of Boine snakes with emphasis on Brazilian species and a comparison to pythons. *South American Journal of Herpetology* 2:107-122.

- Pough, F.H., Andrews, R.M., Cadle, J.E., Crump, M.L., Savitzky, A.H., and Wells, K.D. 2004. Herpetology. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey,
- Pough, F.H., Heiser, J.B., and Janis, C.M. 2008. A vida dos vertebrados. Editora Atheneu, São Paulo, 718.
- Prado, L.P. 2006. Ecomorfologia e estratégias reprodutivas nos Boidae (Serpentes), com ênfase nas espécies Neotropicais. Doutorado. Tese, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP,
- R Development Core Team. 2011. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org>. ISBN 3-900051-07-0.
- Ribeiro, J.F., and Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. Pp. 151 - 212 in S.M. Sano, S.P. Almeida and J.F. Ribeiro (Eds.), Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Cerrados, Planaltina, 151 -212.
- Rohlf, F., and Bookstein, F. 1987. A comment on shearing as a method for “size correction”. Systematic Biology 36:356.
- Rubin, D.B. 2003. Discussion on multiple imputation. International Statistical Review 71:619-625.
- Salomão, M.G., Almeida-Santos, S.M., and Puerto, G. 1995. Activity pattern of the rattlesnake *Crotalus durissus* (Viperidae: Crotalinae): feeding, reproduction and snakebite. Studies on Neotropical Fauna Environment 30:101-106.
- Santos, G.M.D., Cruz, J.D., Marques, O.M., and Gobbi, N. 2009. Social wasps (Hymenoptera: Vespidae) diversity in a cerrado vegetation in Bahia state, Brazil. Neotropical Entomology 38:317-320.

- Sawaya, R.J. 2003. História natural e ecologia das serpentes de Cerrado da região de Itirapina, SP. Doutorado. Tese, Universidade Estadual de Campinas, Campinas,
- Sawaya, R.J., Marques, O.A.V., and Martins, M. 2008. Composition and natural history of a Cerrado snake assemblage at Itirapina, São Paulo state, southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 8:127-149.
- Sazima, I. 1991. Caudal luring in two neotropical pitvipers, *Bothrops jararaca* and *B. jararacussu*. *Copeia* 1991:245-248.
- Sazima, I. 1992. Natural history of the jararaca pitviper, *Bothrops jararaca*, in South-eastern Brasil. Pp. 199-216 in J.A. Campbell and E.D. Brodie (Eds.), *Biology of the pitvipers*. Tyler Selva, Texas, 199-216.
- Sazima, I., and Manzani, P.R. 1998. *Bothrops fonsecai* (Fonseca's Lancehead). Reproduction and size. *Herpetological Review* 29:102-103.
- Scariot, A., and Sevilha, A.C. 2005. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduais no Cerrado. Pp. 123-139 in A. Scariot, J.C. Sousa-Silva and J.M. Felfili (Eds.), *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Ministério do Meio Ambiente 123-139.
- Seigel, R.A., and Ford, N.B. 1987. Reproductive ecology. Pp. 210-252 in R.A. Seigel, J.T. Collins and S.S. Novak (Eds.), *Snakes, ecology and evolutionary biology*. McMillan Publishing Company, New York 210-252.
- Semlitsch, R., and Gibbons, J. 1982. Body size dimorphism and sexual selection in two species of water snakes. *Copeia* 1982:974-976.
- Shine, R. 1977. Reproduction in Australian elapid snakes II. Female reproductive cycles. *Australian Journal of Zoology* 25:655-666.

- Shine, R. 1978. Sexual size dimorphism and male combat in snakes. *Oecologia* 33:269-277.
- Shine, R. 1980a. "Costs" of reproduction in reptiles. *Oecologia* 46:92-100.
- Shine, R. 1980b. Comparative ecology of three Australian snake species of the genus *Cacophis* (Serpentes, Colubridae). *Copeia* 1980:831-838.
- Shine, R. 1988. Food habits and reproductive biology of small Australian snakes of the genera *Uroechis* and *Suta* (Elapidae). *Journal of Herpetology*:307-315.
- Shine, R. 1991. Intersexual dietary divergence and the evolution of sexual dimorphism in snakes. *American Naturalist* 12:103-122.
- Shine, R. 1993. Sexual dimorphism in snakes. Pp. 49-86 in R.A. Seigel and J.T. Collins (Eds.), *Snakes, ecology and behavior*. McGraw-Hill Inc, New York, 49-86.
- Shine, R. 1994. Sexual dimorphism in snakes revised. *Copeia* 1994:326-346.
- Shine, R., Olsson, M.M., Moore, I.T., LeMaster, M.P., and Mason, R.T. 1999. Why do males snakes have longer tails than females? *Proceedings of the Royal Society of London* 266:2147-2151.
- Silva, F.A.M., Assad, E.D., and Evangelista, B.A. 2008. Caracterização climática do bioma Cerrado. Pp. 69-87 in S.M. Sano, S.P. Almeida and J.F. Ribeiro (Eds.), *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa, Brasília, 69-87.
- Simpson, E. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163:688.
- Solórzano, A., and Cerdas, L. 1987. Biología reproductiva de la cascabel centroamericana *Crotalus durissus durissus* (Serpentes: Viperidae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical San José*:221-226.
- Solórzano, A., and Cerdas, L. 1989. Reproductive biology and distribution of the terciopelo, *Bothrops asper* Garman (Serpentes: Viperidae), in Costa Rica. *Herpetologica* 45:195-207.

- Somers, K.M. 1986. Multivariate allometry and removal of size with principal components analysis. *Systematic Zoology* 35:359-368.
- Strüssmann, C., and Sazima, I. 1993. The snake assemblage of the pantanal at Poconé, western Brazil: faunal composition and ecological summary. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 28:157-168.
- Tabachnick, B.G., and Fidel, L.S. 2007. *Using multivariate statistics*. Pearson Education, Boston,
- Thorpe, R. 1989. Geographic variation: multivariate analysis of six character systems in snakes in relation to character number. *Copeia* 1989:63-70.
- Toft, C.A. 1985. Resource partitioning in amphibians and reptiles. *Copeia* 1985:1-21.
- Valdujo, P.H., Nogueira, C.C., and Martins, M. 2002. Ecology of *Bothrops neuwiedi pauloensis* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) in the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology* 36:169-176.
- Valle, L.A., and Brites, C.L.V. 2008. Nomes populares e aspectos ecológicos de *Bothrops pauloensis* (Amaral 1925) em áreas antropizadas do Triângulo e Alto Paranaíba, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Zoociências* 10:155-161.
- Vincent, S.E., Herrel, A., and Irschick, D.J. 2004. Sexual dimorphism in head shape and diet in the cottonmouth snake (*Agkistrodon piscivorus*). *Journal of Zoology* 264:53-59.
- Vinegar, A. 1974. Evolutionary implications of temperature induced anomalies of development on snake embryos. *Herpetologica* 30:72-74.
- Vitt, L.J., and Vangilder, L.D. 1983. Ecology of a snake community in northeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 4:273-296.
- Vitt, L.J., and Caldwell, J.P. 2009. *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press, Amsterdam,

Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey, 663.

Zhang, P. 2003. Multiple imputation: Theory and method. *International Statistical Review* 71:581-592.

Tabela 1 - Média e desvio padrão das variáveis morfométricas de *Bothrops itapetiningae*. Os números em parênteses são referentes às variáveis transformadas (sem influência do tamanho corporal).

	Machos (N=81)	Fêmeas (N=99)
Tamanho	(-0,64±1,64)	(0,55±2,21)
CRC	368,59±62,14	442,29±99,98
	(-0,06±0,26)	(0,05±0,26)
Massa	29,90±13,82	57,04±33,33
	(-0,04±0,26)	(0,07±0,44)
Circunferência	45,38±8,6	54,32±13,33
	(-0,13±0,39)	(0,08±0,45)
Comprimento da Cauda	49,35±8,62	47,17±10,83
	(0,41±0,40)	(-0,34±0,37)
Comprimento da Cabeça	21,71±3,16	25,98±4,74
	(-0,18±0,25)	(0,14±0,31)

Tabela 2 - Seleção manual por passos da regressão logística do dimorfismo sexual na forma.

Passo	Entrada da variável	GL	AIC	LRT	P > Chi
1	Comprimento da Cauda	1	141,92	109,81	<<0,001
2	Comprimento da Cabeça	1	130,14	13,78	0,0002

Tabela 3 - Categorias de presas encontradas nos estômagos de *Bothrops itapetiningae* (a categoria de presa principal para cada grupo está em negrito).

Itens	Frequência (%)			
	Todos (n=49)	Machos (n=10)	Fêmeas (n=19)	Jovens (n=20)
Anfíbios	24.49	30	31.58	15
Aves	2.04	-	-	5
Lagartos	26.53	-	21.05	45
Mamíferos	38.78	50	42.11	30
Quilópodes	8.16	20	5.26	5

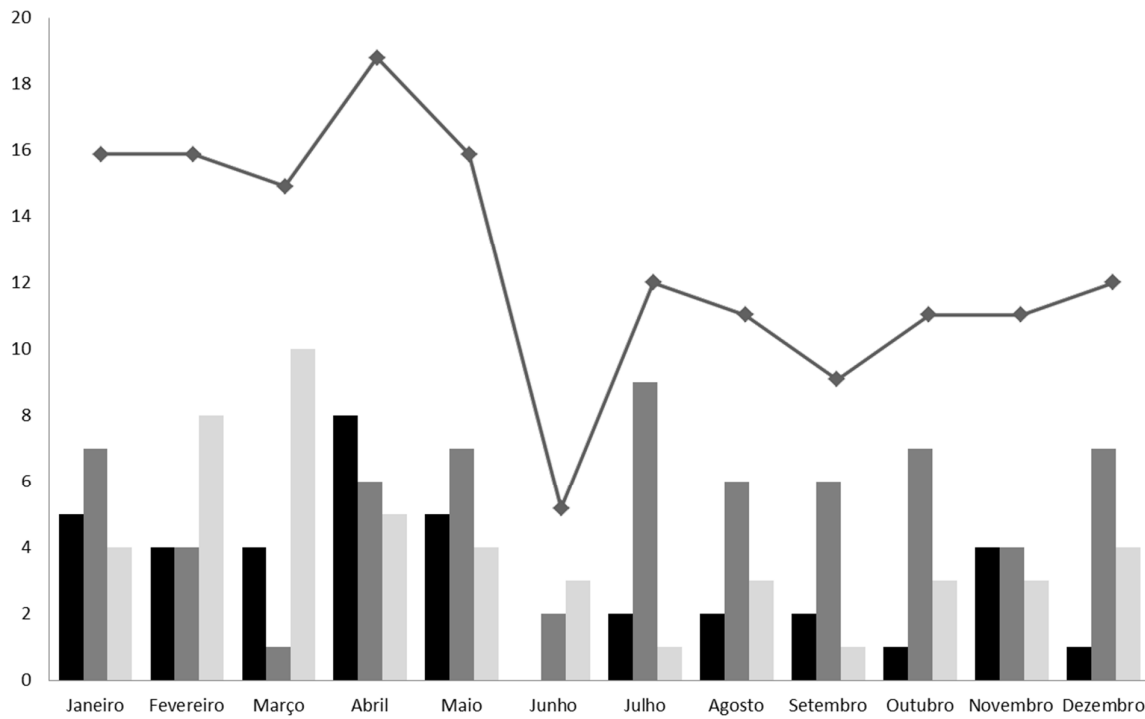


Figura 1– Registros em coleções de *Bothrops itapetiningae* ao longo dos meses do ano. Legenda:

Linha = Total; Barra preta = Machos; Barra cinza escura = Fêmeas; Barra cinza clara = Jovens.

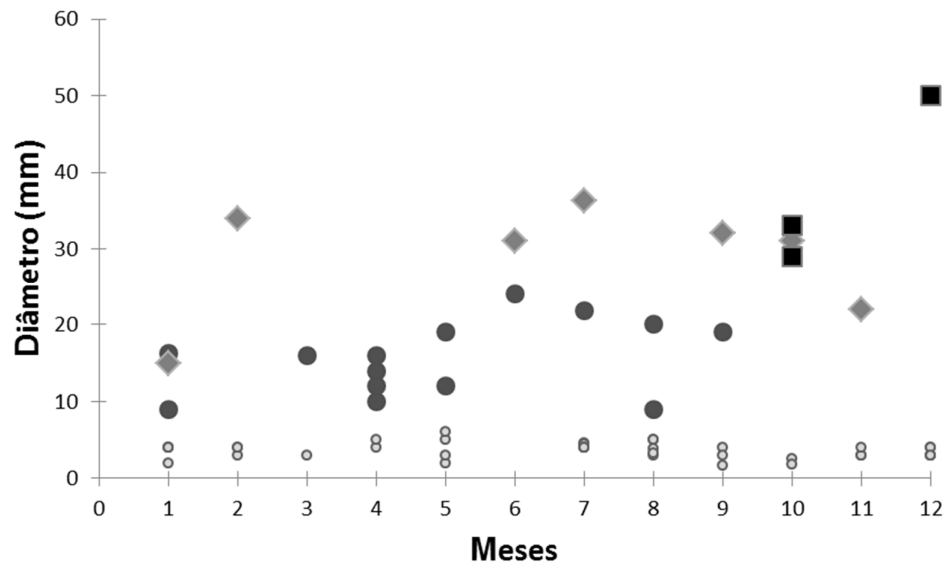


Figura 2 – Variação sazonal do tamanho do folículo, ovo e embrião de *Bothrops itapetiningae* (círculos pequenos = folículos não vitelogênicos; círculos grandes = folículos vitelogênicos; losangos = ovos e quadrados = embriões).

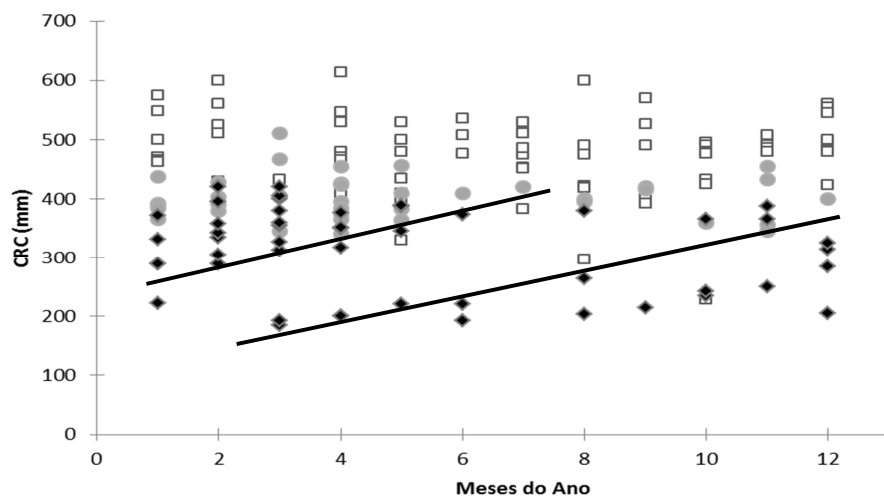


Figura 3 - Variação sazonal do comprimento rostro-cloacal (CRC) de fêmeas (quadrado), machos (círculos) e jovens (losango), com a linha mais abaixo representando o crescimento dos jovens no primeiro ano após o nascimento (recém-nascidos) e a linha mais acima evidenciando os jovens já no segundo anos após o nascimento.

APÊNDICE I

MATERIAL EXAMINADO: Coleção da Pontifícia Universidade Católica de Goiás: CEPB 2863. Museu de História Natural Capão da Imbuia, Curitiba: MHNCI 4127. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo: MZUSP 1437; MZUSP 13931. Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas "Adão José Cardoso": ZUEC REP 3105; ZUEC REP 3099; ZUEC REP 3104. Coleção da Universidade Federal de Uberlândia: UFU 206; UFU 224; UFU 564; UFU 616; UFU 1012. Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília: CHUNB 03590; CHUNB 03591; CHUNB 14342; CHUNB 19270; CHUNB 19272; CHUNB 19273; CHUNB 24901; CHUNB 28878; CHUNB 32642; CHUNB 49445; CHUNB 49450; CHUNB 52365; CHUNB 57440. Coleção do Instituto Butantan: IB9; IB18; IB19; IB20; IB456; IB514; IB645; IB878; IB1309; IB1340; IB1497; IB1602; IB1609; IB1612; IB1629; IB1810; IB1833; IB2689; IB2723; IB2740; IB2741; IB2742; IB3259; IB3539; IB3592; IB3718; IB3780; IB3782; IB3784; IB3785; IB4409; IB4532; IB4721; IB4772; IB4856; IB4866; IB5190; IB5227; IB5295; IB5541; IB5589; IB5717; IB5821; IB5863; IB5954; IB5991; IB6060; IB6182; IB6255; IB6793; IB6826; IB7260; IB7297; IB7328; IB7340; IB7341; IB7355; IB7426; IB7427; IB7457; IB7710; IB7711; IB7779; IB7813; IB7843; IB7889; IB8291; IB8436; IB8437; IB8577; IB8714; IB9122; IB9243; IB9396; IB9434; IB9461; IB9474; IB9584; IB9675; IB9678; IB9679; IB9685; IB9688; IB9697; IB9698; IB9723; IB9729; IB9741; IB9838; IB9875; IB9926; IB9937; IB9940; IB9961; IB9963; IB9965; IB9974; IB9975; IB9978; IB9995; IB10350; IB10374; IB10375; IB10668; IB11745; IB12184; IB12185; IB12632; IB12706; IB13136; IB15152; IB15302; IB15774; IB15775; IB15865; IB16645; IB16883; IB16934; IB17028; IB17029; IB17396; IB17859; IB20619; IB26722; IB29313; IB30591; IB32308; IB32386; IB33443; IB33607; IB34492; IB37584; IB40319; IB40334; IB40465; IB41120; IB41777; IB43113; IB44009; IB45538; IB45932; IB48224; IB48349; IB49143; IB49647; IB51621; IB52830; IB53424; IB57097; IB57098;

IB57099; IB57431; IB57718; IB57731; IB61651; IB61652; IB61653; IB61655; IB61656;
IB61657; IB61658; IB403m; IB403p.

**CAPÍTULO II - Distribuição geográfica, mudanças
climáticas e conservação de *Bothrops itapetiningae***

**Boulenger, 1907 (Serpentes: Viperidae: Crotalinae), espécie
endêmica do Cerrado**

Resumo

As atuais taxas de desmatamento do Cerrado estão reduzindo rapidamente as opções de conservação na região. Em tal cenário, a modelagem de distribuição geográfica pode ser uma ferramenta útil no planejamento conservacionista e manejo da fauna silvestre. O objetivo geral deste trabalho foi propor estratégias de conservação para *Bothrops itapetiningae* a partir da modelagem potencial de sua distribuição geográfica. A frequência dos resultados em todos os estados diminuíram quase completamente nos últimos 10 anos. O último registro da espécie em coleções científicas foi em 2004. As variáveis mais importantes para modelagem de *B. itapetiningae* mostram que a espécie tem preferência por localidades típicas dos planaltos e chapadas da parte sul do Cerrado, onde a topografia favorece maior umidade e temperaturas mais amenas. As distribuições dos cenários permissivo e restritivo modelados para *B. itapetiningae* abrangeu uma área aparentemente grande. No entanto, esta área inclui zonas muito afetadas pela urbanização, desmatamentos e fronteiras agrícolas. O cenário permissivo e o restritivo do futuro (2050) mostraram que as áreas sobrepostas com as fitofisionomias abertas do Cerrado poderiam colocar *B. itapetiningae* com status de ameaça vulnerável (VU) à extinção. De acordo com o cenário restritivo do presente com a sobreposição do mapa de remanescentes de áreas abertas e utilizando a ferramenta do GeoCAT com as localidades recentes, sugere-se que *B. itapetiningae* deixe de ter o status de menos preocupante (LC) de acordo com a IUCN e seja considerada espécie em perigo de extinção (EN) (Critério: A2a; B2bii,iii).

