

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
Programa Integrado de Pós-graduação em Biologia Tropical e  
Recursos Naturais**

**EFEITO DE RIACHOS, CHUVA E DISPONIBILIDADE DE PRESAS NA  
OCORRÊNCIA DE *BOTHROPS ATROX* (SERPENTES: VIPERIDAE)  
EM UMA ÁREA DE 25 KM<sup>2</sup> NA AMAZÔNIA CENTRAL**

**CARLOS ROBERTO ABRAHÃO**

Manaus – AM

Março de 2007

**CARLOS ROBERTO ABRAHÃO**

**EFEITO DE RIACHOS, CHUVA E DISPONIBILIDADE DE PRESAS NA  
OCORRÊNCIA DE *BOTHROPS ATROX* (SERPENTES: VIPERIDAE)  
EM UMA ÁREA DE 25 KM<sup>2</sup> NA AMAZÔNIA CENTRAL**

**Orientadora: Dra. Albertina Pimentel Lima**

**Co-orientador: Gonçalo Ferraz, Ph.D.**

Dissertação apresentada ao Programa Integrado de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em ECOLOGIA.

Manaus – AM – Brasil

2007

A159. Abrahão, Carlos Roberto

Efeito de riachos, chuva e disponibilidade de presas na ocorrência de *Bothrops atrox* (Serpentes: Viperidae) em uma área de 25 km<sup>2</sup> na Amazônia Central

Carlos Roberto Abrahão. – Manaus:

INPA/UFAM

2007.

43 p.: ilustr.

Dissertação de Mestrado – Área de concentração: Ecologia.

1. Herpetologia. 2. Ecologia de serpentes.

3. Jararaca. 4. Ocupação. 5. Detecção. 6. PRESENCE I. Título

1

CDD 597.96

**Sinopse:**

Neste estudo, foi utilizada a análise de máxima verossimilhança para estimar a ocupação e a detecção de *B. atrox* em relação a variáveis ambientais (presença de riacho, ordem do riacho, ocorrência de chuva e disponibilidade de anuros) em uma floresta de terra-firme na região de Manaus, Amazônia Central.

**Palavras-chave:**

Herpetologia, Ecologia de serpentes, Jararaca, Ocupação, Detecção, PRESENCE.

*Dedico este trabalho à **Maria Clara Arteaga***

*Por compartilhar estes dois anos  
com muito carinho, alegria e paciência.*

*Sem você este trabalho não seria uma pequena fração do que é agora.*

## AGRADECIMENTOS

Estas páginas não são fruto de apenas dois anos de intenso trabalho, mas de uma vida dedicada a um propósito.

Nestes anos, incontáveis pessoas e animais colaboraram direta e indiretamente para que eu pudesse estar aqui, lhes agradecendo e retribuindo da minha forma.

Antes de tudo, agradeço meus pais e parentes que incentivaram minha formação desde muito cedo, sem nunca interferir na escolha de meu caminho;

Aos muitos amigos que fazem parte da minha vida e memória e que me permitem crescer como ser humano;

A todos os professores que dedicaram suas vidas a formar mais do que bons profissionais, boas pessoas;

Aos meus orientadores que nunca me permitiram dar menos do que o meu máximo;

Aos Animais, de sangue quente ou frio, que me fazem entender a simplicidade da vida;

À Vida, em todas suas formas e cores, que me fascinam e inspiram a cada dia lutar por ela.

A você, que dedica seu tempo nestas páginas que carregam um pouco de conhecimento e muito esforço.

A todos estes, o meu mais sincero Muito Obrigado!

Agradeço ainda ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia pela oportunidade de trabalhar na Amazônia, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado, ao Dr. Richard Vogt por parte do material de pesquisa, à bolsa de produção científica da Dra. Albertina Lima e ao projeto de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD), CNPq - processo 520039/98-0, pelo financiamento de grande parte desta pesquisa.

“Ora, a serpente era o mais astuto de todos os animais do campo, que o Senhor Deus tinha feito. (...) E esta disse à mulher: se comeres do fruto daquela árvore certamente não morreréis, pois Deus sabe que no dia em que comeres desse fruto, vossos olhos se abrirão, e sereis como Ele, conhecendo o bem e o mal.”  
(Gênesis, Cap. 3 v.1-5.)

## RESUMO

As variações ambientais produzem condições que influenciam a distribuição espacial da maioria dos organismos terrestres, podendo afetar também a ocorrência e a detecção das serpentes. Estudos anteriores sugerem relações ecológicas entre serpentes, água e condições atmosféricas, mas poucos consideram a detectabilidade nas suas análises. Isto é importante uma vez que serpentes geralmente são animais crípticos e dificilmente são detectadas. A jararaca (*Bothrops atrox*) é responsável pela maioria dos acidentes ofídicos na Amazônia Brasileira e é uma das serpentes mais freqüentes em toda a Amazônia, ressaltando a necessidade de se conhecer sua ocorrência e atividade. Dados de presença e ausência de *B. atrox* foram coletados em uma área de 25 km<sup>2</sup> de floresta primária de terra-firme próxima à cidade de Manaus, Amazonas. Nesta área, 47 parcelas de 250 x 10 m foram percorridas de quatro a cinco vezes no período de um ano. Usando uma análise de máxima verossimilhança, foram estimados os efeitos de variáveis ambientais (presença de riacho, ordem do riacho, disponibilidade de presas [anuros] e ocorrência de chuva) nas probabilidades de ocupação e de detecção desta espécie. Foi observado que *B. atrox* usualmente ocupa as áreas próximas a riachos, sendo mais facilmente detectada em áreas próximas a riachos de primeira ordem. A ocorrência de chuva exerceu influência positiva na detectabilidade de *B. atrox*, enquanto a disponibilidade de presas parece não estar relacionada com sua detecção.

## ABSTRACT

Environmental variations condition the spatial distribution of most of the terrestrial organisms, probably including snakes by affecting their occurrence and detection. Previous studies suggest ecological relationships between snakes, water and weather conditions, but few of those consider detectability problems in their analysis. Such problems are relevant as snakes are cryptic animals and thus may be present at site yet not detected. The Lancehead, *Bothrops atrox*, is responsible for most of the snakebites in the Brazilian Amazon and is one of the most frequent species over the whole Amazonia: hence, the need to understand its occurrence and activity. Data were collected on the presence/absence of *B. atrox* in a 25 km<sup>2</sup> area of *terra-firme* rainforest near Manaus, Amazonas. In this area, 47 sampling plots of 250 x 10 m were visited from four to five times within a one-year period. A maximum likelihood analysis was employed to estimate the effects of environmental variables (stream presence, stream order, prey [anuran] availability and rain occurrence) in this species' occupancy and detection probability. It was observed that *B. atrox* usually occupies areas close to streams, being most easily detected close to first order streams. Rainfall occurrence had a strong influence in *B. atrox* detectability, while prey availability doesn't seem to be related to its detection.



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	9
OBJETIVO.....	10
CAPÍTULO – Efeito de riachos, chuva e disponibilidade de presas na ocorrência de <i>Bothrops atrox</i> (Serpentes: Viperidae) em uma área de 25 km <sup>2</sup> na Amazônia Central.....	11
Resumo.....	12
Abstract.....	13
Introdução.....	14
Área de estudo.....	19
Métodos.....	21
<i>Delineamento amostral e coletas</i> .....	21
<i>Análise estatística e modelagem</i> .....	24
Resultados.....	27
Discussão.....	33
CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
APÊNDICE A.....	45
APÊNDICE B.....	46

## Introdução geral

As variações ambientais produzem condições que influenciam a distribuição espacial dos organismos (Madsen & Shine, 1996; Pough, 1998; Ricklefs, 2003), podendo afetar tanto a ocorrência quanto a detecção dos animais. Existem poucos os estudos que consideram a variação na detectabilidade dos indivíduos ao estimar sua ocorrência (MacKenzie *et al.*, 2002). Estudos que buscam avaliar a influência de fatores ambientais na ocorrência e atividade de serpentes geralmente não consideram sua detectabilidade nos diferentes ambientes amostrados (e.g. Valdujo *et al.*, 2002; Nogueira *et al.*, 2003), sendo particularmente importante considerá-la em estudos com espécies raras ou crípticas (Luiselli, 2006; MacKenzie, 2005). Nestes casos, o fato de não se encontrar um indivíduo em um determinado local não implica que ele esteja realmente ausente (Luiselli, 2006; MacKenzie, 2005; MacKenzie & Kendall, 2002; MacKenzie *et al.*, 2002). Estudos sugerem relações ecológicas entre serpentes e água ou condições atmosféricas (e.g. Owen, 1989; Henderson *et al.* 1978; Henderson & Hoevers, 1977), mas raramente consideram a probabilidade de detecção nas suas análises (e.g. Luiselli, 2006).

*Bothrops atrox* (Linnaeus, 1758) é uma das serpentes mais freqüentes na Amazônia Brasileira onde tem importante papel ecológico (Oliveira, 2003; Martins & Oliveira, 1999). Esta espécie é ainda, responsável pela maioria dos acidentes ofídicos na região, o que ressalta a importância de se conhecer seus padrões de ocupação no hábitat e onde é mais facilmente detectada (Oliveira, 2003).

Entender como as espécies animais respondem às variações ambientais ajuda no planejamento de estratégias para seu manejo e conservação (Dodd Jr., 1993; Sun *et al.*, 2001; Williams & Hero, 2001). Portanto, são necessários estudos com *B. atrox* que avaliem o efeito destas variáveis em áreas amplas, de forma a poder prever seus padrões de ocupação no hábitat e a probabilidade de detecção nos locais onde ocorre.

## Objetivo

Este estudo utilizou a análise de máxima verossimilhança para estimar a ocupação e a detecção de *B. atrox* em relação a variáveis ambientais (presença de riacho, ordem do riacho, disponibilidade de presas [anuros] e ocorrência de chuva) em uma floresta de terra-firme na região de Manaus, Amazônia Central.

**Efeito de riachos, chuva e disponibilidade de presas na ocorrência de *Bothrops atrox* (Serpentes: Viperidae) em uma área de 25 km<sup>2</sup> na Amazônia Central**

*Running Title:* Ecologia de *Bothrops atrox* na Amazônia Central

Palavras-chave: 1. Herpetologia. 2. Ecologia de serpentes. 3. Jararaca. 4. Ocupação. 5. Detecção. 6. PRESENCE

Carlos Roberto Abrahão  
Albertina Pimentel Lima  
Gonçalo Ferraz

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

Endereço para correspondência:

Rua Piauí, 597 apto 40  
Centro – Londrina, PR  
86010 – 420

e-mail: [abrahaovet@wildmail.com](mailto:abrahaovet@wildmail.com)

Formatação:

Capítulo (Resumo do Capítulo à Discussão) conforme as normas do periódico:

*Journal of Tropical Ecology* - ISSN: 0266-4674 - *Qualis A* – F. I.: 0,589

Demais itens conforme normas do INPA

## RESUMO

As variações ambientais produzem condições que influenciam a distribuição espacial da maioria dos organismos terrestres, podendo afetar a ocorrência e a detecção das serpentes. Estudos anteriores sugerem relações ecológicas entre serpentes, água e condições atmosféricas, mas poucos consideram a detectabilidade nas suas análises. Isto é importante uma vez que serpentes geralmente são animais crípticos. A jararaca, *Bothrops atrox*, é responsável pela maioria dos acidentes ofídicos na Amazônia Brasileira e é uma das serpentes mais freqüentes em toda Amazônia, ressaltando a necessidade de se conhecer sua ocorrência e atividade. Dados de presença/ausência de *B. atrox* foram coletados em uma área de 25 km<sup>2</sup> de floresta de terra-firme próxima à cidade de Manaus, Amazonas. Nesta área, 47 parcelas de 250 x 10 m foram percorridas de quatro a cinco vezes no período de um ano. Usando uma análise de máxima verossimilhança, foram estimados os efeitos de variáveis ambientais (presença de riacho, ordem do riacho, disponibilidade de presas [anuros] e ocorrência de chuva) nas probabilidades de ocupação e de detecção desta espécie. Foi observado que *B. atrox* usualmente ocupa as áreas próximas a riachos, sendo mais facilmente detectada em áreas próximas a riachos de primeira ordem. A ocorrência de chuva exerceu influência positiva na detectabilidade de *B. atrox* enquanto a disponibilidade de presas não parece estar relacionada com sua detecção.