Palavras-chave: remanescentes de Cerrado, unidades de conservação, áreas prioritárias, status de ameaça.

INTRODUÇÃO

A conservação de espécies exige tanto do conhecimento detalhado sobre sua história natural e sua biologia quanto de informações sobre a sua distribuição geográfica (Lomolino, 2004; Whittaker *et al.*, 2005; Papes e Gaubert, 2007), uma vez que essas informações indicam as necessidades básicas de sobrevivência da espécie.

Poucos estudos foram realizados sobre distribuição geográfica e fatores que afetam essa distribuição na fauna do Cerrado. Diante disso, o desenvolvimento de modelos de distribuição geográfica pode ser importante para investigar padrões e processos biogeográficos, possibilitando a previsão da distribuição geográfica de espécies a partir de poucos dados de ocorrência (Guisan e Thuiller, 2005).

Muitos fatores bióticos, abióticos e históricos podem influenciar a distribuição geográfica de uma espécie (Cerqueira, 1995) e, nos últimos anos, modelos de distribuição geográfica começaram a ser utilizados nos estudos de biogeografia, ecologia, evolução e conservação. Os modelos de distribuição geográfica podem ser utilizados para identificar as áreas com alta riqueza de espécies (Araújo e Guisan, 2006; Garcia, 2006; Costa *et al.*, 2007), amostrar espécies raras (Guisan *et al.*, 2006), prever os efeitos das mudanças climáticas sobre a distribuição das espécies (Araújo e Rahbek, 2006; Hijmans e Graham, 2006a), avaliar o potencial de invasão e proliferação de espécies exóticas (Peterson e Vieglais, 2001), indicar a distribuição geográfica de uma espécie no presente e no passado (Hugall *et al.*, 2002), fazer previsão sobre sua distribuição futura (Siqueira e Peterson, 2003) e definir áreas prioritárias para conservação (Garcia, 2006).

Baseados na quantificação da relação das espécies com o ambiente físico (Nicho Grinneliano) (Soberón e Peterson, 2005), os modelos de distribuição geográfica geram

previsões indicando habitats adequados ou inadequados para a ocorrência de uma espécie (Engler *et al.*, 2004; Elith *et al.*, 2006), representando assim áreas potenciais de sua distribuição, apesar de não incluir alguns fatores biológicos, como interações ou fatores históricos (Soberón e Peterson, 2005). Os modelos de distribuição geográfica são ferramentas que surgiram com a proposta de preencher as lacunas de conhecimento sobre os limites geográficos das espécies, e ainda ajudam na formulação de novas hipóteses sobre os mecanismos que determinam sua distribuição (Guisan e Zimmermann, 2000).

A modelagem de distribuição geográfica é uma ferramenta importante e necessária principalmente em países onde o desconhecimento da distribuição geográfica de várias espécies ainda é grande. No Brasil, muitas espécies podem estar ameaçadas de extinção, como é o caso de *Bothrops itapetiningae*, que se encontra nas listas oficiais de espécies ameaçadas dos estados de São Paulo e Minas Gerais (Decreto Nº 53.494, de 2 de Outubro de 2008; Deliberação normativa Copam Nº 147, de 30 de Abril de 2010) e vem sofrendo ameaças em toda sua área de distribuição.

Bothrops itapetiningae é uma serpente endêmica do Cerrado, ocorrendo em áreas abertas dominadas por campos (campo limpo, campo sujo, campo cerrado) (Nogueira, 2001; Sawaya *et al.*, 2008), desde o Distrito Federal até o norte do Paraná. É uma espécie de tamanho pequeno e de hábito terrícola (Martins *et al.*, 2001). Apresenta atividade predominantemente noturna, apesar de ser encontrada também durante o dia (Nogueira, 2001; Sawaya *et al.*, 2008). É vivípara, com fecundidade relativamente baixa (3-11 embriões) (Sawaya *et al.*, 2008) e possui dieta generalista (Martins *et al.*, 2002).

A perda de hábitat é a principal causa de extinção de espécies no mundo (Rodrigues, 2005; IUCN, 2008a, b) e as atuais taxas de perda de hábitat natural do Cerrado estão reduzindo rapidamente as opções de conservação na região. Mesmo com o Cerrado sendo

considerado um *hotspot* da biodiversidade global, conforme definido pela riqueza de espécies, endemismo e gravidade das ameaças humanas (Myers *et al.*, 2000; Mittermeier *et al.*, 2005), a região está sendo destruída a um ritmo acelerado, onde 55% de sua vegetação original já foi removida (Machado *et al.*, 2004; Klink e Machado, 2005). Dada a urgência para conservar os habitats e espécies, o tempo para realizar estudos profundos e detalhados de toda a região não está disponível. Em tal cenário, a modelagem de distribuição geográfica pode ser uma ferramenta útil com enorme potencial no planejamento conservacionista e manejo da fauna silvestre (Stockwell e Peterson, 2002; Rushton *et al.*, 2004; Costa *et al.*, 2010).

Assim, estudos com o objetivo de conhecer melhor a situação das espécies endêmicas são urgentes, pois algumas dessas espécies podem se encontrar em situação crítica e demandar rápidos esforços para sua conservação, sendo que em geral o maior problema é o desconhecimento sobre a biologia e a distribuição dos répteis brasileiros (Martins e Molina, 2008).

O objetivo geral deste trabalho é propor estratégias de conservação para *Bothrops itapetiningae*. Os objetivos específicos são: 1) determinar áreas com condições adequadas de ocorrência potencial de *Bothrops itapetiningae*; 2) determinar quais variáveis climáticas são mais importantes para explicar a ocorrência da espécie; 3) avaliar a área de remanescentes que sobrepõem com a área de distribuição potencial presente e futura; 4) avaliar a representatividade das unidades de conservação de proteção integral que coincidem com as localidades de ocorrência; 5) sugerir novas áreas para criação de unidades de conservação para proteger a espécie e 6) avaliar o status de conservação da espécie de acordo com os critérios da IUCN e com dados detalhados de distribuição potencial e observada.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado com base em espécimes provenientes de várias localidades do domínio fitogeográfico do Cerrado brasileiro. A área de abrangência do Cerrado considerada neste estudo foi baseada no mapa de vegetação do IBGE (2003).

O Cerrado é composto por um mosaico de vegetação, resultante da diversidade de solos, de topografias e climas da região (Alho e Martins, 1995). O clima é predominantemente do tipo Aw de Köppen, marcadamente sazonal, com uma estação chuvosa (outubro a março) e uma estação seca (abril a setembro), recebendo em média 1300 a 1600 mm de chuvas anualmente (Ribeiro e Walter, 2008; Silva *et al.*, 2008). A temperatura média anual fica em torno de 20 °C (Nimer, 1989). Ocorre em altitudes que variam entre 300 m a mais de 1600 m (Ribeiro e Walter, 2008).

A vegetação do Cerrado é dominada por fitofisionomias savânicas, em que predominam árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo ou campestre, dominado por espécies herbáceas e algumas arbustivas, sendo estes os habitats principais de *B. itapetiningae*. Fitofisionomias florestais, com predominância de espécies arbóreas de maior porte, ocorrem principalmente nos fundos de vales, próximos a cursos d'água (Oliveira-Filho e Ratter, 2002; Ribeiro e Walter, 2008) ou em locais de solos muito férteis (Scariot e Sevilha, 2005).

Espécimes Analisados

O mapeamento de distribuição potencial foi baseado nas localidades de 353 indivíduos tombados na Coleção Herpetológica do Instituto Butantan (IB), na Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília (CHUNB), na Coleção Herpetológica da Universidade Federal

de Uberlândia (UFU), no Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), no Museu de História Natural Capão da Imbuia da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba e na Coleção da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) (Figura 1; Apêndice 2). Todos os registros foram revisados e validados de acordo com a identificação e o local de coleta.

Análise dos Registros nas Coleções

Foi analisada a frequência de animais depositados nas coleções entre 1912 e 2012, de acordo com o estado (localidade) onde foram encontrados.

Distribuição Geográfica Potencial

Utilizando os pontos de localização (latitude e longitude) de cada espécime registrado, foi modelada a distribuição geográfica potencial de *B. itapetiningae* utilizando o programa Maxent (*Maximum Entropy*), que associa a informação geográfica dos pontos de ocorrência com variáveis bioclimáticas e de altitude (Phillips *et al.*, 2004; Phillips *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2010), minimizando assim as lacunas de amostragem.

Esse algoritmo baseia-se no princípio da máxima entropia, que considera que a melhor aproximação para uma distribuição de probabilidades desconhecida é aquela que satisfaça qualquer restrição à distribuição (Elith *et al.*, 2011). Trata-se de um método para realizar previsões ou inferências a partir de informações incompletas. Mais detalhes sobre a função do algoritmo são fornecidos por Stockwell e Noble (1992).

Este algoritmo foi o programa escolhido dentre os vários existentes para modelagem por apresentar os resultados mais robustos (Elith *et al.*, 2006; Barreto, 2008; Phillips e Dudik, 2008) e os melhores desempenhos, mesmo com amostras pequenas (Hernandez *et al.*,

2006; Hijmans e Graham, 2006b; Gibson *et al.*, 2007; Guisan; Graham; *et al.*, 2007; Pearson *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2010).

Foram utilizadas as variáveis ambientais do projeto Worldclim (Hijmans *et al.*, 2005). Dentre as variáveis ambientais, foram selecionadas para a modelagem apenas as que não foram altamente correlacionadas, de acordo com resultados de análises prévias similares no Cerrado (Costa *et al.*, 2010).

Após a aplicação deste critério, foram utilizadas as seguintes variáveis ambientais: Bio2 = Variação da média diurna (média de mensal (temp. max – temp. min)), Bio3 = Isotermalidade (Bio2/Bio7), Bio4 = Sazonalidade de temperatura, Bio5 = Temperatura máxima do mês mais quente, Bio6 = Temperatura mínima do mês mais frio, Bio7 = Amplitude térmica anual (Bio5-Bio6), Bio8 = Temperatura média do trimestre mais úmido, Bio10 = Temperatura média do trimestre mais quente, Bio12 = Precipitação anual, Bio13 = Precipitação do mês mais chuvoso, Bio14 = Precipitação do mês mais seco, Bio15 = Sazonalidade da precipitação (coeficiente de variação), Bio18 = Precipitação do trimestre mais quente, Bio19 = Precipitação do trimestre mais frio e uma variável topográfica = Altitude. Todas as variáveis utilizadas para geração dos modelos tiveram resolução de 2,5 minutos de grau (pixels com aproximadamente de 5 km de resolução espacial).

Estas variáveis são resultantes da interpolação de dados de temperatura e pluviosidade do período de 1950 a 2000, obtidas em estações meteorológicas de várias localidades da América do Sul. Para as previsões futuras as variáveis foram baseadas no relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) 4, referentes ao ano de 2050 (Hijmans *et al.*, 2005).

Foram selecionados 75% dos registros para treino (modelagem) e 25% para o teste (Franklin e Miller, 2009). A modelagem foi rodada com 10 réplicas através da opção “Crossvalidate”.

Para avaliar o desempenho dos modelos foi usado o valor médio do AUC gerado a partir das 10 réplicas (Fielding e Bell, 1997), utilizando a abordagem ROC (*Receiver Operation Characteristic*) (Peterson *et al.*, 2008) que avalia o desempenho do modelo através de um único valor (AUC) que representa a área sob a curva ROC. Ela é um indicador da capacidade discriminatória do modelo e é interpretada diretamente como a probabilidade do modelo onde, dado um ponto de verdadeira presença e um ponto de verdadeira ausência, o modelo classificá-los corretamente (Phillips *et al.*, 2006). Para um relato detalhado da abordagem ROC, ver Peterson *et al.* (2008).

Valores de AUC determinam a sua validade: valores de $AUC = 0,5$ indicam que o modelo não é diferente do acaso; valores de $AUC \geq 0,7$ indicam que o modelo é aceitável; valores de $AUC > 0,8$ indicam um bom modelo; valores de $AUC > 0,9$ indicam modelos ótimos. Já $AUC = 1$ indica que o modelo discrimina perfeitamente entre presença e ausência (Fielding e Bell, 1997; Pearce e Ferrier, 2000; Thuiller *et al.*, 2003; Hijmans e Graham, 2006b).

O formato de saída para Maxent são arquivos *raster* com valores de probabilidade de ocorrência entre 0 e 1, onde os valores mais próximos a 1 indicam a maior probabilidade de encontrar a espécie, devido às condições ecológicas locais mais favoráveis e semelhantes às regiões com presenças confirmadas. Para transformar os modelos em presença ou ausência é necessária a seleção de um limiar (*threshold*). A seleção destes limiares tem efeito drástico sobre o resultado final dos mapas de ocorrência potencial. Portanto, foram selecionados dois limiares distintos para confeccionar os polígonos de distribuição

geográfica potencial presentes e futuras, gerando cenários mais permissivos e outros mais restritivos.

Para os cenários mais permissivos foi escolhido o valor de *threshold* de “10 percentile training presence” e para os cenários mais restritivos foi escolhido o valor de “20 percentile training presence”. Ou seja, um limite de corte após os valores do modelo serem cruzados com os pontos de presença conhecida e extraídas as probabilidades de cada ponto, foi adotado como limite de corte o valor que correspondeu à 10% e 20% dos menores valores de probabilidade de ocorrência do cruzamento dos pontos com as variáveis ambientais.

Para reduzir erros de comissão comuns em modelagens (Corsi *et al.*, 2000), os resultados dos modelos para o presente foram ajustados de acordo com as localidades conhecidas da espécie (Anderson *et al.*, 2003; Hijmans e Graham, 2006b). Isto porque os modelos de distribuição geográfica são baseados apenas em fatores abióticos e ignoram os fatores bióticos como dispersão e interações, podendo indicar presença em áreas de ausência conhecida (Hijmans e Graham, 2006b), gerando áreas de sobreprevisão (falsos positivos) indesejáveis para traçar estratégias de conservação.

Mapas de Vegetação e Unidades de Conservação

Para calcular quanto da área da distribuição modelada ainda é coberta por remanescentes de vegetação nativa, as áreas de ocorrência potencial foram sobrepostas com o mapa de remanescentes de vegetação do Ministério do Meio Ambiente (2009).

Como *B. itapetiningae* ocorre exclusivamente em ambientes abertos de Cerrado (Nogueira, 2001; Sawaya *et al.*, 2008), foi realizada a sobreposição somente com as fitofisionomias de áreas abertas do mapa de remanescentes do projeto *Global Land Cover* (GLC) (Eva *et al.*,

2002). As fitofisionomias selecionadas foram: *grass savannah*, *shrub savannah*, *closed shrublands* e *open shrublands* (Eva *et al.*, 2002). O mesmo ocorreu no cruzamento com o mapa de remanescentes do cerrado (MMA, 2009), sendo selecionadas somente as fitofisionomias de campos de Cerrado e savana com fragmentos de matas de galerias (Saf e Spf) e sem matas de galerias (Sas e Sps) e as fitofisionomias campestres (Sgs e Sgf) (Velooso *et al.*, 1991).

Para verificar quais Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI) poderiam incluir registros conhecidos de *Bothrops itapetiningae*, foi aplicado um *buffer* de 2km ao redor de cada ponto de ocorrência e realizado o cruzamento para ver quais pontos se sobrepõem com UCPI.

As UCPI foram selecionadas por serem as únicas que efetivamente garantem a proteção dos recursos naturais, onde não é permitido o uso direto dos mesmos, salvo em casos previstos em Lei (SNUC, 2002).

Para determinar as áreas prioritárias para a proposição de UC voltadas à proteção de *B. itapetiningae* foi aplicado um *buffer* de 2 km ao redor de cada ponto de ocorrência para verificar a sobreposição com o mapa de áreas abertas de remanescentes do Cerrado.

Classificação da IUCN

Com base nos critérios da União Internacional para Conservação da Natureza - IUCN (IUCN, 2011) foi realizada uma avaliação do status de ameaça de *B. itapetiningae* de acordo com os resultados de cada cenário proposto. Utilizou-se também a ferramenta do *Geospatial Conservation Assessment Tool* (GeoCAT – disponível em: <http://geocat.kew.org/editor>), recomendada pela IUCN, com 2 km de raio para cada célula ou ponto de localização de ocorrência, determinando assim a extensão de ocorrência

(EOO) e a área de ocupação (AOO). Nesta ferramenta do GeoCAT foram realizados testes com as localidades históricas (desde 1910) e outro somente com as localidades atuais (desde 1990).

Após o cruzamento da distribuição modelada com o mapa de remanescentes, com o do GLC e com o de fitofisionomias de áreas abertas do Cerrado, foram feitos *grids* de 4 km² e solicitado o centróide de cada *grid* que se sobrepôs com cada uma dessas áreas, obtendo a latitude e longitude de cada ponto. Os cenários permissivo e restritivo com essas sobreposições de áreas abertas também foram testados no GeoCAT.

RESULTADOS

Análise dos Registros

Na década de 1910 ocorreram os primeiros registros de *B. itapetiningae* em São Paulo e em Goiás (Figura 2). Em meados de 1930 obteve-se um pico no número de registros para São Paulo e os primeiros registros no Paraná e Mato Grosso do Sul, porém este número caiu bruscamente nos anos seguintes, voltando a subir um pouco em 1950 somente em São Paulo. Por volta de 1970 ocorre o maior número de registros para o estado de Minas Gerais e mais recentemente, na década de 1990 aumentam os registros no Distrito Federal. Os registros em todos os estados diminuem quase que totalmente nos últimos 10 anos. Há oito anos não são registrados novos exemplares de *B. itapetiningae* nas coleções.

Distribuição Geográfica Potencial

As variáveis mais importantes para prever a ocorrência de *B. itapetiningae* foram: Bio18 (Precipitação do trimestre mais quente): 25,6%; Bio6 (temperatura mínima do mês mais frio): 21,2%; Bio12 (Precipitação anual): 15,1%; Altitude: 11%; e, Bio5 (Temperatura máxima do mês mais quente: 8,6%), que contribuíram com 82% da previsão. O Maxent

fornece uma curva de resposta, calculada a partir da contribuição de cada variável para o modelo. Essa curva auxilia na interpretação dos requerimentos ecológicos da espécie, de acordo com as variáveis ambientais utilizadas (Figura 3).

A modelagem (Figura 4) obteve uma média das 10 réplicas do AUC de 0,986 para o treino e de 0,98 para o teste (significa que quando sorteados dois pontos, uma presença verdadeira e uma ausência verdadeira, o algoritmo tem 98% de probabilidade de classificar corretamente cada um deles), com desvio padrão de 0,0005 para o treino e 0,006 para o teste.

Remanescentes e Unidades de Conservação

Cenários Presentes

De acordo com os resultados do cenário permissivo do presente, a distribuição modelada apresentou uma área de 210.875,55 km². A área sobreposta aos remanescentes foi de 61.106,99 km² (29% da distribuição modelada). Utilizando as fitofisionomias abertas do GLC, a área sobreposta foi reduzida para 20.952,16 km² (10% da distribuição modelada). Somente com as fitofisionomias abertas do Cerrado, a área sobreposta diminuiu para 5.833,66 km² (2,77% da distribuição modelada) (Figura 5 e Tabela 1).

Considerando o cenário restritivo do presente, a distribuição modelada apresentou uma área de 128.256,23 km². Sobreposta com todos os remanescentes a área resultante foi reduzida para 36.652,45 km² (28% da distribuição modelada). Com as fitofisionomias abertas do GLC, a área sobreposta foi reduzida para 11.593,51 km² (9% da distribuição modelada). Já a área sobreposta utilizando somente as fitofisionomias abertas do Cerrado foi de 1.914,41 km² (1,49% da distribuição modelada) (Figura 6).