## ABSTRACT

Environmental variations condition the spatial distribution of most of the terrestrial organisms, probably including snakes by affecting their occurrence and detection. Previous studies suggest ecological relationships between snakes, water and weather conditions, but few of those consider detectability problems in their analysis. Such problems are relevant as snakes are cryptic animals and thus may be present at site yet not detected. The Lancehead, *Bothrops atrox*, is responsible for most of the snakebites in the Brazilian Amazon and is one of the most frequent species in the whole Amazon: hence, the need to understand its occurrence and activity. Data were collected on the presence/absence of *B. atrox* in a 25-km<sup>2</sup> area of *terra-firme* rainforest near Manaus, Amazonas. In this area, 47 sampling plots of 250 x 10 m were visited from four to five times within a one-year period. A maximum likelihood analysis was employed to estimate the effects of environmental variables (stream presence, stream order, prey [anuran] availability and rain occurrence) in this species' occupancy and detection probability. It was observed that *B. atrox* usually occupies areas close to streams, being most easily detected close to first order streams. Rainfall occurrence had a strong influence in *B. atrox* detectability, while prey availability doesn't seem to be related to its detection.

## INTRODUÇÃO

A distribuição dos animais em uma paisagem é influenciada pela disponibilidade dos recursos que cada espécie necessita, de modo que os fatores que tornam um hábitat favorável para determinada espécie dependem de suas necessidades biológicas. Portanto, as variações nas características ambientais produzem condições que influenciam a distribuição espacial dos organismos (Pough *et al.*, 2003; Reinert, 1993; Ricklefs, 2003).

Características físicas ou biológicas de um ambiente podem influenciar tanto a ocorrência de uma espécie em determinada área, quanto a sua distribuição, abundância e atividade no local (e.g. Guisan & Hofer, 2003; Inger & Voris, 1993; Parris & McCarthy, 1999; Reinert, 1984; Shine *et al.*, 2002; Weatherhead & Prior, 1992; Muitos estudos ecológicos em florestas tropicais sugerem relações entre a ocorrência de serpentes, variações nas condições atmosféricas, presença e tamanho dos corpos d'água (e.g. Bernarde *et al.*, 2000; Duellman & Mendelson III, 1995; Oliveira & Martins, 2001; Owen, 1989; Marques *et al.*, 2000, Martins, 1994). Estas variações podem afetar tanto a ocorrência quanto a detecção das serpentes, contudo, são poucos os estudos que consideram a variação na detectabilidade dos indivíduos ao estimar sua ocorrência (MacKenzie *et al.*, 2002). Esta realidade é bastante comum nas amostragens de populações animais (e.g. Luiselli, 2006; MacKenzie, 2005; MacKenzie & Kendall, 2002).

Estudos com serpentes utilizam encontros ocasionais e esforço por unidade de área ou tempo para avaliar a influência de fatores ambientais na ocorrência e atividade de determinada espécie (e.g. Nogueira *et al.*, 2003; Valdujo *et al.*, 2002). Entretanto, estes estudos não consideram a detectabilidade das serpentes nos

diferentes ambientes amostrados. Considerar a detectabilidade é particularmente importante em estudos com espécies raras ou crípticas, como é o caso das serpentes (Greene, 1997; Reinert, 1993). Nestes casos, o fato de não se encontrar um indivíduo em um determinado local não implica que ele esteja realmente ausente (Luiselli, 2006; MacKenzie, 2005; MacKenzie & Kendall, 2002; MacKenzie *et al.*, 2002).

As serpentes têm distribuição mundial e ocupam ampla diversidade de ambientes, de desertos até ambientes marítimos, do subsolo ao dossel das florestas (Pough *et al.*, 2003). Nos diversos ambientes, as serpentes desempenham papéis tróficos importantes, tanto como predadores secundários como de topo de cadeia (Dodd Jr., 1993; Greene, 1997; Mushinski, 1987).

O gênero *Bothrops* Wagler, 1824 pertence à família Viperidae e é constituído por 37 espécies distribuídas em toda a América do Sul (Campbell & Lamar, 2004). Dentre as espécies deste gênero, *Bothrops atrox* (Linnaeus, 1758), popularmente conhecida como jararaca, ocorre na região setentrional da América do Sul, onde ocupa diferentes habitats (Cunha & Nascimento, 1978; Oliveira, 2003; Wüster *et al.*, 1996). Zimmerman & Rodrigues (1990) trabalhando com a herpetofauna das Reservas do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais, ao norte de Manaus, Amazonas (AM), tiveram esta espécie como a mais freqüente da família Viperidae e a terceira entre todas as serpentes. Martins (1994) trabalhando com a comunidade de serpentes da Reserva Florestal Adolpho Ducke teve *B. atrox* como sendo a serpente mais freqüente entre as 50 espécies encontradas. Por ser uma espécie agressiva e de comum ocorrência, esta serpente é a maior causadora de acidentes ofídicos em humanos na região de Manaus (Borges *et al.*, 1999; Martins &



Oliveira, 1998; Santos *et al.*, 1995), ressaltando a importância de estudos que visem conhecer sua abundância e atividade (e.g. Oliveira & Martins, 2001).

As serpentes da família Viperidae geralmente têm área de vida pequena e a movimentação diária dos indivíduos geralmente se restringe a poucos metros, até o máximo de algumas dezenas de metros (Sazima, 1988; MacCartney *et al.*, 1988). A atividade de *B. atrox* é predominantemente noturna (Egler *et al.*, 1996; Duellman & Mendelson III, 1995; Oliveira & Martins, 2001). São serpentes crípticas e passam a maior parte do seu tempo imóveis em abrigos subterrâneos, entre raízes tabulares e sob troncos caídos ou ocos (Oliveira, 2003). Estudos efetuados na região de Manaus sugerem que a atividade de *B. atrox* está associada à umidade relativa e à pluviosidade, mas não à temperatura (Oliveira & Martins, 2001). De fato, muitas serpentes que habitam as regiões tropicais não são consideradas como termorreguladoras ativas (Akani *et al.*, 2002; Luiselli & Akani, 2002; Shine & Madsen, 1996).

As serpentes do gênero *Bothrops* geralmente têm seu pico de atividade na estação chuvosa, quando ocorre a maior parte da alimentação e atividade reprodutiva (Campbell & Lamar, 2004). Oliveira e Martins (2001) demonstraram haver uma relação positiva entre a atividade de *B. atrox* e a pluviosidade, tanto em relação ao número de indivíduos encontrados em procura limitada por tempo, como ao número de acidentes ofídicos na região de Manaus - AM.

Estudos relacionando chuva e padrões de atividade de serpentes geralmente consideram a pluviosidade sazonal ou mensal, mas não relacionam a sua atividade com a ocorrência diária de chuva (e.g. Cunha & Nascimento, 1982; Dixon & Soini, 1975; Oliveira & Martins, 2001). Esta relação é importante para maximizar o esforço

de campo em estudos com serpentes ou evitar acidentes ofídicos, independente da variação sazonal.

*Bothrops atrox* tem hábito alimentar generalista, contudo, anfíbios constituem a maior parte de sua dieta, especialmente entre serpentes mais jovens. Lagartos, roedores e marsupiais também são importantes presas, sendo que pequenos mamíferos são mais importantes para os indivíduos adultos. Existem ainda registros ocasionais de aves, outras espécies de serpentes e até mesmo peixe (Martins & Gordo, 1993; Martins & Oliveira, 1998; Oliveira, 2003) como parte da dieta desta espécie. Um estudo com várias espécies do gênero *Bothrops* detectou que quanto maior a disponibilidade de anuros no ambiente, maior é a sua representação na dieta destas serpentes (Martins *et al.*, 2002), o que reforça a idéia de que indivíduos de *B. atrox* são predadores oportunistas. Luiselli & Fillipi (2006) comentam que, de forma geral, a distribuição das presas pode influenciar fortemente o uso do habitat pelas serpentes.

Estudos anteriores com *B. atrox* foram realizados através de encontros ocasionais e/ou em delineamentos amostrais feitos em pequenas áreas (e.g. Cunha & Nascimento, 1982; Oliveira & Martins, 2001) que não abrangem a gama de variações ambientais utilizadas no manejo de populações. Entender como as espécies animais respondem às variações ambientais ajuda no planejamento de estratégias para seu manejo e conservação (Dodd Jr., 1993; Sun *et al.*, 2001; Williams & Hero, 2001). Nessa perspectiva, torna-se importante avaliar o efeito de variáveis ambientais em áreas amplas, de forma a predizer a ocupação e detecção de *B. atrox* nestas áreas.

Por sua estreita relação com a água (e.g. gênero *Bothrops* em Campbell & Lamar, 2004; umidade e precipitação em Oliveira, 2003 e Oliveira & Martins, 2001),

é esperado que *B. atrox* ocupe ambientes ripários e seja observada com maior frequência em períodos de maior pluviosidade. Porém, não existem estudos que relacionem o encontro destas serpentes à ordem ou tamanho do riacho. Esta análise seria interessante, tendo em vista que muitas espécies de organismos aquáticos e terrestres têm suas populações estruturadas pelas características físicas dos riachos (Junk *et al.*, 1989; Vannote *et al.*, 1980). Também é esperado que seja encontrado um maior número de serpentes onde ocorre maior disponibilidade de anuros, tanto pela influência que as populações de presas exercem sobre o uso do habitat dos predadores (Bernarde *et al.*, 2000; Luiselli & Fillipi, 2006), como pela importância dos anuros na dieta de *B. atrox* (Martins & Gordo, 1993; Oliveira, 2003).

Neste estudo, foi utilizada a análise de máxima verossimilhança para estimar a ocupação e a detecção de *B. atrox* em relação às variáveis ambientais (presença de riacho, ordem do riacho, ocorrência de chuva e disponibilidade de anuros) em uma floresta de terra-firme na região de Manaus, Amazônia Central.

## ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na Reserva Florestal Adolpho Ducke – RFAD (02°55' e 03°01'S, 59°53' e 59°59' W) localizada na periferia da cidade de Manaus, Amazonas (Figura 1). A RFAD possui 10.000 ha de floresta primária tropical úmida de terra-firme, com dossel fechado e sub-bosque de pouca luminosidade, caracterizado pela abundância de palmeiras acaules (Guillaumet & Kahn, 1982). A altura média das árvores é de 35 a 40 m, com árvores emergentes atingindo 50 m (Ribeiro *et al.*, 1999). Sua topografia é acidentada, com altitudes variando entre 39 e 109 m s.n.m. Nas áreas altas, o solo é de textura argilosa e nas áreas baixas a textura é arenosa (maiores detalhes em Castilho *et al.*, 2006 e Chauvel *et al.*, 1987).