Unidades de Conservação

Apenas três UCPI coincidiram com os pontos e o *buffer* de 2 km, sendo duas estações ecológicas e um parque nacional (Figura 7). As duas estações ecológicas ficam em São Paulo, sendo uma a Estação Ecológica de Itirapina (24,33 km²) e a outra a Estação Ecológica de Angatuba (13,94 km²). Já o Parque Nacional de Brasília (423,55 km²) está localizado no Distrito Federal. A soma das áreas das três UC que coincidiram com as localidades de ocorrência é de somente 462 km² (0,22% da distribuição modelada permissiva e 0,36% da distribuição modelada restritiva).

Foram encontrados 21 fragmentos de remanescentes de áreas abertas do Cerrado coincidindo com o *buffer* de 2 km de cada ponto de registro de *B. itapetiningae* (Figura 8). Foi encontrada uma área no Distrito Federal, uma em Goiás, uma em Mato Grosso do Sul, três em Minas Gerais e 15 em São Paulo (Tabela 2).

Cenários Futuros

O cenário permissivo do futuro encontrou uma área da distribuição modelada de 81.131,71 km². Neste cenário, a área de sobreposição com todos os remanescentes foi de 29.998,77 km² (36% da distribuição modelada). Usando as fitofisionomias abertas do GLC, a área sobreposta diminui para 9.431,31 km² (11% da distribuição modelada) e com as fitofisionomias abertas do Cerrado a área sobreposta foi de 1.006,96 km² (1,24% da distribuição modelada) (Figura 9 e Tabela 1).

No cenário restritivo do futuro, a área da distribuição modelada foi de 59.496,56 km². A área de sobreposição com todos os remanescentes foi de 22.358,42 km² (37% da distribuição modelada). Considerando as fitofisionomias abertas do GLC, a área caiu para 7.906,31 km² (13% da distribuição modelada). Incluindo somente as fitofisionomias

abertas do Cerrado a área sobreposta foi reduzida para 716,27 km² (1,2% da distribuição modelada) (Figura 10).

Classificação da IUCN

Considerando a EOO e a AOO, os resultados do cenário permissivo do presente com todas as sobreposições com os mapas de remanescentes de vegetação, o status de ameaça de *B. itapetiningae* pode ser classificado como menos preocupante (LC). Com o cenário restritivo do presente, o status de ameaça de *B. itapetiningae* pode ser classificado como menos preocupante (LC) em todos os casos, exceto pela sobreposição com as áreas abertas do Cerrado, onde o status de ameaça poderia ser considerado como vulnerável (VU) de acordo com a área de ocupação do critério B2 da IUCN (Tabela 3).

Os resultados do cenário permissivo do futuro mostram que o status de ameaça de *B. itapetiningae* poderá ser menos preocupante (LC), salvo pela sobreposição com o mapa de áreas abertas do Cerrado, onde o status de ameaça da espécie seria vulnerável (VU) de acordo com a área de ocupação do critério B2 da IUCN. O mesmo ocorre para o cenário restritivo (Tabela 3).

A ferramenta do GeoCAT indicou que, de acordo com todas as localidades históricas (desde 1910), *B. itapetiningae* encontra-se num status de ameaça menos preocupante (LC) quanto à extensão de ocorrência, porém vulnerável (VU), de acordo com a área de ocupação do critério B2 da IUCN (Figura 11) (Tabela 3). Utilizando somente as localidades recentes (desde 1990), *B. itapetiningae* permanece com status de ameaça menos preocupante (LC) quanto à extensão de ocorrência. No entanto o status de ameaça foi em perigo (EN), de acordo com a área de ocupação do critério B2 da IUCN (Figura 12) (Tabela 3).

Aplicando os pontos gerados pela sobreposição dos cenários presentes com os mapas de vegetação, o GeoCAT indicou todos os cenários como menos preocupante (LC), menos os pontos do cruzamento do cenário restritivo com o mapa de áreas abertas do Cerrado, onde o status de ameaça foi quase ameaçada (NT) (Tabela 3 e Figuras 13, 14, 15, 16, 17 e 18).

DISCUSSÃO

Análise dos Registros

Ao longo dos anos, o aumento e a diminuição no número de registros de *B. itapetiningae* parecem estar ligados principalmente a fatores históricos do Brasil e especificamente de cada região. O ponto de partida da expansão agrícola no Brasil foi nos anos 30, quando ocorreu a “segunda revolução agrícola” (Ehlers, 2000), período onde se obteve o maior número de registros em São Paulo e Paraná, provavelmente pelo aumento da presença do homem no campo nestas regiões. Nas décadas seguintes o número de registros diminuiu, assim como os da expansão agrícola.

Já na década de 1970 o número de registros sobe novamente, mas no estado de Minas Gerais, coincidindo novamente com o período da melhora do padrão tecnológico na agricultura e a expansão da fronteira agrícola no Centro-Oeste (Fernandes, 2006). Na década de 1990 ocorreu um aumento no Distrito Federal, devido ao incremento da pesquisa em herpetofauna na Universidade de Brasília e à expansão urbana das últimas décadas na região. Entretanto, apesar de uma nova fase do aumento da expansão agrícola nos últimos 15 anos (Guidolin e Porto-Júnior, 2007), o número de registros não tem elevado, mostrando que mesmo com o aumento do homem no campo, os registros de *B. itapetiningae* vêm diminuindo consideravelmente. O último registro da espécie foi do ano de 2004, completando oito anos sem registro da espécie nas coleções científicas do país.

Esse quadro é ainda mais preocupante, considerando o incremento no número de pesquisadores em trabalho de campo no Cerrado.

Distribuição Geográfica Potencial

As variáveis mais importantes para prever a ocorrência de *B. itapetiningae* mostraram que a espécie tem requerimentos ecológicos por localidades de Cerrado com maiores precipitações nos meses quentes, com menores temperaturas no mês mais frio, com maiores precipitações anuais, com altitudes mais altas e com menores temperaturas máximas do mês mais quente. Tais características são típicas dos planaltos e chapadas da parte sul do Cerrado, onde a topografia favorece maior umidade e temperaturas mais amenas.

Segundo as médias de treino e teste do AUC, o desempenho do modelo foi ótimo, ou seja, muito diferente do aleatório, indicando ótima capacidade de discriminação do modelo para avaliar a especificidade (ausência de erro de comissão) e sensibilidade (ausência de erro de omissão) (Zweig e Campbell, 1993; Fielding e Bell, 1997). O índice AUC é uma medida direta da qualidade do modelo e, a despeito de algumas críticas, seu uso ainda é uma avaliação robusta do resultado da modelagem (Hijmans e Graham, 2006b), sendo a estatística mais utilizada para avaliar o desempenho de modelagem de distribuição geográfica (Elith *et al.*, 2006; Guisan *et al.*, 2007; Pearson *et al.*, 2007).

Esta relação entre sensibilidade e especificidade pode ser vista ao escolher o limite de decisão (*threshold*) baseado na curva ROC (sensibilidade no eixo y e 1-especificidade no eixo x). O ponto de corte escolhido dessa forma maximiza a chance de acertos, diminuindo os erros ao equilibrar os erros de omissão e de comissão. Essa característica, que é a maior qualidade do método, é também a principal fonte de crítica. Isso porque o método lida

como se esses dois erros tivessem o mesmo peso, o que depende muito dos objetivos do trabalho (Barreto, 2008). Outro ponto de crítica é o fato do algoritmo não considerar os aspectos históricos, dispersão e interações bióticas que podem ter ou estar impedindo a ocorrência natural da espécie em determinadas regiões (Lopes *et al.*, 2007).

A despeito de críticas, os motivos para a utilização da modelagem de distribuição geográfica ainda são mais fortes por ser uma ferramenta fundamental para estimar áreas de ocorrência, direcionar levantamentos futuros e até mesmo descobrir espécies novas (Raxworthy *et al.*, 2003; Pearson *et al.*, 2007; Giovanelli *et al.*, 2008). A modelagem ganha ainda mais relevância quando consideramos o pouco tempo e a limitação de recursos para a formulação de políticas conservacionistas, onde as decisões precisam ser baseadas nos dados disponíveis, salientando a importância de maximizar a utilidade das informações contidas nos bancos de dados de coleções científicas (Dominguez-Dominguez *et al.*, 2006; Garcia, 2006).

Remanescentes e Unidades de Conservação

Cenários Presentes

Compreender os padrões de distribuição de espécies raras ou endêmicas é um grande desafio para a biogeografia e conservação, uma vez que estas espécies são importantes por serem intrinsecamente vulneráveis ao impacto humano (Eken *et al.*, 2004) e representarem os melhores indicadores individuais de áreas de endemismo (Raxworthy *et al.*, 2007). Ao mesmo tempo, são estas espécies as menos conhecidas na natureza, devido à sua raridade e dificuldade de amostragem no campo.

A distribuição modelada para *B. itapetiningae* abrangeu uma área aparentemente grande. No entanto, esta área inclui várias zonas muito afetadas pela urbanização, desmatamentos e

é fortemente afetada pela agricultura. Com isso, algumas sub-populações de *B. itapetiningae* já podem ter sofrido redução ou extinção local, como sugere o padrão na frequência de registros nas coleções científicas.

Quando a distribuição modelada foi sobreposta com o mapa de remanescentes a área diminuiu muito, tanto no cenário permissivo quanto no restritivo. No cruzamento com o mapa do GLC a área onde *B. itapetiningae* potencialmente pode ocorrer reduziu mais ainda, apesar desse mapa ser do ano 2000 e ter sido elaborado em uma escala menos refinada (Loveland *et al.*, 2012). Já a sobreposição com o mapa de remanescentes de áreas abertas do Cerrado, o que acredita-se ser o mais realista para a espécie, resultado de um trabalho mais recente e elaborado numa escala mais refinada, a área decresceu drasticamente nos dois cenários de distribuição potencial presente. De fato *B. itapetiningae* foi a espécie sulamericana de jararaca que perdeu a maior porcentagem (75%) de área nativa (Antunes, 2012).

As espécies com áreas de distribuição menores que 50.000 km² deveriam ser alvos principais em estratégias de conservação (Purvis *et al.*, 2000; Eken *et al.*, 2004). Dessa maneira, segundo a sobreposição da distribuição potencial da espécie com os mapas das fitofisionomias abertas do cenário permissivo, *B. itapetiningae* já deveria receber tal atenção. Quando é avaliada a distribuição potencial da espécie em um cenário restritivo com as sobreposições sobre os mapas de fitofisionomias abertas, observamos que a espécie já deveria ser alvo principal de estratégias de conservação.

Estas diferenças entre a distribuição modelada e as sobreposições com mapas de remanescentes e de fitofisionomias abertas se dão por causa da intensidade dos desmatamentos no Cerrado. *Bothrops itapetiningae* é típica de ambientes abertos, os mais impactados pela agricultura e ignorados em iniciativas de conservação (Eva *et al.*, 2002;

Bond e Parr, 2010). Em regiões extremamente alteradas do Cerrado, como o norte de São Paulo, oeste de Minas Gerais e o estado de Goiás existem indicações de extinções locais de pelo menos 34 espécies da fauna nativa e, muito provavelmente, a causa primária tenha sido a excessiva remoção dos ambientes naturais (Marinho-Filho *et al.*, 2010).

Embora algumas espécies possam se beneficiar da alteração de habitats pela ação antrópica, como é o caso da cascavel (Marques e Sazima, 2004), a maioria dos répteis só consegue sobreviver em ambientes bem conservados, por serem especialistas em habitats e não suportarem viver em ambientes alterados, como *B. itapetiningae* (Nogueira, 2001; Sawaya *et al.*, 2008).

As taxas de desmatamentos no Cerrado são elevadas, com média anual de 21.300 km² no período entre 2002 e 2008 (MMA, 2009). Isso representa aproximadamente a área de quatro Distrito Federal desmatados a cada ano. Essa assustadora taxa de desmatamento acompanha o ritmo ditado pela economia. Em regiões críticas para a biodiversidade, qualquer perda de habitat natural poderá causar a extinção local de espécies nativas, especialmente quando se constata que o sistema de áreas protegidas no Cerrado ainda é muito deficiente, onde várias espécies não estão adequadamente protegidas (Klink e Machado, 2005).

Os pontos mais quentes ou com a maior probabilidade de ocorrência para *B. itapetiningae* foram ao sul do Cerrado, especificamente no centro do estado de São Paulo. Este resultado é corroborado por um estudo realizado nesta região, onde a espécie foi considerada abundante (Sawaya *et al.*, 2008) e também por outro estudo realizado no Distrito Federal, onde a espécie foi considerada rara (Nogueira, 2003). Evidenciando que a espécie tem preferência por esta região mais ao sul do Cerrado e que este resultado não reflete um viés

da ocorrência das principais instituições de ensino estar em São Paulo e por isso a maioria dos registros serem dessa região.

No estado de São Paulo, onde fica a maior parte da distribuição modelada de *B. itapetiningae*, dos 0,03457 km² de remanescentes, que correspondem a 13,94% da sua superfície, hoje restam apenas 0,57% de cerrado, 0,01% de campo e menos de 0,001% de campo cerrado (Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, 2005). As áreas de Cerrado sofreram drástica redução no estado entre 1962 e 2005, com a supressão de 86% de sua cobertura original, em função da expansão agrícola e do reflorestamento com espécies exóticas para a indústria de madeira e celulose (Kronka *et al.*, 2005).

Unidades de Conservação

Registros de localidades de ocorrência de *B. itapetiningae* em UCPI foram extremamente raros. No estado de São Paulo, onde *B. itapetiningae* é considerada em perigo (VU) (Decreto Nº 53.494, de 2 de Outubro de 2008), existem somente duas pequenas estações ecológicas que contemplam a ocorrência da espécie. No estado de Minas Gerais, onde ela é classificada como vulnerável (VU) (Deliberação normativa Copam Nº 147, de 30 de Abril de 2010), não existe nenhuma UCPI que sobreponha com seus pontos de registro. A ineficiência do sistema brasileiro de Unidades de Conservação na manutenção de populações animais é amplamente demonstrada (Gregorini *et al.*, 2007). Desta forma, mesmo com alguns registros em unidades de conservação, a conservação de *B. itapetiningae* é frágil, necessitando de ferramentas de manejo e monitoramento.

Mesmo que a espécie ocorra em algumas unidades de conservação, a mera manutenção de poucas subpopulações é insuficiente para proteger a variabilidade genética da espécie (Rodrigues, 2005). Para garantir a conservação da espécie, precisamos de um melhor

entendimento de sua distribuição e dos seus diferentes requerimentos ecológicos (Graham et al., 2004). Tais ações são urgentes, pois uma vez que uma espécie tenha declinado para números muito pequenos, se torna muito difícil e oneroso recuperá-la (Terborgh, 2003).

A preservação de habitats e o controle da exploração direta são as medidas mais efetivas para a conservação dos répteis. A criação e manutenção de unidades de conservação são sem dúvida as melhores e mais importantes medidas de conservação para *B. itapetiningae* e demais répteis brasileiros (Martins e Molina, 2008). As áreas protegidas têm sido utilizadas para assegurar que a biodiversidade, entendida como o conjunto de espécies e todos os seus níveis de organização e processos ecológicos associados, seja mantida no longo prazo. De fato, alguns estudos indicam que tal estratégia é bastante efetiva para a prevenção de extinção local de espécies (Bruner *et al.*, 2001). As áreas protegidas têm que ser estrategicamente estabelecidas para que os componentes da biodiversidade que são mais sensíveis ou vulneráveis às pressões antrópicas sejam protegidos (Machado *et al.*, 2007), e para que sejam representados os padrões originais de distribuição da diversidade biológica.

A região da porção sul do Cerrado possui alta riqueza de Squamata (Costa *et al.*, 2010), sendo uma área prioritária para conservação de serpentes do Cerrado (Couto *et al.*, 2007) e de outros grupos de vertebrados (Gregorini *et al.*, 2007; Kawashima *et al.*, 2007). Além da região ser contemplada com as áreas de planaltos típicos de áreas abertas onde se concentra a maior riqueza e endemismos de Squamata do Cerrado (Nogueira *et al.*, 2011). Diante dos estudos anteriores e dos resultados aqui apresentados, ressalta-se a incontestável importância da conservação dessa região com criação de mais UCPI e outras ações legais e efetivas que protejam os remanescentes ainda existentes. Neste estudo são apresentadas áreas com remanescentes de áreas abertas de Cerrado, foco principal para conservação de

B. itapetiningae, onde é possível a implantação de novas áreas protegidas. Além da espécie aqui estudada, a região também é representada por várias outras espécies endêmicas desse tipo de formação vegetal que ainda não foram e podem nunca ser estudadas com este detalhamento. Nesse sentido, *B. itapetiningae* deve ser utilizada como uma espécie guarda-chuva para conservação, somando-se ainda o fato da espécie não ocorrer em áreas alteradas, podendo ser considerada bioindicadora da qualidade do hábitat.

No entanto, destaca-se a importância de procurar estabelecer o maior número de UC com o maior tamanho possível, já que a simples implementação de uma única unidade de conservação não garante a proteção das espécies, visto que quanto menor a área protegida, maior o número de extinções a médio/longo prazo, mesmo dentro dos limites protegidos (Terborgh, 2003). É necessário UC espalhadas ao longo de toda distribuição geográfica da espécie, juntamente com ações que visem à implementação de ações que possam conectar essas UC, sendo que esses corredores necessitam ser representados pelas diversas fitofisionomias para que sejam efetivos.

Cenários Futuros

Uma revisão sobre o estado de conservação dos répteis apontou seis principais fontes de ameaça, sendo estas a destruição de ambientes naturais, a fragmentação de ecossistemas, a introdução de espécies invasoras, a poluição, doenças, a sobreexploração e mudanças climáticas globais (Wilson, 1989; Gibbons et al., 2000).

O cenário permissivo e o restritivo do futuro (2050) mostraram que as áreas sobrepostas com as fitofisionomias abertas do Cerrado poderiam colocar *B. itapetiningae* com status de ameaça vulnerável (VU) à extinção, de acordo com o critério B2 da IUCN.

Para o próximo século são esperados aumentos globais de temperatura em até 5,4 °C, além de diversas alterações nas condições abióticas globais (Bernstein, 2007), condição determinantes para presença ou ausência de várias espécies. No caso de *B. itapetiningae*, que tem preferência por regiões de climas mais amenos, um cenário de aquecimento restringiu sua potencial ocorrência no futuro mais ainda para o sul do Cerrado, onde existem menos remanescentes naturais e a ocupação humana é mais expressiva, o que afeta enormemente quaisquer ações futuras de manejo e conservação.

Em médio e longo prazo são esperadas adaptações das espécies às novas condições climáticas ou extinções daquelas espécies que não possuem capacidade ou plasticidade suficiente para tal adaptação (Both *et al.*, 2009).

Utilizando modelos futuros (2050) um estudo previu a extinção de 58% das espécies animais de várias regiões do mundo presentes na lista de espécies ameaçadas da IUCN (Thomas *et al.*, 2004). Um estudo posterior argumenta que a habilidade de dispersão das espécies não foi considerada e, verificando outras fontes adicionais de incertezas, o número de espécies extintas em 2050 pode aumentar substancialmente (Thuiller *et al.*, 2004).

Os modelos projetados para o futuro apresentam as regiões que provavelmente terão as condições climáticas em que atualmente a espécie ocorre. Porém isso não quer dizer que a espécie vai estar ou chegar até estas novas localidades. Muitos organismos não possuem mobilidade ou habilidade o suficiente para dispersar para áreas às vezes previstas pelos modelos. Além disso, os modelos são incapazes de incorporar barreiras geográficas ou o efeito da ocupação humana (Wiens e Graham, 2005).

A tentativa de prever as respostas biológicas às mudanças climáticas globais é uma tarefa difícil, uma vez que os modelos existentes não contemplam muitos processos biológicos

que ocorrem nas comunidades atuais (Guisan e Zimmermann, 2000; Silva e Brito, 2008). A dependência de longas séries temporais e o fato de que muitos eventos associados às mudanças climáticas são efêmeros, também dificultam a detecção dos efeitos e tornam a tarefa de previsão ainda mais difícil (Root *et al.*, 2003; Parmesan, 2006).

Entretanto, apesar de toda controvérsia a respeito dos detalhes das mudanças climáticas, acredita-se que seus efeitos sobre as espécies já estão acontecendo, gerando alterações em importantes características das comunidades, tais como na composição de espécies e estrutura da comunidade (Parmesan e Yohe, 2003). Além disso, estas previsões indicam tendências que devem ser levadas em consideração em políticas de conservação.

O uso de modelos de distribuição geográfica futuros é uma ferramenta interessante para trabalhar com espécies ameaçadas. Esses modelos podem atuar como indicadores de prioridade na elaboração e planejamento de coletas e na elaboração de planos de manejo. A validação dos mesmos é extremamente importante para que seu uso seja mais difundido no meio científico e venham a sobrepor metodologias mais antigas cuja eficiência ainda é questionada, mas que continuam em uso devido à falta de alternativas. Os dados gerados podem maximizar a utilidade de dados de biodiversidade existentes, proporcionando uma primeira avaliação muito útil (Costa *et al.*, 2010).

Classificação da IUCN

As listas vermelhas podem classificar espécies em Não Avaliada (NE), Dados Insuficientes (DD), Menos Preocupante (LC), Quase Ameaçada (NT), Vulnerável (VU), Em Perigo (EN), Criticamente em Perigo (CR), Extinto na Natureza (EW) e Extinto (EX) em escala global ou regional. As espécies são classificadas em categorias nas listas vermelhas de espécies ameaçadas de extinção com base em vários critérios, incluindo redução da

população, redução/fragmentação da área de distribuição, população pequena e declínio, população muito pequena ou muito restrita e quantidade de indivíduos (IUCN, 2011).

Definir o status de ameaça de uma espécie é fundamental para priorizar ações de conservação. No entanto, dados apropriados são frequentemente difíceis de coletar, pois informações desse tipo com detalhamento suficiente, raramente estão disponíveis para a maior parte das espécies, o que dificulta a tomada de decisões (Vital, 2009).

Nesses casos, a maior parte da informação disponível para avaliar o status de conservação das espécies restringe-se à informação de distribuição geográfica. Neste contexto, a modelagem de distribuição geográfica potencial e principalmente uma boa base de dados confiáveis torna-se uma importante ferramenta, especialmente interessante quando dados de distribuição são os únicos disponíveis para avaliar uma espécie (Peterson e Kluza, 2003).

A principal causa de extinções no planeta tem sido atribuída à perda de hábitat (IUCN, 2008a, b) e, apesar da enorme taxa de destruição da vegetação e paisagens naturais do Brasil, somente cinco espécies de serpentes estão na lista brasileira das espécies ameaçadas de extinção (Ibama - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2003).

Bothrops itapetiningae foi avaliada com algum grau de ameaça somente em duas listas de espécies ameaçadas estaduais. Entretanto, diante dos resultados aqui apresentados e por acreditar que o cenário restritivo do presente com a sobreposição do mapa de remanescentes de áreas abertas é o que melhor representa a realidade da espécie atualmente, de acordo com a ferramenta do GeoCAT utilizando as localidades recentes, como recomenda a IUCN, sugere-se que *B. itapetiningae* deixe de ter o status de menos

preocupante (LC) de acordo com a IUCN e seja considerada espécie em perigo de extinção (EN) (Critério: A2a; B2bii,iii) globalmente.

O critério A2a é a redução da população observada, estimada, inferida ou suspeitada no passado, baseado na observação direta, sendo que, de acordo com os registros de coleções aqui apresentados, esta redução é clara. Já o critério B2 está relacionado à redução da área de ocupação, com tamanho menos que 2.000 km² e os itens bii e iii estão relacionados ao declínio continuado da área de ocupação, fragmentação severa do hábitat e sob pressão constante de desmatamento (MMA, 2011; Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, 2005).

CONCLUSÕES GERAIS

Este estudo contribuiu com informações a respeito da biologia e história natural de *B. itapetiningae* no primeiro capítulo, já que pouco se sabia da espécie. Já no segundo capítulo, o estudo delimitou a distribuição geográfica potencial de *B. itapetiningae* e com isso pode avaliar o status de conservação da espécie. Diante dos resultados e conclusões apresentadas nos dois capítulos, é possível afirmar que *B. itapetiningae* encontra-se num cenário preocupante e delicado, evidenciando que as ações para proteger esta e outras espécies endêmicas do Cerrado são urgentes.

Os dados recentes de níveis de diversidade e endemismos da herpetofauna do Cerrado (Nogueira *et al.*, 2011) superam os números de estudos anteriores (Colli *et al.*, 2002), tornando ainda mais óbvio que é preciso atuar eficiente e imediatamente na conservação e criação de áreas protegidas no Cerrado para evitar a extinção de uma parcela importante da biodiversidade brasileira (Nogueira *et al.*, 2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alho, C.J.R., and Martins, E.S. 1995. De grão em grão, o cerrado perde espaço: (cerrado, impactos do processo de ocupação). WWF- Fundo Mundial para a Natureza, Brasília,
- Anderson, R.P., Lew, D., and Peterson, A.T. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162:211-232.
- Antunes, J.F. 2012. Diversidade Filogenética, Distribuição Geográfica e Prioridades de Conservação em Jararacas Sulamericanas (Serpentes: Viperidae: *Bothrops* e *Bothrocophias*). Mestrado. Dissertação, Universidade de Brasília, Brasília, 89.
- Araújo, M.B., and Guisan, A. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* 33:1677-1688.
- Araújo, M.B., and Rahbek, C. 2006. How does climate change affect biodiversity? *Science* 313:1396-1397.
- Araújo, M.B., and Luoto, M. 2007. The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. *Global Ecology and Biogeography* 16:743-753.
- Barreto, F.C.C. 2008. Modelagem de distribuição potencial de espécies como ferramenta para a conservação: seleção e avaliação de algoritmos e aplicação com *Heliconius nattereri* Felder, 1865 (Nymphalidae: Heliconiinae). Doutor. Tese, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 57.
- Bond, W.J., and Parr, C.L. 2010. Beyond the forest edge: ecology, diversity and conservation of the grassy biomes. *Biological Conservation* 143:2395-2404.

- Both, C., Van Asch, M., Bijlsma, R.G., Van Den Burg, A.B., and Visser, M.E. 2009. Climate change and unequal phenological changes across four trophic levels: constraints or adaptations? *Journal of Animal Ecology* 78:73-83.
- Bruner, A.G., Gullison, R.E., Rice, R.E., and Fonseca, G.A.B. 2001. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* 291:125-128.
- Cerqueira, R. 1995. Determinação de distribuições potenciais de espécies. *Oecologia brasiliensis* 2:141-161.
- Colli, G.R., Bastos, R.P., and Araújo, A.F.B. 2002. The character and dynamics of the Cerrado herpetofauna. Pp. 223-241 in P.S. Oliveira and R.J. Marquis (Eds.), *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna*. Columbia University Press, New York, 223-241.
- Corsi, F., Skidmore, A., and Leeuw, J. 2000. *Modelling species distribution with GIS*. New York, Columbia University Press.
- Costa, G.C., Nogueira, C.C., Machado, R.B., and Colli, G.R. 2007. Squamate richness in the Brazilian Cerrado and its environmental-climatic associations. *Diversity and Distributions* 13:714-724.
- Costa, G.C., Nogueira, C.C., Machado, R.B., and Colli, G.R. 2010. Sampling bias and the use of ecological niche modeling in conservation planning: a field evaluation in a biodiversity hotspot. *Biodiversity and Conservation* 19:883-899.
- Couto, L.F., Terribile, L.C., and Diniz-Filho, J.A.F. 2007. Padrões espaciais e conservação da diversidade de serpentes do bioma cerrado. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 29:65-73.

Decreto Nº 53.494. de 2 de Outubro de 2008. Declara as Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas, as Quase Ameaçadas, as Colapsadas, Sobreexplotadas, Ameaçadas de Sobreexploração e com dados insuficientes para avaliação no Estado de São Paulo e dá providências correlatas.

Deliberação normativa Copam Nº 147. de 30 de Abril de 2010. Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais.

Dominguez-Dominguez, O., Martinez-Meyer, E., Zambrano, L., and León, G.P.P. 2006. Using Ecological-Niche Modeling as a Conservation Tool for Freshwater Species: Live-Bearing Fishes in Central Mexico. *Conservation Biology* 20:1730-1739.

Ehlers, E. 2000. Agricultura Alternativa: uma perspectiva histórica. *Revista Brasileira de Agropecuária* 01:24-37.

Eken, G., Bennun, L., Brooks, T.M., Darwall, W., Fishpool, L.D.C., Foster, M., Knox, D., Langhammer, P., Matiku, P., and Radford, E. 2004. Key biodiversity areas as site conservation targets. *BioScience* 54:1110-1118.

Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M.S., and Zimmermann, N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29:129-151.

Elith, J., Kearney, M., and Phillips, S.J. 2010. The art of modeling rangeshifting species. *Methods in Ecology and Evolution* 1:330-342.

- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y., and Yates, C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17:43-57.
- Engler, R., Guisan, A., and Rechsteiner, L. 2004. An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of Applied Ecology* 41:263-274.
- Eva, H.D., Miranda, E.E., Bella, C.M., Gond, V., Huber, O., Sgrenzaroli, M., Jones, S., Coutinho, A., Dorado, A., Guimarães, M., Elvidge, C., Achard, F., Belward, A.S., Bartholomé, E., Baraldi, A., Grandi, G., Vogt, P., Fritz, S., and Hartley, A. 2002. A vegetation map of South America. European Commission, Joint Research Center EUR 20159 EN:48.
- Fernandes, A.D. 2006. Algumas considerações acerca da expansão da fronteira agrícola no Cerrado brasileiro. Universidade Federal de Goiás:11.
- Fielding, A.H., and Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation Biology* 24:38-49.
- Franklin, J., and Miller, J.A. 2009. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press New York,
- Garcia, A. 2006. Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of Pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation* 130:25-46.
- Gibson, L., Barrett, B., and Burbidge, A. 2007. Dealing with uncertain absences in habitat modelling: a case study of a rare ground-dwelling parrot. *Diversity and Distributions* 13:704-713.

- Giovanelli, J.G.R., Araujo, C.O., Haddad, C.F.B., and Alexandrino, J. 2008. Modelagem do nicho ecológico de *Phyllomedusa ayeaye* (Anura: Hylidae): previsão de novas áreas de ocorrência para uma espécie rara. *Neotropical Biology and Conservation* 3:59-65.
- Gregorini, M.Z., Rodolfo, A.M., Cândido Jr, J.F., and Tôrres, N.M. 2007. Modelagem de distribuição geográfica do tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e sua ocorrência em unidades de conservação no estado do Paraná. *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil Sociedade de Ecologia do Brasil*:1-3.
- Guidolin, S.M., and Porto-Júnior, S.S. 2007. Expansão agrícola e crescimento econômico: impactos sobre a pobreza e a desigualdade. *GEEIN – Grupo de Estudos em Economia Industrial e mestranda do Programa em Pós-Graduação em Economia da UFRGS*:26.
- Guisan, A., and Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135:147-186.
- Guisan, A., and Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8:993-1009.
- Guisan, A., Broennimann, O., Engler, R., Vust, M., Yoccoz, N.G., Lehmann, A., and Zimmermann, N.E. 2006. Using niche-based models to improve the sampling of rare species. *Conservation Biology* 20:501-511.
- Guisan, A., Graham, C.H., Elith, J., and Huettmann, F. 2007. Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. *Diversity and Distributions* 13:332-340.

- Guisan, A., Zimmermann, N.E., Elith, J., Graham, C.H., Phillips, S.J., and Peterson, A.T. 2007. What matters for predicting the occurrences of trees: techniques, data or species characteristics? *Ecological Monographs* 77:615-630.
- Heikkinen, R.K., Luoto, M., Virkkala, R., Pearson, R.G., and Körber, J.H. 2007. Biotic interactions improve prediction of boreal bird distributions at macro-scales. *Global Ecology and Biogeography* 16:754-763.
- Hernandez, P.A., Graham, C.H., Master, L.L., and Albert, D.L. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29:773-785.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., and Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- Hijmans, R.J., and Graham, C.H. 2006a. The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Global Change Biology* 12:2272-2281.
- Hijmans, R.J., and Graham, C.H. 2006b. A comparison of methods for mapping species ranges and species richness. *Global Ecology and Biogeography* 15:578-587.
- Hugall, A., Moritz, C., Moussalli, A., and Stanisci, J. 2002. Reconciling paleodistribution models and comparative phylogeography in the Wet Tropics. *PNAS* 99:6112-6117.
- Ibama - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2003. Lista das espécies da fauna ameaçada de extinção. Instrução Normativa nº 3, de 27 de maio de 2003. Ibama, Ministério do Meio Ambiente. Brasília.
- IBGE. 2003. Mapa de Biomas do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística,

- IUCN. 2008a. An analysis of Amphibians on the 2008 IUCN Red List. Summary of Key Findings Global Amphibian Assessment, Gland, Switzerland.
- IUCN. 2008b. IUCN Red List of Threatened Species. Gland, Switzerland.
- IUCN. 2011. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 9.0 Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee.
- Kawashima, R.S., Siqueira, M.F., and Mantovani, J.E. 2007. Dados do monitoramento da cobertura vegetal por NDVI na modelagem da distribuição geográfica potencial do lobo-guará (*Chrysocyon bracyurus*). Anais do VIII Simpósio de Sensoriamento Remoto:3983-3990.
- Klink, C.A., and Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. Megadiversidade 1:147-155.
- Kronka, F.N., Nalon, M.A., Matsukuma, C.K., Kanashiro, M.M., Ywane, M.S.S., Pavão, M., Durigan, G., Lima, L.M.P.R., Guillaumon, J.R., Baitello, J.B., Borgo, S.C., Manetti, L.A., Barradas, A.M.F., Fukuda, J.C., Shida, C.N., Monteiro, C.H.B., Pontinha, A.A.S., Andrade, G.G., Barbosa, O., Soares, A.P., Joly, C.A., and Couto, H.T.Z. 2005. Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente / Instituto Florestal - Imprensa Oficial, São Paulo, 200.
- Lassueur, T., Joost, S., and Randin, C.F. 2006. Very high resolution digital elevation models: Do they improve models of plant species distribution? Ecological Modelling 198:139-153.

- Lomolino, M.V. 2004. Conservation biogeography. Pp. 293-296 in M.V. Lomolino and L.R. Heaney (Eds.), *Frontiers of Biogeography: new directions in the geography of nature*. Sinauer Associates, Massachusetts, 293-296.
- Lopes, T.S., Leite, V.R., and Leite, G.R. 2007. Modelagem de Nicho Ecológico e Conservação de *Dalbergia nigra*, Espécie Ameaçada de Extinção. *Revista Brasileira de Biociências* 5:438-440.
- Loveland, T.R., Reed, B.C., Brown, J.F., Ohlen, D.O., Zhu, Z., Yang, L., and Merchant, J.W. 2012. Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* 21:1303-1330.
- Machado, R.B., Neto, M.B.R., Pereira, P.G.P., Caldas, E.F., Gonçalves, D.A., Santos, N.S., Tabor, K., and Steininger, M. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. *Conservação Internacional*, Brasília,
- Machado, R.B., Paglia, A.P., and Fonseca, R.L. 2007. Áreas e paisagens prioritárias no Cerrado, Pantanal e Amazônia. *Conservação Internacional*:19-30.
- Marinho-Filho, J., Machado, R.B., and Henriques, R.P.B. 2010. Evolução do conhecimento e da conservação do Cerrado brasileiro. Pp. 333-375 in I. R. Diniz, J. Marinho-Filho, R. B. Machado and R. B. Cavalcanti (Eds.), *Cerrado: conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação*. Editora UnB, Brasília, 333-375.
- Marques, O.A.V., and Sazima, I. 2004. História natural dos répteis da Estação Ecológica Juréia-Itatins. Pp. 257-277 in O.A.V. Marques and W. Duleba (Eds.), *Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna*. Holos Editora, Ribeirão Preto, 257-277.

- Martins, M., Araujo, M.S., Sawaya, R.J., and Nunes, R. 2001. Diversity and evolution of macrohabitat use, body size and morphology in a monophyletic group of Neotropical pitvipers (*Bothrops*). *Journal of Zoology* 254:529-538.
- Martins, M., Marques, O.A.V., and Sazima, I. 2002. Ecological and phylogenetic correlates of feeding habits in Neotropical pitvipers of the genus *Bothrops*. Pp. 307-328 in G. Schuett, M. Höggren and H.W. Greene (Eds.), *Biology of the Vipers*. Biological Sciences Press, Carmel, Indiana, 307-328.
- Martins, M., and Molina, F.B. 2008. Panorama geral dos répteis ameaçados do Brasil. Pp. 327-334 in A.B.M. Machado, G.M. Drummond and A.P. Paglia (Eds.), *Livro vermelho da Fauna Brasileira ameaçada de extinção*. MMA, Fundação Biodiversitas, Brasília, 327-334.
- Mittermeier, R.A., Gil, R.P., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J., and Fonseca, G.A.B. 2005. Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. University of Chicago Press:392.
- MMA. 2009. Relatório Técnico de Monitoramento do desmatamento no Bioma Cerrado, 2002-2008: Dados Revisados. Ministério do Meio Ambiente, Brasília,
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B., and Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Nimer, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. Fundação IBGE, Rio de Janeiro,
- Nogueira, C., Colli, G.R., Costa, G.C., and Machado, R.B. 2010. Diversidade de répteis Squamata e evolução do conhecimento faunístico no Cerrado. Pp. 333-375 in I. R. Diniz, J. Marinho-Filho, R. B. Machado and R. B. Cavalcanti (Eds.), *Cerrado:*

- conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação. Editora UnB, Brasília, 333-375.
- Nogueira, C.C. 2001. Ecologia Histórica de *Bothrops* spp. (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) simpátricas no Cerrado. Mestrado. Dissertação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 69.
- Nogueira, C.C., Ribeiro, S., Costa, G.C., and Colli, G.R. 2011. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. *Journal of Biogeography*:1-16.
- Oliveira-Filho, A.T., and Ratter, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. Pp. 91-120 in P.S. Oliveira and R.J. Marquis (Eds.), *The cerrados of Brazil*. Columbia University Press, New York, 91-120.
- Papes, M., and Gaubert, P. 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distributions* 13:890-902.
- Parmesan, C., and Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421:37-42.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics* 37:637-669.
- Pearce, J., and Ferrier, S. 2000. An evaluation of alternative algorithms for fitting species distribution models using logistic regression. *Ecological Modelling* 128:127-147.

- Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M., and Peterson, A.T. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34:102-117.
- Peterson, A.T., and Vieglais, D.A. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling: new approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *Bioscience* 51:363- 371.
- Peterson, A.T., and Kluza, D.A. 2003. New distributional modelling approaches for gap analysis. *Animal Conservation* 6:47-54.
- Peterson, A.T., and Nakazawa, Y. 2008. Environmental data sets matter in ecological niche modelling: an example with *Solenopsis invicta* and *Solenopsis richteri*. *Global Ecology and Biogeography* 17:135-144.
- Peterson, A.T., Papes, M., and Soberón, J. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling* 213:63-72.
- Phillips, S.J., Dudik, M., and Schapire, R.E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*:655-662.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., and Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- Phillips, S.J., and Dudik, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161-175.
- Poyry, J., Luoto, M., and Heikkinen, R.K. 2008. Species traits are associated with the quality of bioclimatic models. *Global Ecology and Biogeography* 17:403-414.