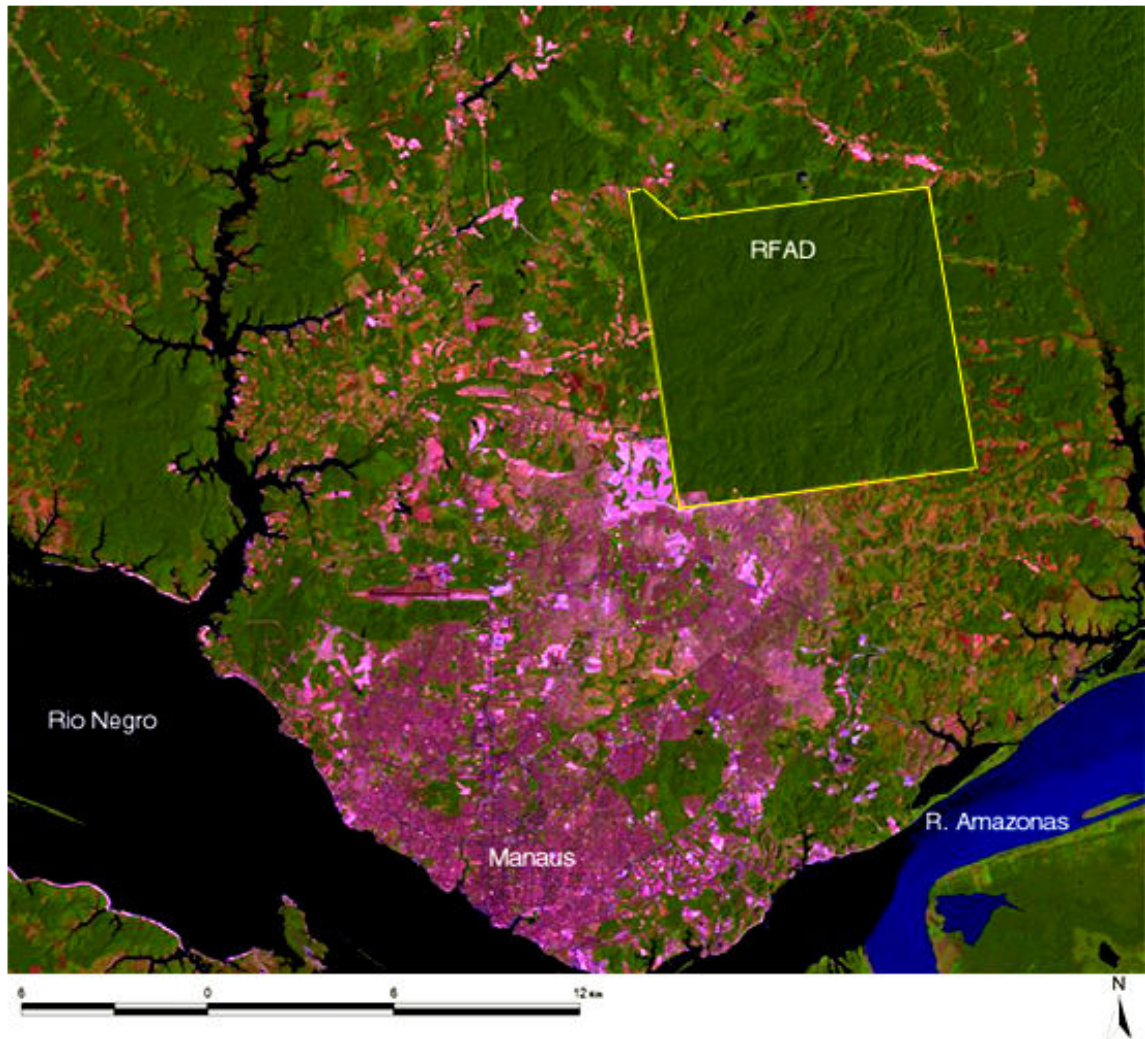


Figura 1: Imagem Landsat ETM da região de Manaus, Amazonas. A área delimitada em amarelo corresponde à Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD). Fonte: NASA.

## MÉTODOS

### ***Delineamento amostral e coletas***

A coleta de dados foi realizada em uma área de 25 km<sup>2</sup> dentro da RFAD, de acordo com o desenho amostral utilizado pelo Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) e pelo programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD). Maiores detalhes sobre estes protocolos de amostragem são encontrados em Magnusson et al. (2005).

A área amostrada possui 30 parcelas de distribuição uniforme, distantes 1 km entre si, e 22 parcelas que acompanham a mata ripária, distantes entre 1,5 e 15 m da margem dos riachos. As parcelas ripárias não estão distribuídas uniformemente, localizando-se próximo aos pontos em que o sistema de trilhas da área de estudo intersectam um curso d'água. Todas as parcelas têm 250 m de comprimento por 10 m de largura. Entre as 30 parcelas de distribuição uniforme, sete encontram-se próximas a riachos e foram consideradas como sendo ripárias.

Para obter independência na análise, sempre que duas parcelas estavam a menos de 300 m de distância entre si, uma delas foi aleatoriamente excluída. Por esta razão, neste estudo foram consideradas apenas 47 das 52 parcelas existentes. Destas, 25 são ripárias e 22 não são ripárias (distantes pelo menos 200 m de riachos).