- Purvis, A., Jones, K.E., and Mace, G.M. 2000. Extinction. *BioEssays* 22:1123-1133.
- Raxworthy, C.J., Martinez-Meyer, E., Horning, N., Nussbaum, R.A., Schneider, G.E., Ortega-Huerta, M.A., and Peterson, A.T. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature* 426:837-841.
- Raxworthy, C.J., Ingram, C.M., Rabibisoa, N., and Pearson, R.G. 2007. Applications of ecological niche modeling for species delimitation: a review and empirical evaluation using day geckos (*Phelsuma*) from Madagascar. *Systematic Biology* 56:907-923.
- Ribeiro, J.F., and Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. Pp. 151 -212 in S.M. Sano, S.P. Almeida and J.F. Ribeiro (Eds.), *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Cerrados, Planaltina, 151 -212.
- Rodrigues, M.T. 2005. Conservação dos répteis brasileiros: os desafios para um país megadiverso. *Megadiversidade* 1:87-94.
- Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C., and Pounds, J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421:57-60.
- Rushton, S.P., Ormerod, S.J., and Kerby, G. 2004. New paradigms for modelling species distributions? *Journal of Applied Ecology* 41:193-200.
- Sawaya, R.J., Marques, O.A.V., and Martins, M. 2008. Composition and natural history of a Cerrado snake assemblage at Itirapina, São Paulo state, southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 8:127-149.
- Scariot, A., and Sevilha, A.C. 2005. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduais no Cerrado. Pp. 123-139 in A. Scariot, J.C. Sousa-Silva and

- J.M. Felfili (Eds.), Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Ministério do Meio Ambiente 123-139.
- Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo. 2005. Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo, Parte I. Instituto Floresta:68.
- Segurado, P., and Araujo, M.B. 2004. An evaluation of methods for modelling species distributions. *Journal of Biogeography* 31:1555-1568.
- Silva, D.P., and Brito, V.L.G. 2008. Previsão de respostas de comunidades às mudanças climáticas globais. *Ecologia de Comunidades e Ecossistemas Seminários*:1-14.
- Silva, F.A.M., Assad, E.D., and Evangelista, B.A. 2008. Caracterização climática do bioma Cerrado. Pp. 69-87 in S.M. Sano, S.P. Almeida and J.F. Ribeiro (Eds.), *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa, Brasília, 69-87.
- Siqueira, M.F., and Peterson, A.T. 2003. Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species. *Biota Neotropica* 3
- SNUC. 2002. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Decreto Nº 4.340. Regulamenta artigos da Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências.
- Soberón, J., and Peterson, A.T. 2005. Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species Distributional Areas. *Biodiversity Informatics* 2:1-10.
- Stockwell, D.B., and Noble, I.R. 1992. Introduction of sets of rules from animal distribution data: A robust and informative method of analysis. *Mathematics and Computers in Simulation* 33:385-390.

- Stockwell, D.R.B., and Peterson, A.T. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling* 148:1-13.
- Terborgh, J. 2003. A arca de Noé ou porque precisamos de parques. *Natureza e Conservação* 1:9-15.
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., De Siqueira, M.F., Grainger, A., and Hannah, L. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427:145-148.
- Thuiller, W., Araújo, M.B., and Lavorel, S. 2003. Generalized models vs classification tree analysis: predicting spatial distributions of plant species at different scales. *Journal of Vegetation Science* 14:669-680.
- Thuiller, W., Araújo, M.B., Pearson, R.G., Whittaker, R.J., Brotons, L., and Lavorel, S. 2004. Biodiversity conservation: uncertainty in predictions of extinction risk. *Nature* 430:1.
- Trivedi, M.R., Berry, P.M., Morecroft, M.D., and Dawson, T.P. 2008. Spatial scale affects bioclimate model projections of climate change impacts on mountain plants. *Global Change Biology* 14:1089-1103.
- Veloso, H.P., Rangel-Filho, A.L.R., and Lima, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Fundação do Instituto brasileiro de geografia e estatística.
- Vital, M.V.C. 2009. Conservação filogenética de nicho e conservação da biodiversidade de *Partamona* (Apidae: Meliponini) em um panorama de mudanças climáticas globais. Doutorado. Tese, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 87.

Whittaker, R.J., Araújo, M.B., Jepson, P., Ladle, R.J., Watson, J.E.M., and Willis, K.J. 2005. Conservation Biogeography: assessment and prospect. *Diversity and Distributions* 11:3-23.

Wiens, J.J., and Graham, C.H. 2005. Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 36:519-539.

Zweig, M.H., and Campbell, G. 1993. Receiver-operating characteristic (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. *Clinical chemistry* 39:561-577.

Tabela 1 – Áreas em km² referentes aos cenários presentes e futuros, permissivos e restritivos para *Bothrops itapetiningae*.

Cenários (km²)	Área Modelada	Remanescentes	GLC	Áreas abertas
Presente Permissivo	210.875,55	61.106,99 km2	20.952,16	5.833,66
Presente Restritivo	128.256,23	36.652,45	11.593,51	1.914,41
Futuro Permissivo	81.131,71	29.998,77	9.431,31	1.006,96
Futuro Restritivo	59.496,56	22.358,42	7.906,31	716,27

Tabela 2 – Lista dos remanescentes de Cerrado Municípios que contemplam registros de *Bothrops itapetiningae*.

Estado	Município	Área (km²) do Remanescente	Coordenada
Goiás	Cidade Ocidental /	19,993925	47°57'4,67''W
	Valparaíso de Goiás		16°4'19,45''S
Distrito Federal	Brasília	19,579968	47°56'30,29''W
			15°59'27,21''S
São Paulo	Patrocínio Paulista	14,479084	47°16'41,56''W
			20°46'6,59''S
São Paulo	Pradópolis /Guariba	7,528602	48°8'18,19''W
	/Jaboticabal		21°19'43,89''S
São Paulo	Itirapina	6,858761	47°48'23,22''W
			22°16'41,75''S
Minas Gerais	Uberlândia	6,655915	48°18'16,76''W
			18°59'57 16''S
Minas Gerais	Sacramento	5,171625	47°28'49,67''W
			19°54'8,54''S
São Paulo	São Simão	4,675589	47°32'58,09''W
			21°27'52,16''S
São Paulo	Avaré	4,50345	48°48'46,66''W
			23°0'22,96''S
São Paulo	Avaré	0,67888	48°53'55,04''W
			23°6'22,74''S

Minas Gerais	Santa Juliana	3,476617	47°31'26,13"W 19°19'8,92"S
São Paulo	Analândia	2,674	47°46'40,43"W 22°8'59,18"S
São Paulo	Itaberá	2,625286	49°8'28,786"W 23°50'55,35"S
São Paulo	Guatapar	1,409675	48°1'52,71"W 21°29'22,11"S
São Paulo	Altinópolis	1,321004	47°20'58,54"W 21°1'31,72"S
São Paulo	Sertãozinho /Barrinha	1,106844	48°8'5,54"W 21°10'18,53"S
São Paulo	Itapetininga	1,042698	48°2'5,56"W 23°36'47,31"S
São Paulo	Itapeva	1,028041	48°52'12,25"W 23°57'20,82"S
São Paulo	Casa Branca	0,930452	47°4'16,31"W 21°46'4,33"S
Mato Grosso do Sul	Ponta Por	0,900068	55°42'5,41"W 22°32'6,89"S
São Paulo	Paraguaçu Paulista	0,777523	50°33'17,02"W 22°23'58,62"S
São Paulo	Cerqueira César	0,625	49°7'27,34"W 23°1'29,39"S

Tabela 3 – Classificação da IUCN de acordo com os cenários permissivos e restritivos, presentes e futuros. LC=Menos Preocupante; VU=Vulnerável; EN=Em Perigo; NT=Quase Ameaçada.

	ÁREA (km ²)	Classificação IUCN
Cenário Permissivo (Presente)		
Distribuição modelada	210.875,55	LC
Remanescentes	61.106,99	LC
Áreas abertas do GLC	20.952,16	LC
Áreas abertas do Cerrado	5.833,66	LC
Cenário Restritivo (Presente)		
Distribuição modelada	128.256,23	LC
Remanescentes	36.652,45	LC
Áreas abertas do GLC	11.593,51	LC
Áreas abertas do Cerrado	1.914,41	VU
Cenário Permissivo (Futuro)		
Distribuição modelada	81.131,71	LC
Remanescentes	29.998,77	LC
Áreas abertas do GLC	9.431,31	LC
Áreas abertas do Cerrado	1.006,96	VU
Cenário Restritivo (Futuro)		
Distribuição modelada	59.496,56	LC
Remanescentes	22.358,42	LC
Áreas abertas do GLC	7.906,31	LC
Áreas abertas do Cerrado	716,27	VU

GeoCAT - Cenário Permissivo

Extensão de Ocorrência desde 1910	764.405,73	LC
Área de Ocupação desde 1910	724,00	VU
Extensão de Ocorrência dos Reman.	812.931,82	LC
Área de Ocupação dos Reman.	39.680,00	LC
Extensão de Ocorrência do GLC	776.931,16	LC
Área de Ocupação do GLC	20.412,00	LC
Extensão de Ocorrência das Áreas abertas do Cerrado	635.257,61	LC
Área de Ocupação das Áreas abertas do Cerrado	5.560,00	LC

GeoCAT - Cenário Restritivo

Extensão de Ocorrência desde 1990	183.600,17	LC
Área de Ocupação desde 1990	64,00	EN
Extensão de Ocorrência dos Reman.	331.499,21	LC
Área de Ocupação dos Reman.	20.448,00	LC
Extensão de Ocorrência do GLC	306.141,91	LC
Área de Ocupação do GLC	11.172,00	LC
Extensão de Ocorrência das Áreas abertas do Cerrado	239.300,04	LC
Área de Ocupação das Áreas abertas do Cerrado	2.524,00	NT

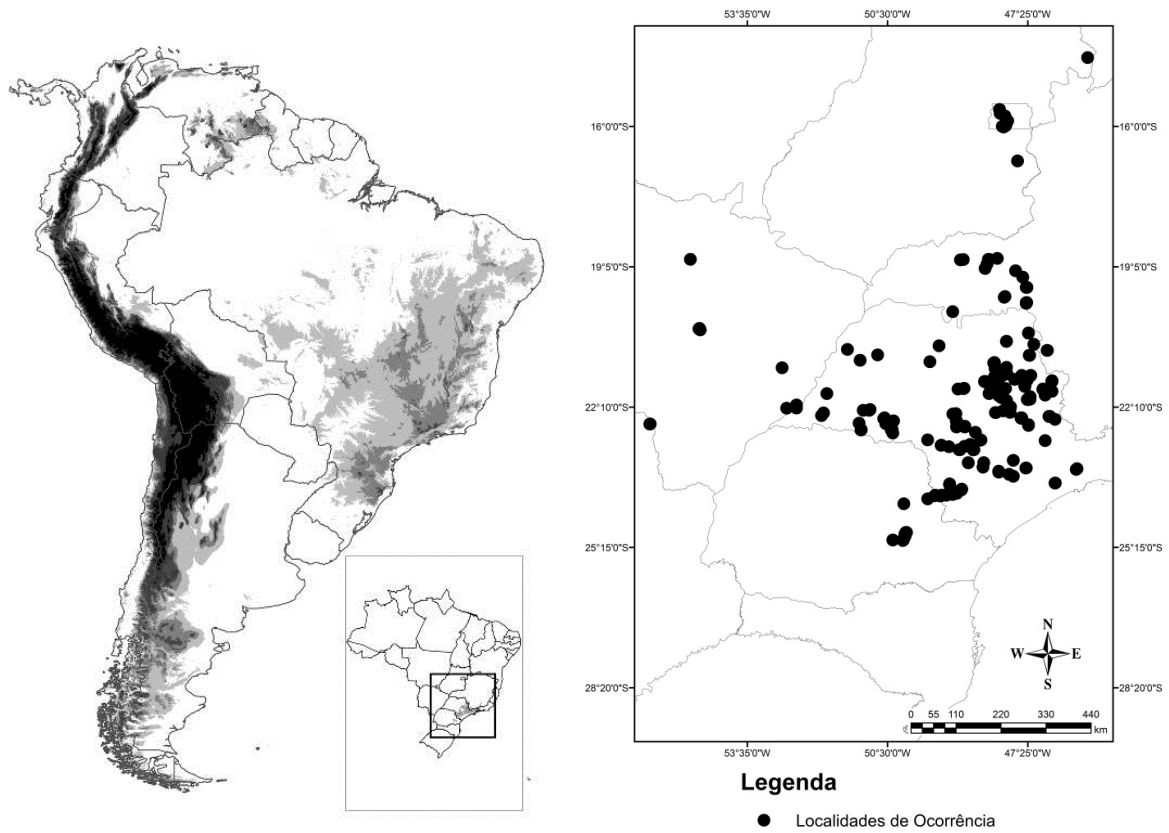


Figura 1 – Localização da área das ocorrências de *Bothrops itapetiningae* na América do Sul. Legenda: altitude mais alta em preto e clareando até o branco com as altitudes mais baixas.

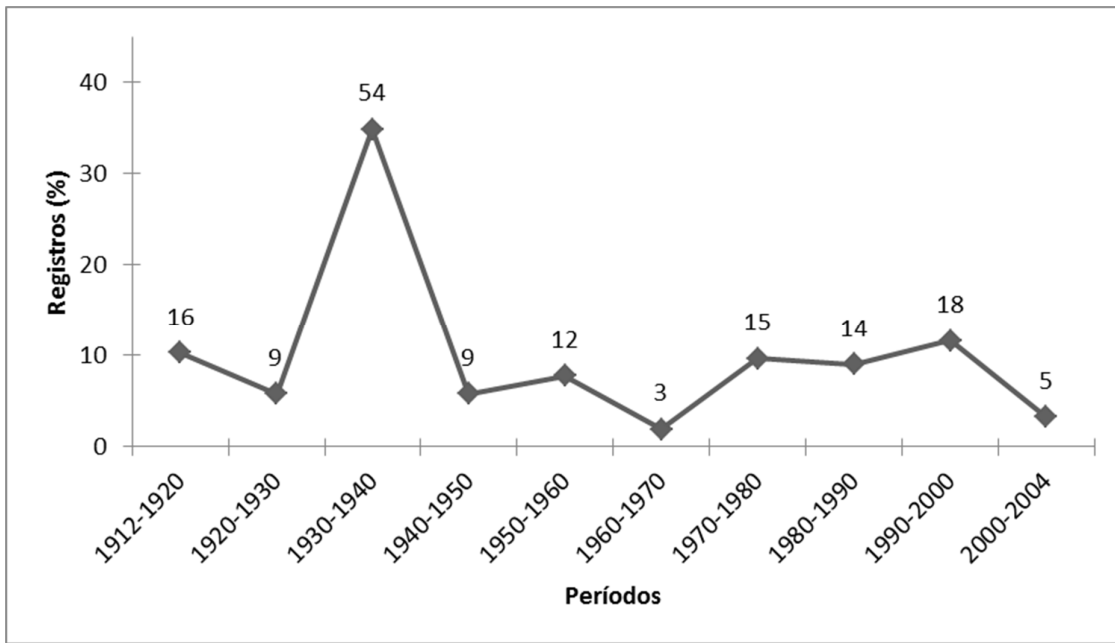


Figura 2 - Registros de *Bothrops itapetiningae* ao longo dos anos. Os números acima de cada ponto representa a quantidade de espécimes registrados no período.

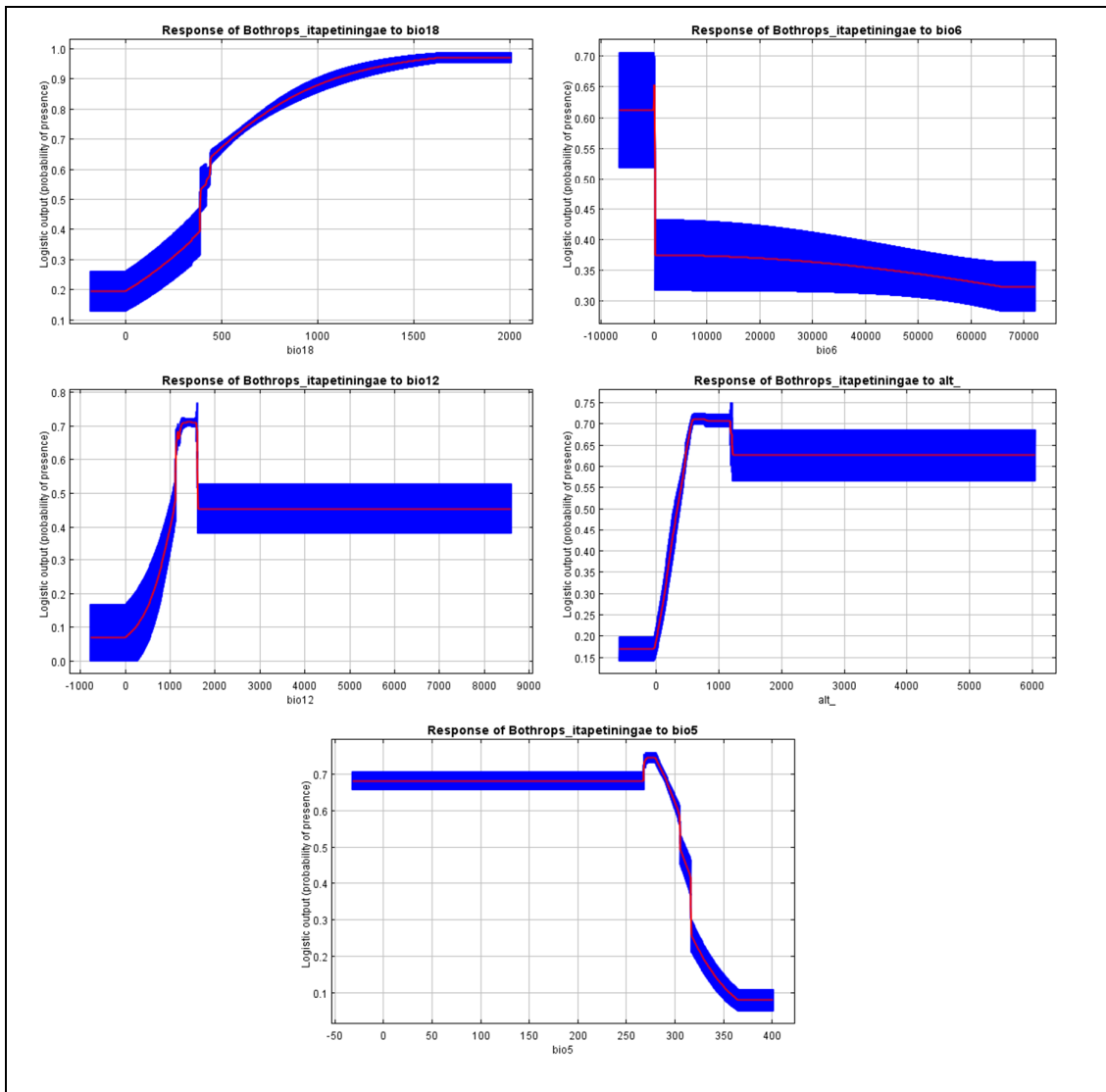


Figura 3 - Curvas de resposta das variáveis mais importantes para explicar a ocorrência de *Bothrops itapetiningae*. O eixo x representa os valores da variável ambiental e o eixo y representa a probabilidade de ocorrência da espécie. A linha vermelha representa a média e o azul o desvio padrão. As variáveis representadas nos gráficos são: Bio18 (Precipitação do trimestre mais quente); Bio6 (Temperatura mínima do mês mais frio); Bio12 (Precipitação anual); Altitude; Bio5 (Temperatura máxima do mês mais quente), respectivamente.