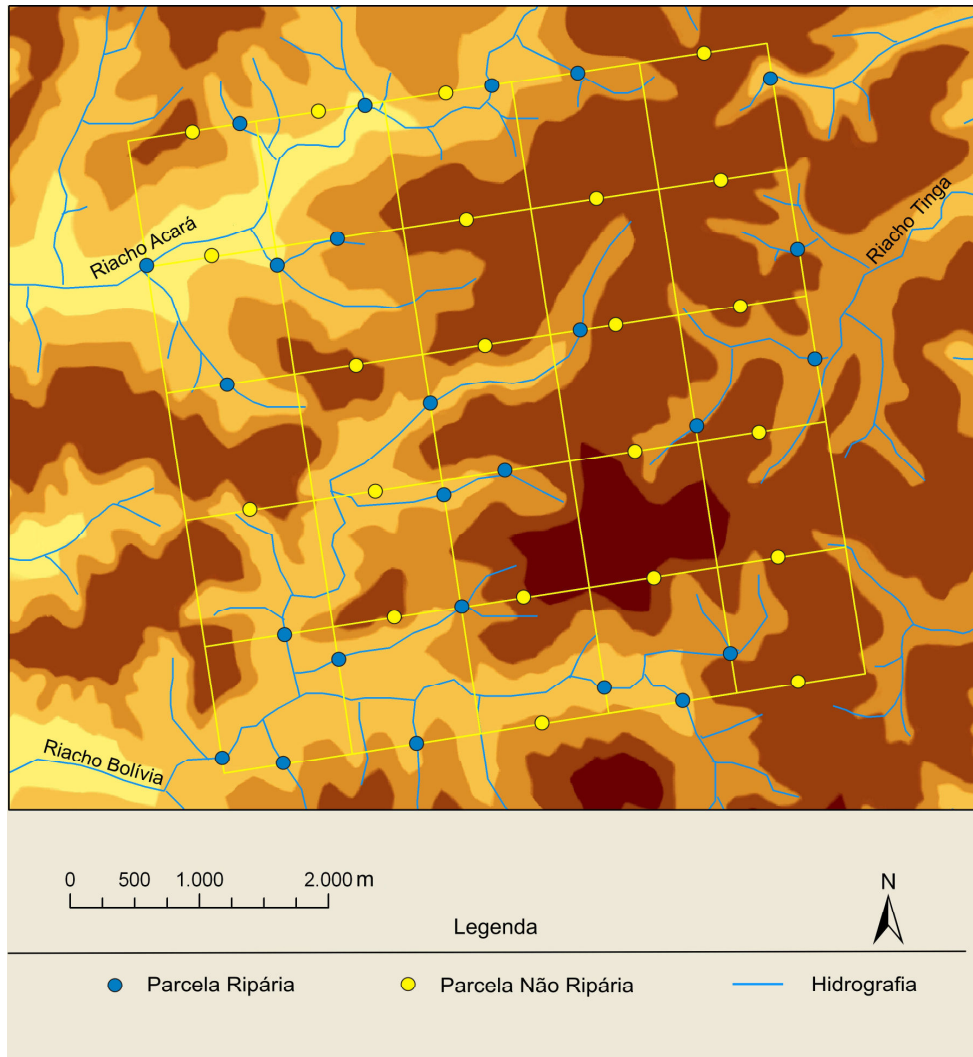


Figura 2: Linhas amarelas demonstram a grade piloto do Projeto de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio) dentro da Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD). Os pontos indicam as parcelas, traços azuis para a hidrografia (riachos) e cores escuras indicam áreas de maior altitude.

Dentre as 47 parcelas, 19 foram monitoradas quatro vezes e 28 parcelas foram monitoradas cinco vezes. Cada ciclo de amostragem (rodada) durou entre 14 e 28 dias (Tabela 1).

Tabela 1: Início, fim, duração (em dias) e tempo total de busca ativa (em minutos) de cada período de monitoramento nas parcelas à procura de indivíduos de *B. atrox*.

<b>Rodada</b>	<b>Início</b>	<b>Fim</b>	<b>Duração (Dias)</b>	<b>Tempo (min.)</b>
1	19/10/2005	01/11/2005	14	2267
2	12/01/2006	08/02/2006	28	2874
3	24/03/2006	19/04/2006	27	3347
4	06/06/2006	25/06/2006	20	3320
5	18/07/2006	07/08/2006	21	3030

Cada parcela de 250 m foi percorrida, em média, por aproximadamente 67 minutos. Nas duas primeiras visitas, as parcelas foram percorridas por dois observadores e nas últimas três visitas, foram percorridas por três observadores. Os observadores andavam em fila, com uma distância aproximada de cinco metros entre si e numa velocidade média de 0,25 Km/h. Cada observador cobria um campo visual de cinco metros em ambos os lados desde a linha central da parcela, estes não se deslocavam lateralmente na parcela e, portanto, não havia busca ativa em abrigos com distância maior que um metro de cada lado da linha central da parcela. As amostragens foram feitas entre 18:00 e 03:30 horas, uma vez que estas serpentes têm atividade predominantemente noturna e são mais facilmente detectadas neste período (Martins & Oliveira, 1998; Oliveira & Martins, 2001). Todos indivíduos encontrados foram capturados e um transponder foi implantado no tecido subcutâneo para permitir a identificação individual de cada serpente (e.g. Fitch, 1987).

A temperatura do ar foi tomada no início da amostragem de cada parcela com um termômetro digital de precisão de 0,1°C exposto a uma altura de aproximadamente 30 cm acima do solo e mantido na mesma posição até que a leitura estabilizar. Também foi registrada a ocorrência de chuva no dia da amostragem, separando dias com chuva de dias sem chuva. As 25 parcelas ripárias foram classificadas segundo a ordem do riacho correspondente, sendo esta ordem



determinada segundo a escala de Horton, modificada por Strahler, onde dois riachos de primeira ordem formam um de segunda ordem e dois de segunda ordem formam um de terceira ordem (Petts, 1994).

Os anuros encontrados durante os monitoramentos no solo e sub-bosque até a altura máxima de 2 m e com o comprimento corporal entre 2 e 8 cm, foram registrados com a finalidade de determinar a disponibilidade de presas potenciais em cada parcela. O tamanho das presas foi considerado com base em dados sobre a dieta desta espécie (M. E. de Oliveira, com. pess.; Dixon & Soini, 1986; Duellman, 1978; Oliveira, 2003). Anuros de potencial toxicidade (e.g. *Chaunus marinus* e *Phyllomedusa spp.*) foram excluídos das análises (Martins & Oliveira, 1998)

### **Análise estatística e modelagem**

Foi utilizada a análise de máxima verossimilhança para determinar a influência das variáveis ambientais na probabilidade de ocupação e detecção de *B. atrox*. As análises foram implementadas no programa PRESENCE v.2.0 (Hines, 2004) que permite estimar a ocorrência de espécies quando a probabilidade de detecção é menor que um (Mackenzie *et al.*, 2002). Os dados deste estudo foram coletados dentro de um período relativamente curto (11 meses) e a variação sazonal obtida em um período tão curto não é suficiente para avaliar os efeitos sazonais. Mesmo com as coletas abrangendo uma estação chuvosa e uma seca, as diferenças observadas poderiam ser devido a outros fatores específicos do ano amostrado e não haveriam réplicas suficientes para evitar este erro. Por esta razão, assumiu-se que a ocorrência real de jararacas em cada ponto de amostragem não se altera ao longo do tempo, embora a detecção da espécie nos locais onde elas existam possa

variar de acordo com a estação do ano ou outras variáveis. Esta variação na detecção está parcialmente incluída na variável “ocorrência de chuva”, que é fortemente relacionada à estação. A simplificação do modelo não impede que sejam avaliadas as diferenças entre as parcelas, uma vez que as parcelas foram monitoradas dentro de um período curto (máximo de 28 dias entre a primeira e a última parcela em uma mesma rodada).

As probabilidades de ocupação e detecção de *B. atrox* foram relacionadas com o conjunto de variáveis ambientais: presença de riacho, ordem do riacho, disponibilidade de anuros e ocorrência de chuva. A temperatura do ar não foi considerada na análise, pois apesar da média de temperatura ser maior em dias secos que em dias onde ocorreu chuva ( $\bar{X}_{\text{Seco}} = 24,7 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 0,82 \text{ dp}$ ,  $r = 4,7$ ;  $\bar{X}_{\text{Chuva}} = 24,1 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 0,72 \text{ dp}$ ,  $r = 3,3$ ;  $t = -5,527$ ;  $p < 0,001$  e  $g.l. = 208$ ) a diferença entre as médias foi muito pequena ( $0,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), esta variação pode não ser suficiente para influenciar a atividade de *B. atrox*. Nos modelos de ocorrência e detecção de *B. atrox* foram usados dois tipos de variáveis preditivas: as variáveis de local (ordem do riacho, presença de riacho e disponibilidade de anuros), que não variam ao longo do tempo e são específicas para cada parcela; e uma variável de amostragem (ocorrência de chuva), que pode variar ao longo do tempo e é específica para cada visita à parcela (Apêndice A).

Para descobrir se a presença de anuros influencia a probabilidade de detecção de *B. atrox*, medimos a disponibilidade de presas em cada parcela. Para isto, calculamos a soma dos anuros registrados durante as quatro últimas amostragens em cada parcela, uma vez que, por impossibilidade logística, não foram percorridas todas as parcelas na primeira amostragem e estes dados não foram utilizados nas análises. Estes valores foram somados a um, para evitar a presença de valores

iguais a zero, e logaritmizados (Log10). Consideramos a soma de todas as contagens de anuros em cada parcela como um índice de disponibilidade deste tipo de presas, este valor fixo é comparável entre parcelas e é tratado como uma variável de local.

Dentro da RFAD os riachos são classificados como de primeira, segunda e terceira ordens. Neste estudo consideramos dois grupos, um com as parcelas próximas a riachos de primeira ordem (n=15) e outro com as parcelas próximas a riachos de segunda e de terceira ordens (n=5 e n=8, respectivamente). Desta forma, o número de parcelas próximas a riachos de segunda e terceira ordens (n=13), é mais facilmente comparado ao grupo de parcelas próximas a riachos de primeira ordem (n=15).

Algumas variáveis podem influenciar tanto a probabilidade de ocupação quanto a de detecção. Desta forma, buscaram-se modelos simples que fizessem sentido biológico e fossem baseados em hipóteses pré-definidas. Assim, foram criados modelos onde se relacionou a probabilidade de ocupação com uma variável (presença de riacho) e a probabilidade de detecção com três variáveis (ordem do riacho, ocorrência de chuva e disponibilidade de anuros). Com isto procurou-se descobrir se *B. atrox* ocupa mais as áreas próximas a riachos; se é mais detectável em riachos menores ou maiores; se é mais facilmente encontrada em dias nos quais corre chuva e, finalmente, se sua detecção é relacionada com a disponibilidade de anuros. Testamos 16 modelos (Tabela 2) e medimos seu ajuste aos dados usando o Critério de Informação de Akaike (CIA), que leva em conta o valor de verossimilhança penalizado pelo número de parâmetros do modelo (Burnham & Anderson, 2002). Os modelos de melhor ajuste (baixo valor de CIA) foram utilizados para obter as estimativas das probabilidades de detecção e de ocupação.



## RESULTADOS

Nas 47 parcelas amostradas (total de 222 visitas), foram encontrados 30 indivíduos de *B. atrox* e 205 de anuros, o baixo número de serpentes não interfere no resultado, pois a unidade amostral é o número de amostragens (222) e não o número de serpentes encontradas. A baixa variação dos valores de CIA para os modelos considerados indica que existe pouca diferença entre o ajuste destes modelos ( $\Delta$ CIA máxima = 10,71). A análise de máxima verossimilhança mostra que o modelo que melhor se ajusta aos dados é aquele que tem a probabilidade de ocupação constante e inclui a ordem de riacho e a ocorrência de chuva influenciando a probabilidade de detecção de *B. atrox* (CIA = 143,81; Tabela 2). O modelo também mostra que a ordem do riacho tem efeito negativo e a chuva tem efeito positivo sobre a detecção, sendo o efeito da primeira variável o de maior influência (Figura 4). Apesar dos efeitos serem claros, as estimativas da probabilidade de detecção não diferem significativamente entre riachos de diferentes ordens.

Dentre os modelos testados, a variável ordem do riacho está presente nos oito modelos de melhor ajuste, o que indica uma clara influência desta na detecção dos indivíduos. Da mesma forma, a variável ocorrência de chuva está presente em três dos quatro modelos de melhor ajuste, demonstrando a sua importância na detectabilidade de *B. atrox*. Em contrapartida, a disponibilidade de anuros não conferiu nenhum poder explicativo aos modelos. Quando comparado o modelo nulo (modelo 14 – que não inclui nenhuma variável em suas estimativas) com os modelos subsequentes (modelos 15 e 16), nota-se claramente que esta variável não contribuiu para explicar os dados (Tabela 2).

Quanto à probabilidade de ocupação, a presença de riacho apareceu em oito dos 13 modelos antes do modelo nulo, demonstrando a sua importância ao explicar a ocupação de *B. atrox*. Ao se comparar o modelo que inclui somente esta variável (modelo 9) ao modelo nulo (modelo 14), observa-se que esta variável sozinha já confere poder explicativo ao modelo (Tabela 2).

Tabela 2: Modelos utilizados para a análise de verossimilhança e dispostos em ordem decrescente de ajuste.