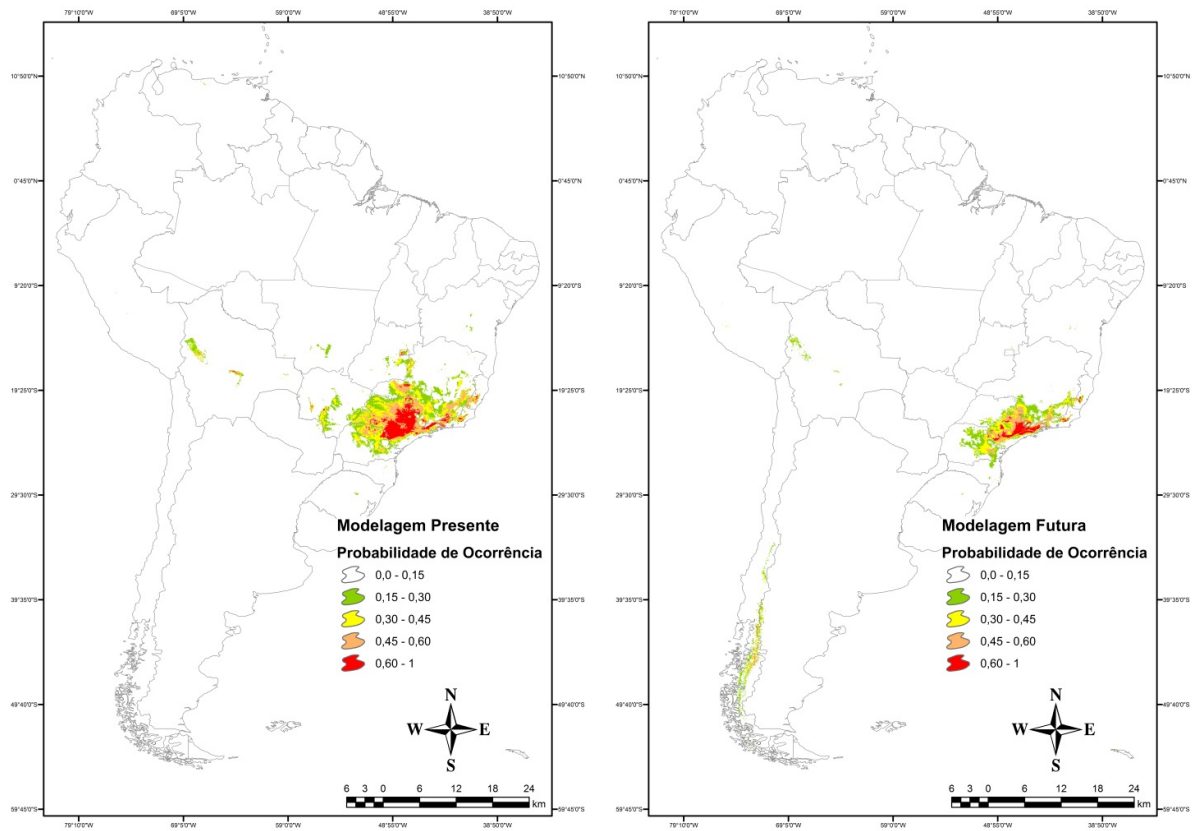


Figura 4 – Resultado bruto da modelagem para o presente e para o futuro.

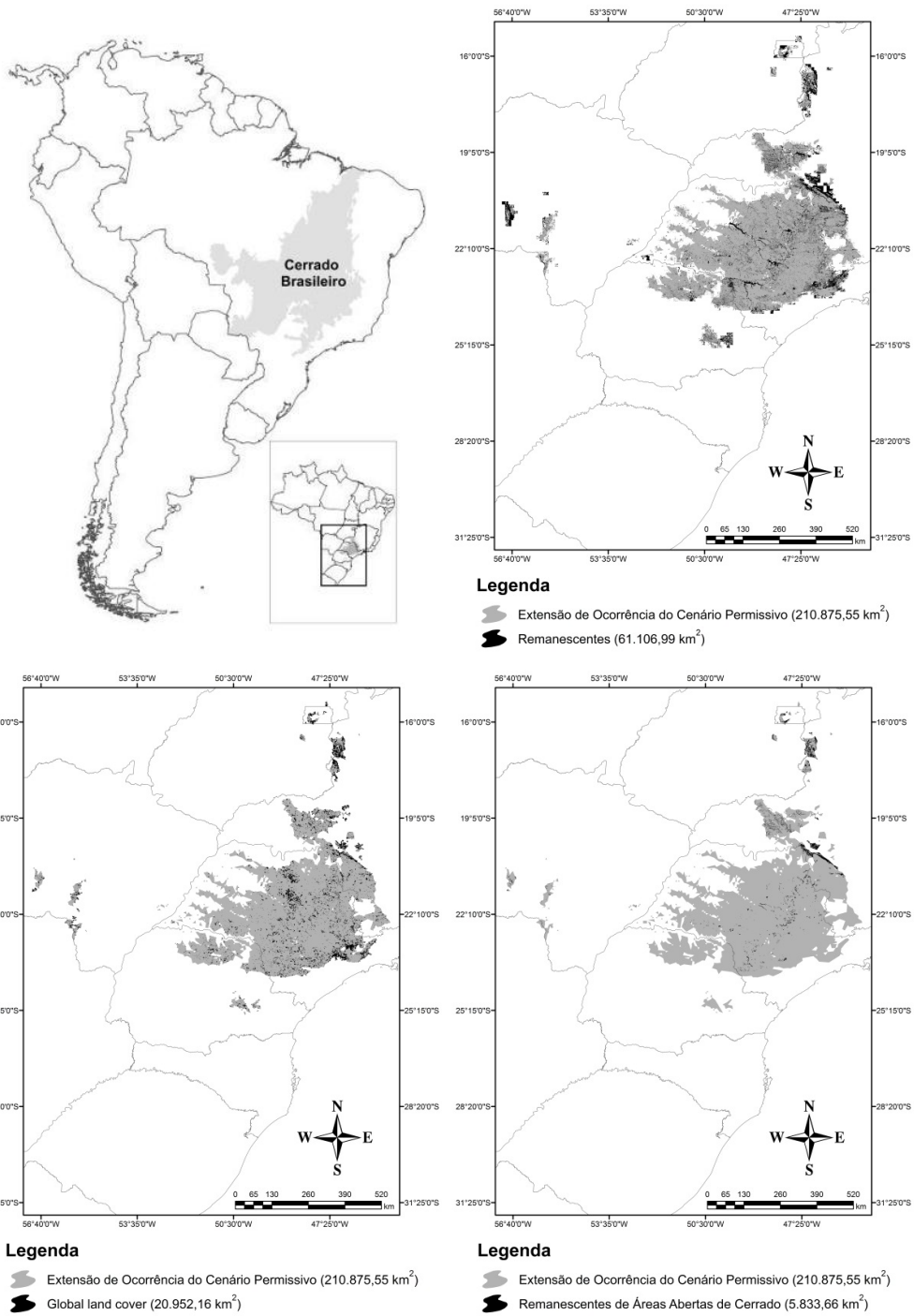


Figura 5 – Cenário permissivo (Presente) da modelagem de distribuição geográfica potencial de *Bothrops itapetiningae*.

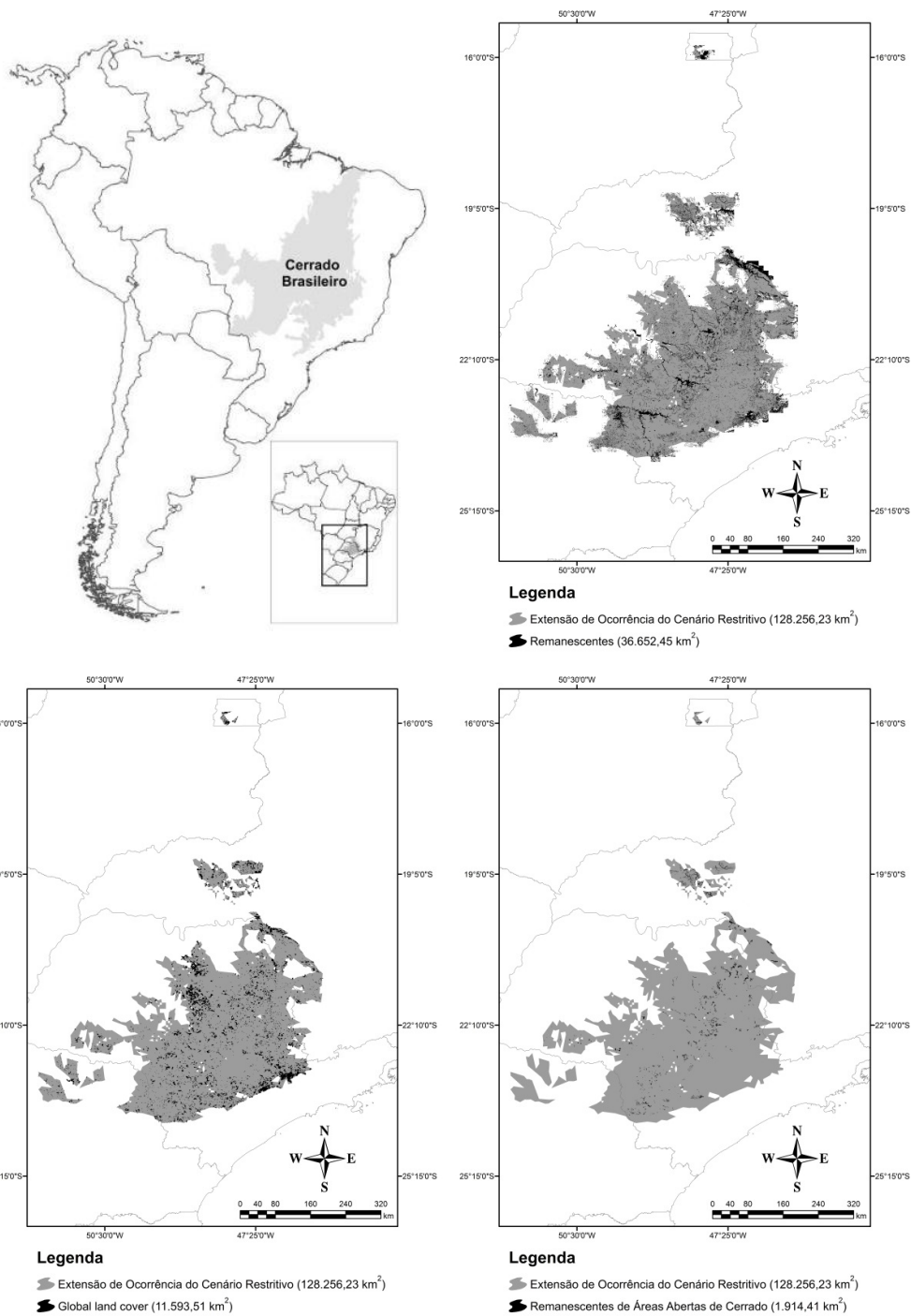


Figura 6 – Cenário restritivo (Presente) da modelagem de distribuição geográfica potencial de *Bothrops itapetiningae*.

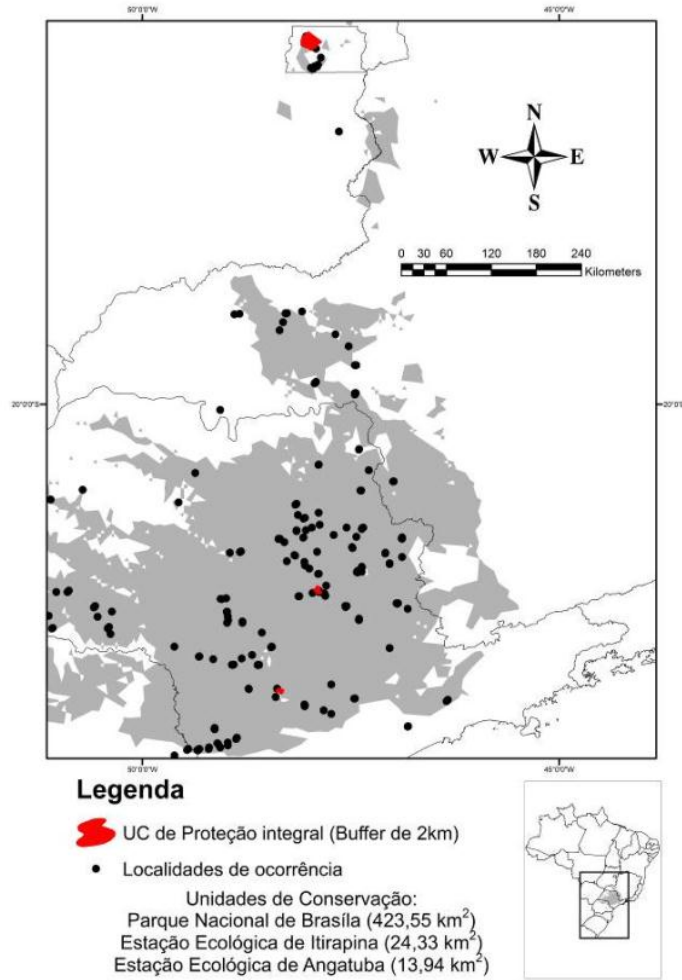


Figura 7 – Unidades de Conservação num raio de 2 km de cada localidade de ocorrência de *Bothrops itapetiningae*.

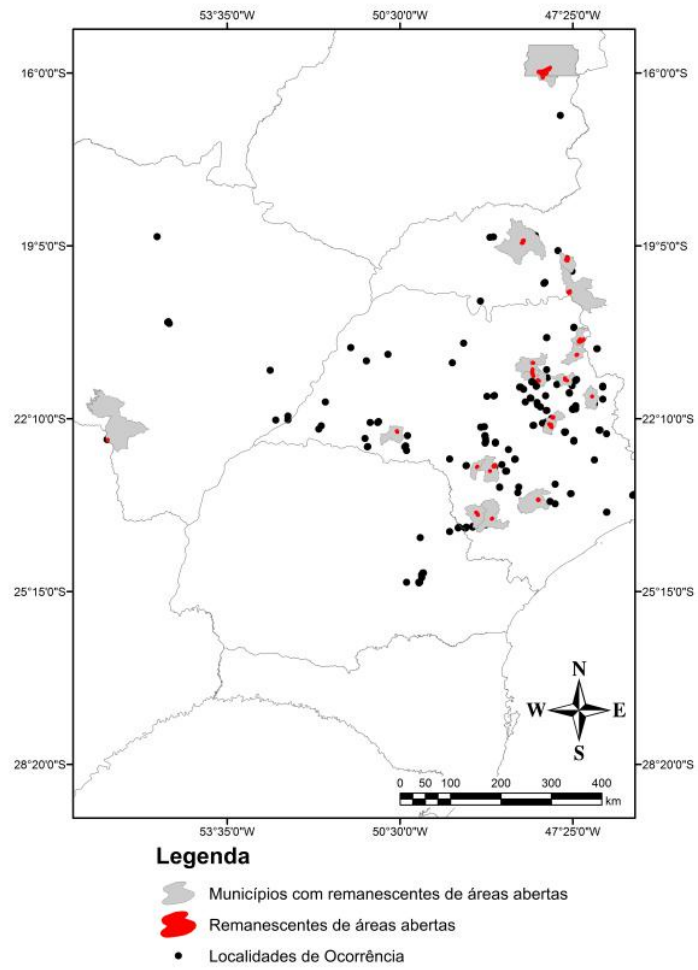


Figura 8 – Remanescentes de áreas abertas de Cerrado num raio de 2 km de cada localidade de ocorrência de *Bothrops itapetiningae*.

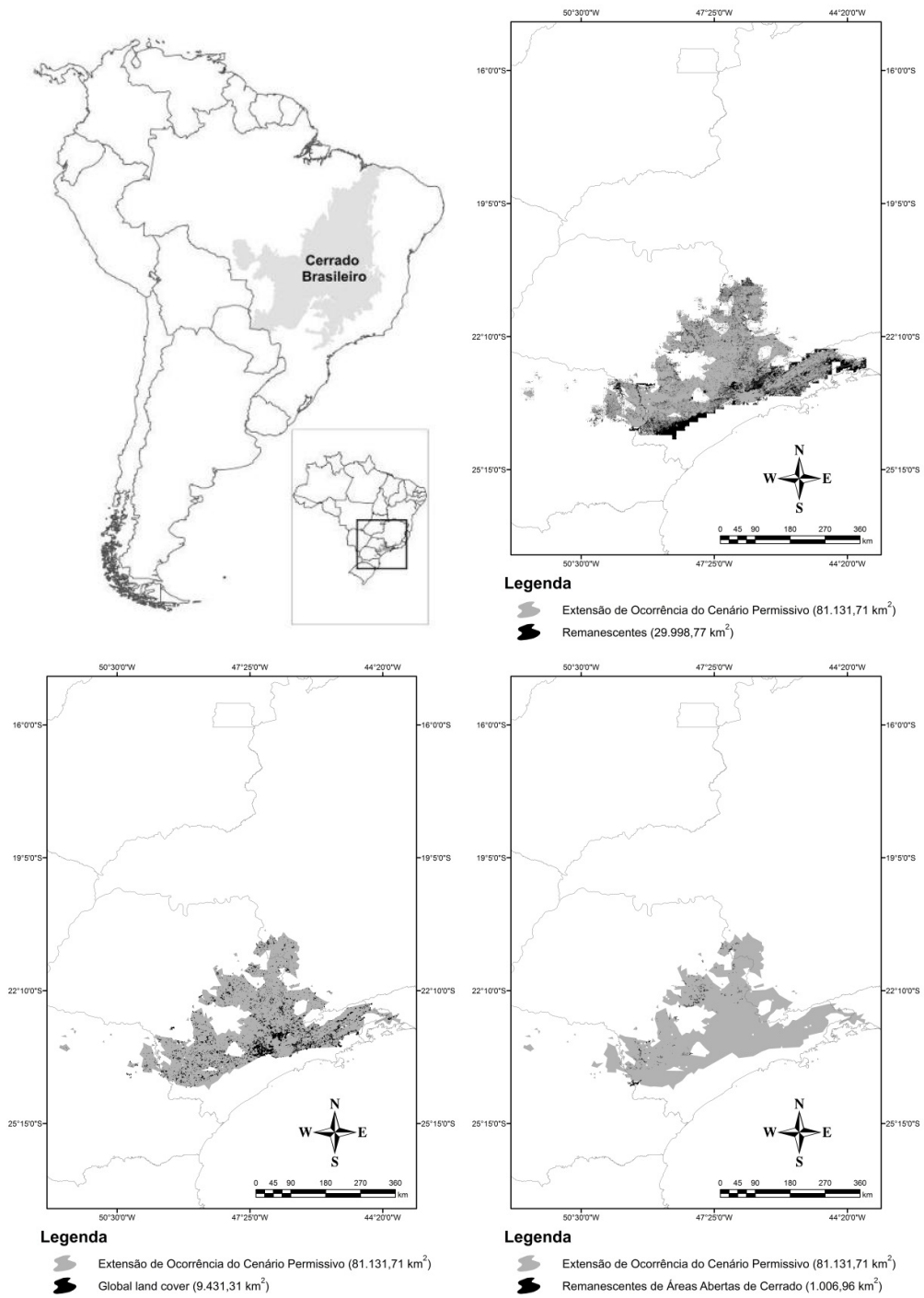


Figura 9 - Cenário permissivo (Futuro) da modelagem de distribuição geográfica potencial de *Bothrops itapetiningae*.

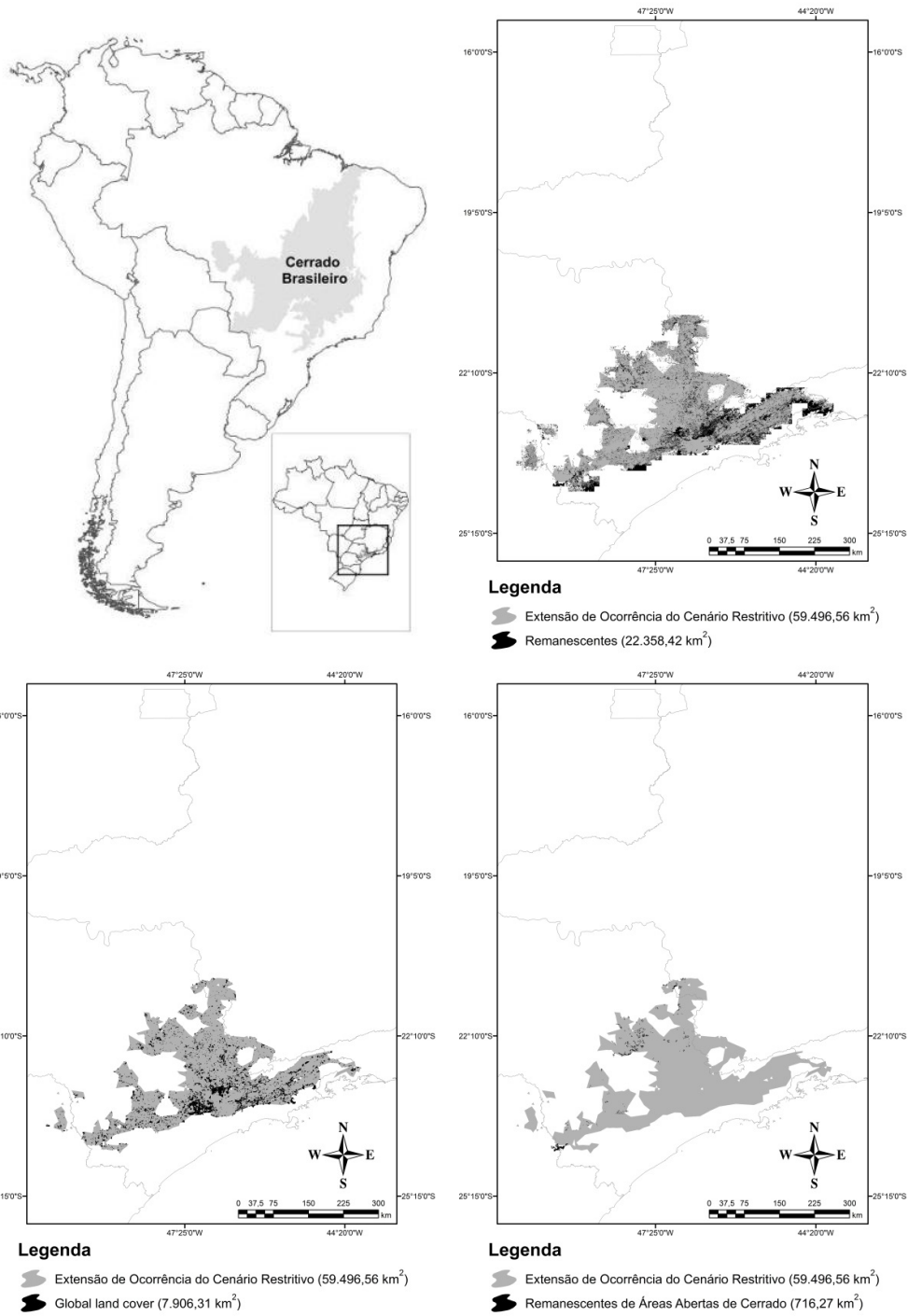


Figura 10 - Cenário restritivo (Futuro) da modelagem de distribuição geográfica potencial de *Bothrops itapetiningae*.

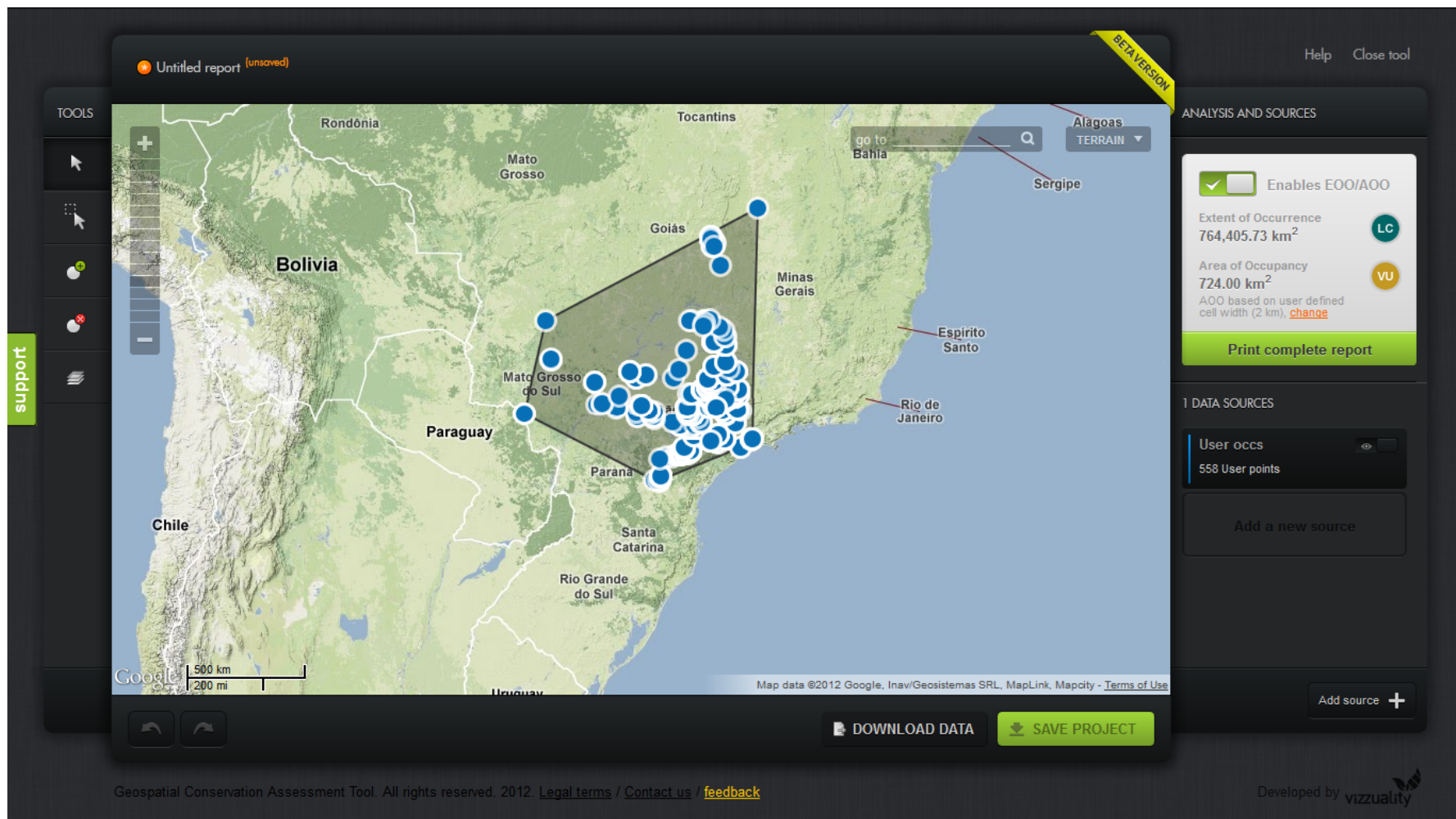


Figura 11 – Resultado do GeoCAT com as localidades históricas (desde 1910).

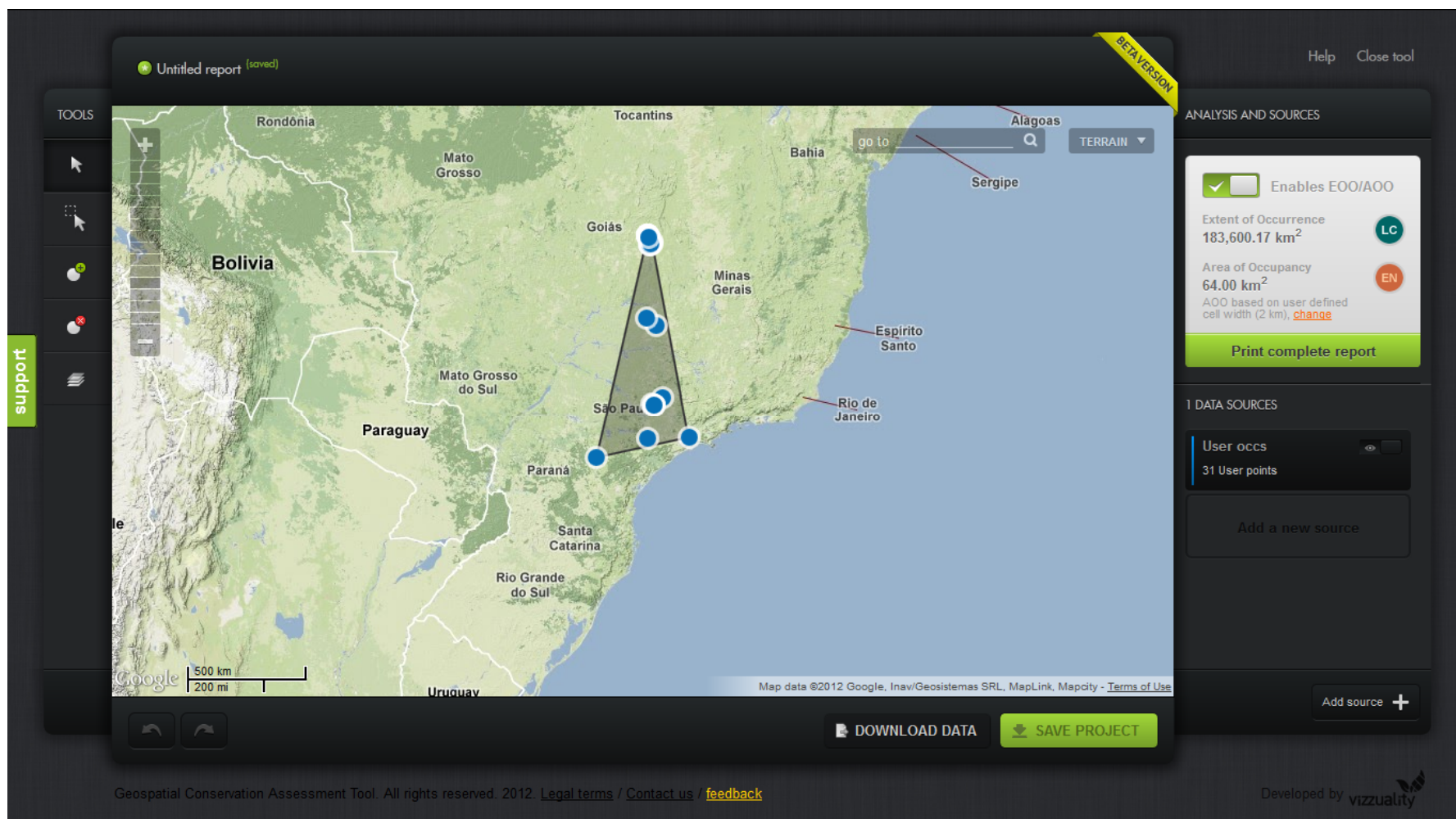


Figura 12 – Resultado do GeoCAT com as localidades atuais (desde 1990).

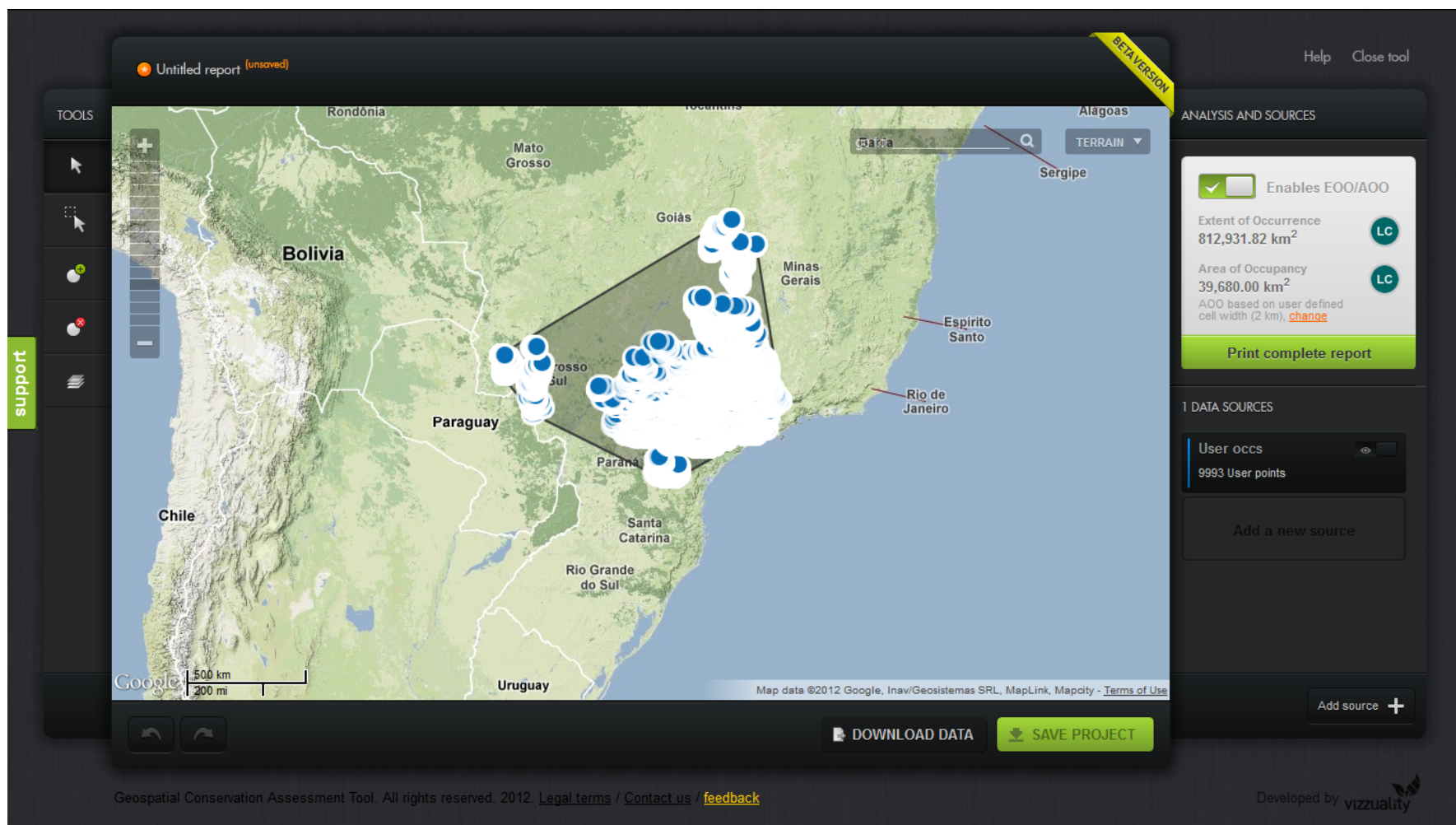


Figura 13 – Resultado do GeoCAT com os pontos de sobreposição com todos os remanescentes do cenário permissivo.

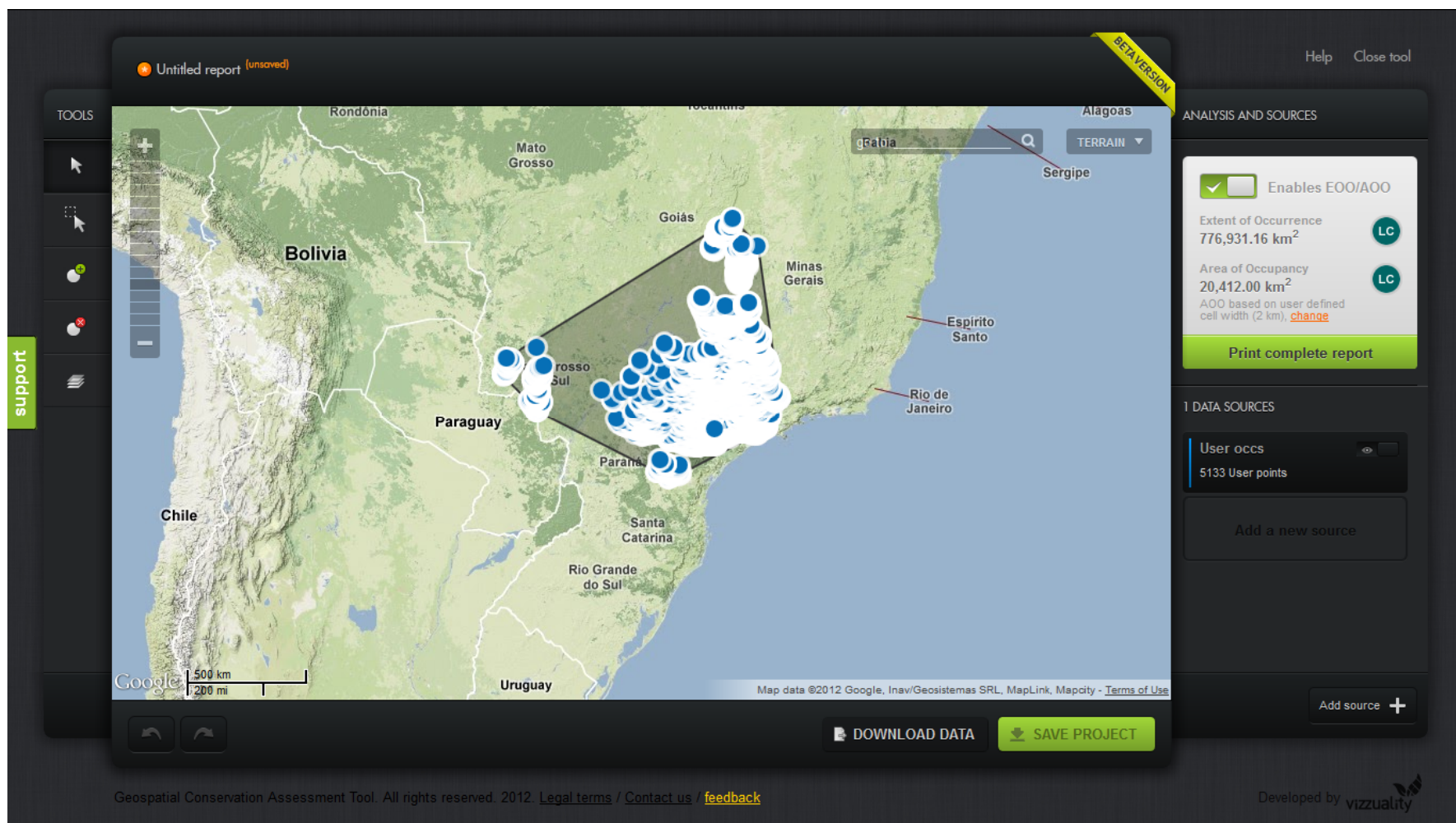


Figura 14 – Resultado do GeoCAT com os pontos de sobreposição com as áreas abertas do Global land cover do cenário permissivo.

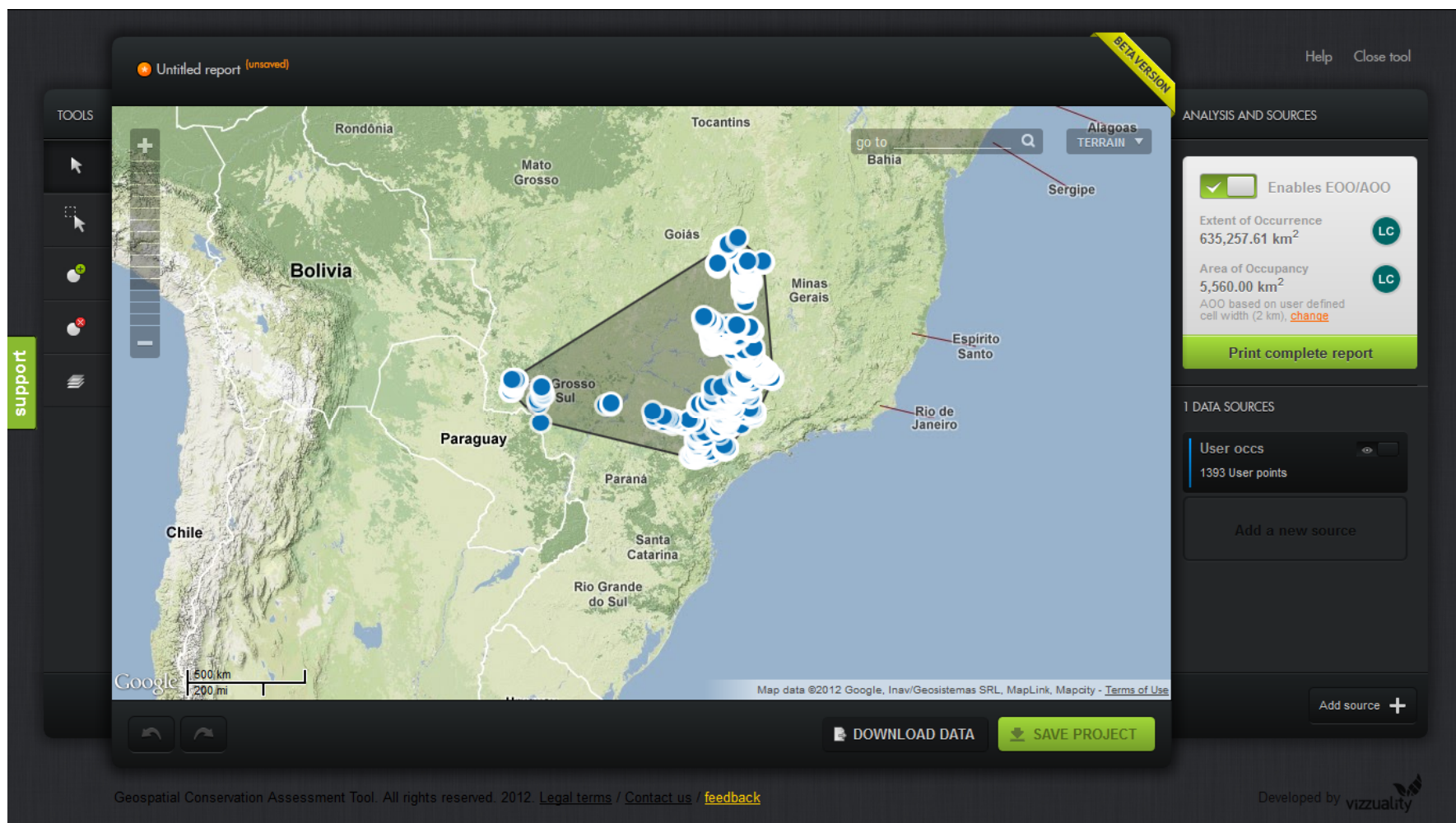


Figura 15 – Resultado do GeoCAT com os pontos de sobreposição com as áreas abertas do Cerrado do cenário permissivo.

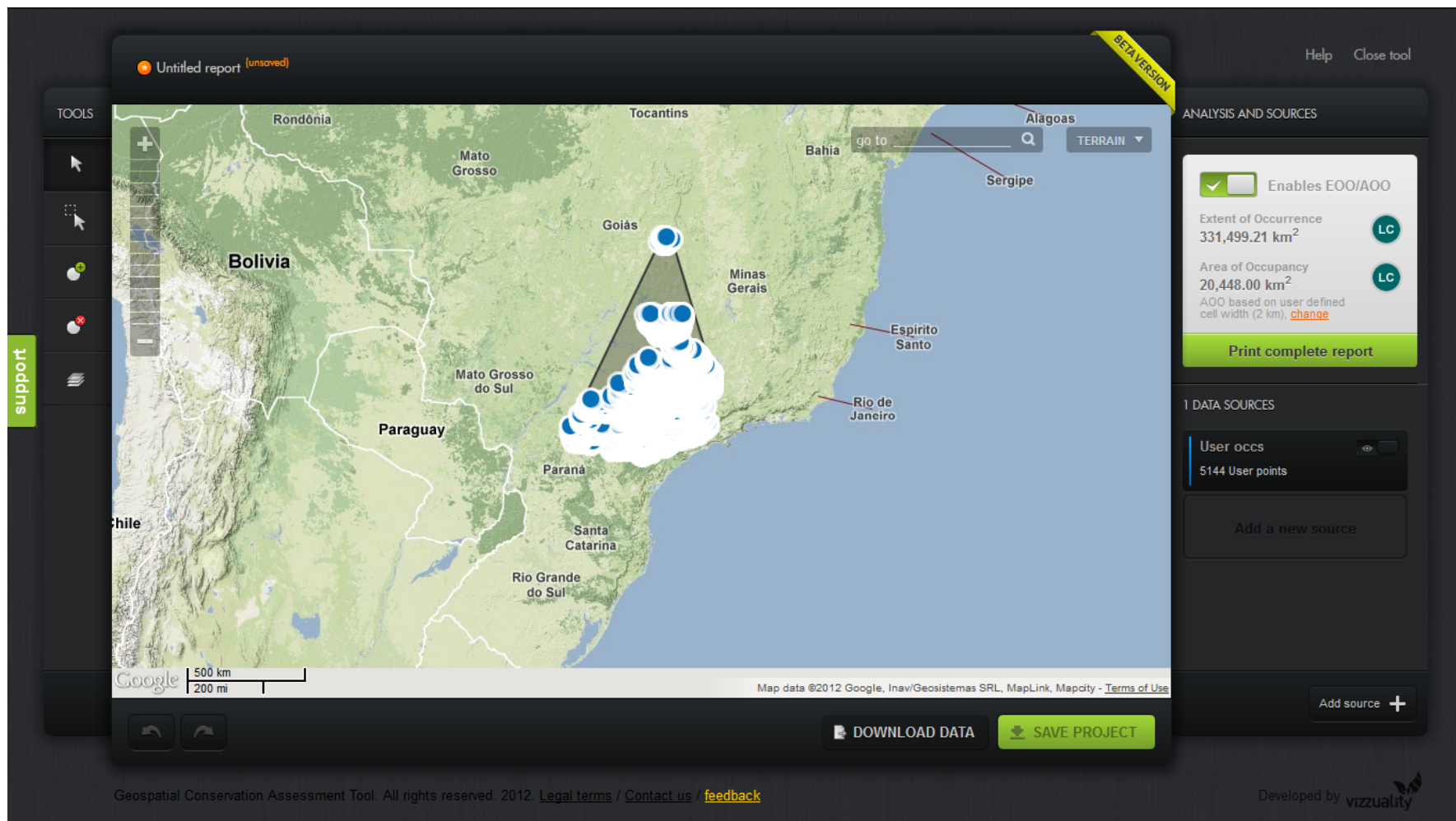


Figura 16 – Resultado do GeoCAT com os pontos de sobreposição com todos os remanescentes do cenário restritivo.

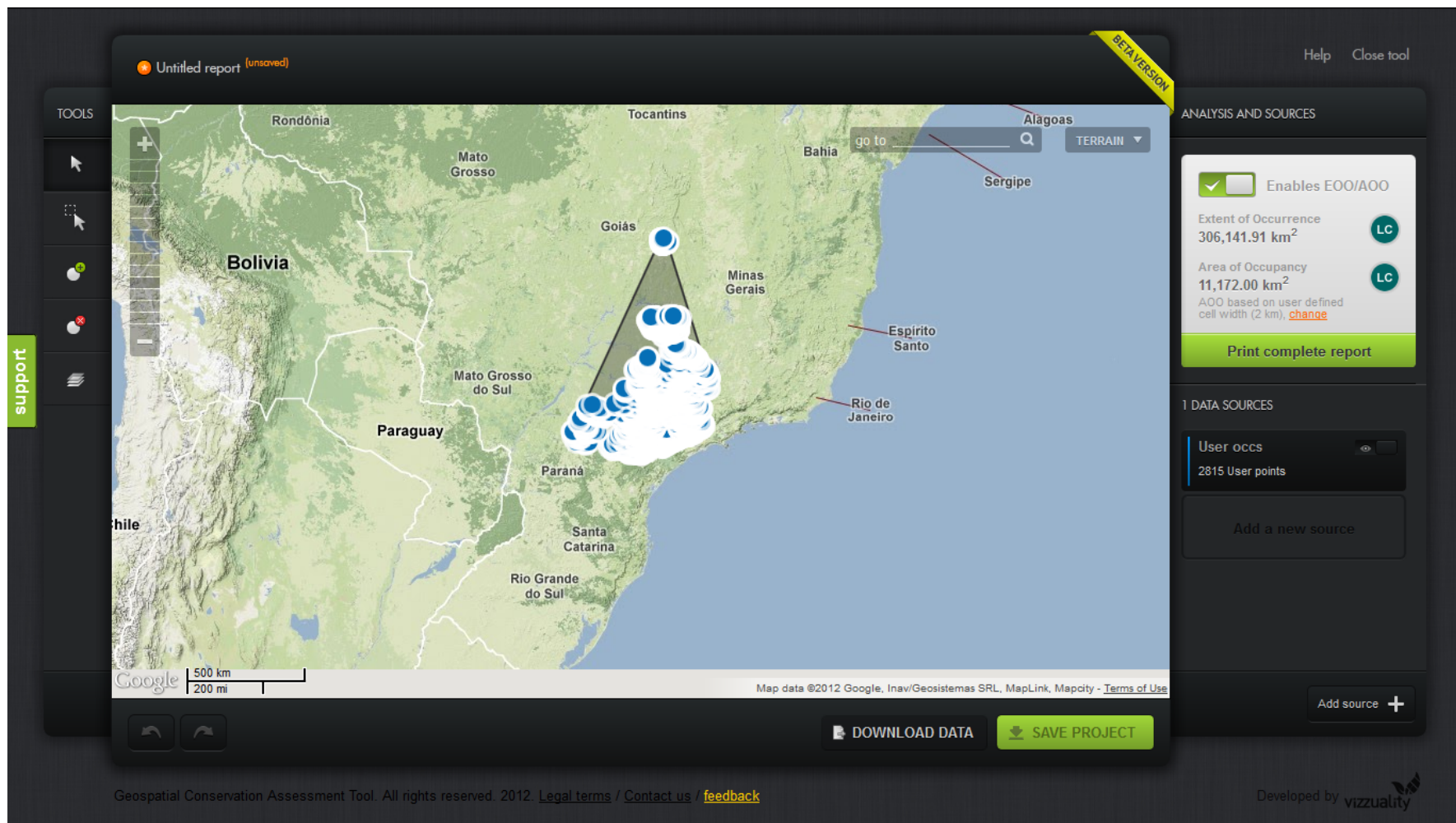


Figura 17 – Resultado do GeoCAT com os pontos de sobreposição com as áreas abertas do Global land cover do cenário restritivo.

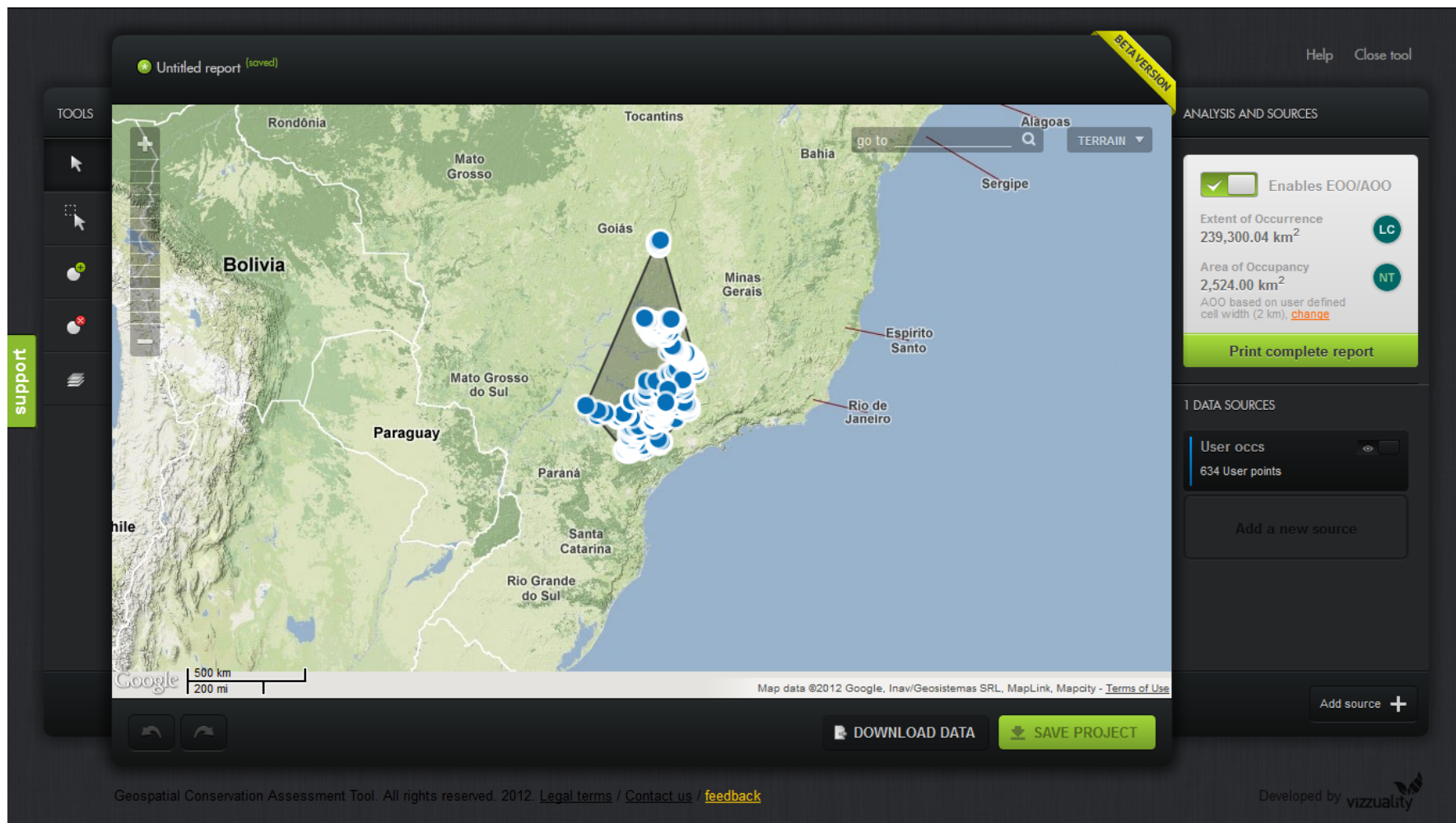


Figura 18 – Resultado do GeoCAT com os pontos de sobreposição com as áreas abertas do Cerrado do cenário restritivo.

APÊNDICE 2

MATERIAL EXAMINADO: Coleção da Pontifícia Universidade Católica de Goiás: CEPB 2863. Museu de História Natural Capão da Imbuia/Curitiba: MHNCI 4127. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo: MZUSP 13931; MZUSP 1437. Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas: ZUEC REP 3099; ZUEC REP 3104; ZUEC REP 3105. Coleção da Universidade Federal de Uberlândia: UFU 206; UFU 224; UFU 564; UFU 616; UFU 1012. Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília: CHUNB 03590; CHUNB 03591; CHUNB 14342; CHUNB 19270; CHUNB 19272; CHUNB 19273; CHUNB 24901; CHUNB 28878; CHUNB 32642; CHUNB 49445; CHUNB 49450; CHUNB 52365; CHUNB 57440; CHUNB 53289. Coleção do Instituto Butantan: IB6838; IB1609; IB31462; IB32059; IB32143; IB32161; IB34311; IB37557; IB40348; IB45500; IB45628; IB7355; IB7426; IB19083; IB19378; IB7341; IB19050; IB27298; IB27299; IB29314; IB29682; IB33492; IB33607; IB34400; IB40408; IB5227; IB7048; IB7779; IB8436; IB8437; IB9396; IB15151; IB20398; IB20401; IB9937; IB9961; IB9963; IB45538; IB10374; IB15774; IB1612; IB16934; IB33466; IB42894; IB7813; IB17028; IB17029; IB17396; IB17859; IB18884; IB32686; IB7889; IB8577; IB8714; IB9723; IB9741; IB51699; IB20619; IB33443; IB49143; IB49492; IB49493; IB49494; IB49495; IB49496; IB49497; IB49647; IB61651; IB61652; IB61653; IB61654; IB61656; IB61657; IB61658; IB61655; IB53142; IB40923; IB41240; IB5717; IB10375; IB11747; IB9972; IB9434; IB9474; IB7485; IB7710; IB7711; IB9584; IB9697; IB9698; IB1318; IB4721; IB9064; IB9729; IB9831; IB9965; IB9974; IB9995; IB28988; IB7260; IB1497; IB1532; IB514; IB15775; IB28388; IB29347; IB29463; IB5863; IB9226; IB9461; IB25825; IB31016; IB44077; IB18395; IB30170; IB11746; IB11763; IB33612; IB33622; IB33641; IB10350; IB10668; IB21257; IB22792; IB22819; IB23527; IB42522; IB43900;

IB46564; IB47732; IB45804; IB25302; IB27348; IB27349; IB27350; IB40449; IB34339;
IB44633; IB9440; IB9679; IB9978; IB53358; IB40090; IB2723; IB645; IB878; IB30970;
IB30971; IB32912; IB32919; IB33452; IB33462; IB33547; IB34343; IB40035; IB40085;
IB40086; IB40098; IB40111; IB40152; IB51621; IB51623; IB51939; IB52423; IB52794;
IB7340; IB45958; IB53424; IB17421; IB17; IB18; IB42213; IB52793; IB52972; IB20;
IB2742; IB1006; IB53240; IB1810; IB31511; IB52384; IB2741; IB49505; IB49498; IB19;
IB52852; IB7297; IB7328; IB7427; IB5295; IB5821; IB5991; IB6060; IB6182; IB6255;
IB4521; IB4532; IB1833; IB32415; IB28275; IB31961; IB28138; IB28390; IB28391;
IB28392; IB28393; IB28633; IB28769; IB28770; IB28825; IB28870; IB28871; IB28872;
IB29724; IB29875; IB30050; IB31881; IB31944; IB32024; IB32038; IB32045; IB32050;
IB32052; IB32057; IB32069; IB32335; IB32375; IB32386; IB12705; IB10400; IB9678;
IB9694; IB48047; IB33938; IB5541; IB6826; IB30230; IB29965; IB30274; IB16883;
IB29015; IB53357; IB27543; IB5954; IB4291; IB4772; IB9641; IB24668; IB16645;
IB12343; IB15302; IB5589; IB8291; IB34361; IB34492; IB32798; IB5190; IB30052;
IB32110; IB32978; IB1309; IB1340; IB1601; IB2740; IB37584; IB40001; IB40319;
IB40334; IB40465; IB44009; IB45673; IB45790; IB45932; IB52830; IB40116; IB28600;
IB4856; IB4866; IB28076; IB28077; IB28079; IB28080; IB28327; IB28328; IB28893;
IB29371; IB16636; IB31787; IB31903; IB33331; IB33635; IB45425; IB46089; IB52032;
IB52033; IB33621; IB9685; IB9761; IB32308; IB9830; IB9838; IB45434; IB46364;
IB34325; IB403; IB456; IB46399; IB13136; IB9471; IB47628; IB49164; IB51071;
IB30591; IB26722; IB41120; IB41777; IB42575; IB43113; IB48349; IB48224; IB7511;
IB7843; IB12632; IB29313.