Ajuste	Modelos	CIA	$\Delta$ CIA	W
1	$\Psi(\cdot), p(\text{Ordem}+\text{Chuva})$	143,81	0,00	0,3177
2	$\Psi(\cdot), p(\text{Ordem})$	145,22	1,41	0,1570
3	$\Psi(\text{PresRiacho}), p(\text{Ordem}+\text{Chuva})$	145,52	1,71	0,1351
4	$\Psi(\cdot), p(\text{Ordem}+\text{AnurosLog10}+\text{Chuva})$	145,80	1,99	0,1175
5	$\Psi(\text{PresRiacho}), p(\text{Ordem})$	146,55	2,74	0,0807
6	$\Psi(\cdot), p(\text{Ordem}+\text{AnurosLog10})$	147,19	3,38	0,0586
7	$\Psi(\text{PresRiacho}), p(\text{Ordem}+\text{AnurosLog10}+\text{Chuva})$	147,51	3,70	0,0500
8	$\Psi(\text{PresRiacho}), p(\text{Ordem}+\text{AnurosLog10})$	148,55	4,74	0,0297
9	$\Psi(\text{PresRiacho}), p(\cdot)$	149,85	6,04	0,0155
10	$\Psi(\text{PresRiacho}), p(\text{Chuva})$	149,89	6,08	0,0152
11	$\Psi(\text{PresRiacho}), p(\text{AnurosLog10})$	151,85	8,04	0,0057
12	$\Psi(\text{PresRiacho}), p(\text{AnurosLog10}+\text{Chuva})$	151,87	8,06	0,0056
13	$\Psi(\cdot), p(\text{Chuva})$	152,26	8,45	0,0046
14	$\Psi(\cdot), p(\cdot)$	153,07	9,26	0,0031
15	$\Psi(\cdot), p(\text{AnurosLog10}+\text{Chuva})$	153,55	9,74	0,0024
16	$\Psi(\cdot), p(\text{AnurosLog10})$	154,52	10,71	0,0015

CIA = Critério de Informação de Akaike (Burnham & Anderson, 2002);  $\Delta$ CIA = Variação de CIA; w = peso do modelo;  $\Psi$  = Probabilidade de ocupação; p = Probabilidade de detecção; Ordem = Riacho de 1ª ou 2ª/3ª ordens; Chuva = Presença/Ausência de chuva no dia da amostragem; PresRiacho = Presença/Ausência de Riacho próximo à parcela; AnurosLog10 = Logaritmo na base 10 da soma total de anuros avistados em cada parcela durante as 4 últimas amostragens.

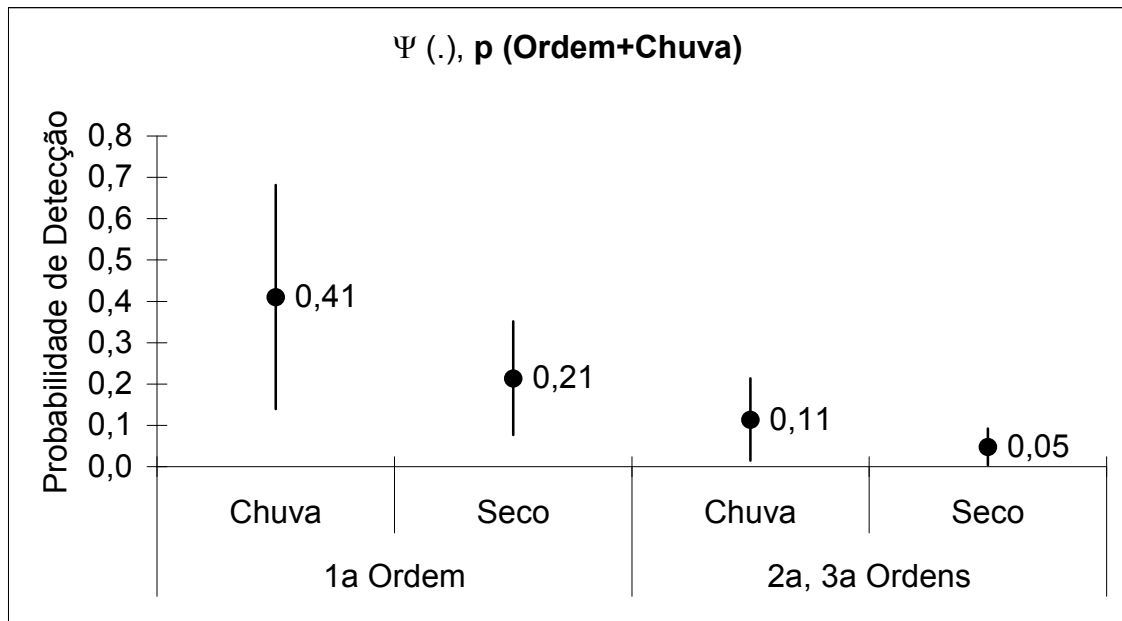


Figura 4: Probabilidades de detecção e intervalos de confiança estimados pelo modelo de maior ajuste (Tabela 2).

O terceiro modelo de melhor ajuste inclui variáveis tanto relacionadas à probabilidade de ocupação (presença de riacho) quanto à probabilidade de detecção (ordem do riacho e ocorrência de chuva). Como este modelo inclui as variáveis que melhor explicam a ocorrência e detecção de *B. atrox*, e o seu ajuste é muito semelhante ao dos outros modelos com menor CIA, ele foi utilizado para obter as estimativas das probabilidades de ocupação e detecção das variáveis mencionadas acima (Figura 5).

As estimativas feitas a partir do terceiro modelo mostram que a presença de riacho exerce um efeito positivo na probabilidade de ocupação das parcelas (Figura 5A). As estimativas de probabilidade de detecção deste modelo apresentam efeito semelhante ao observado nas estimativas feitas a partir do modelo de melhor ajuste, onde a ordem do riacho exerce um efeito negativo e a ocorrência de chuva exerce um efeito positivo na probabilidade de detecção (Figura 5B).

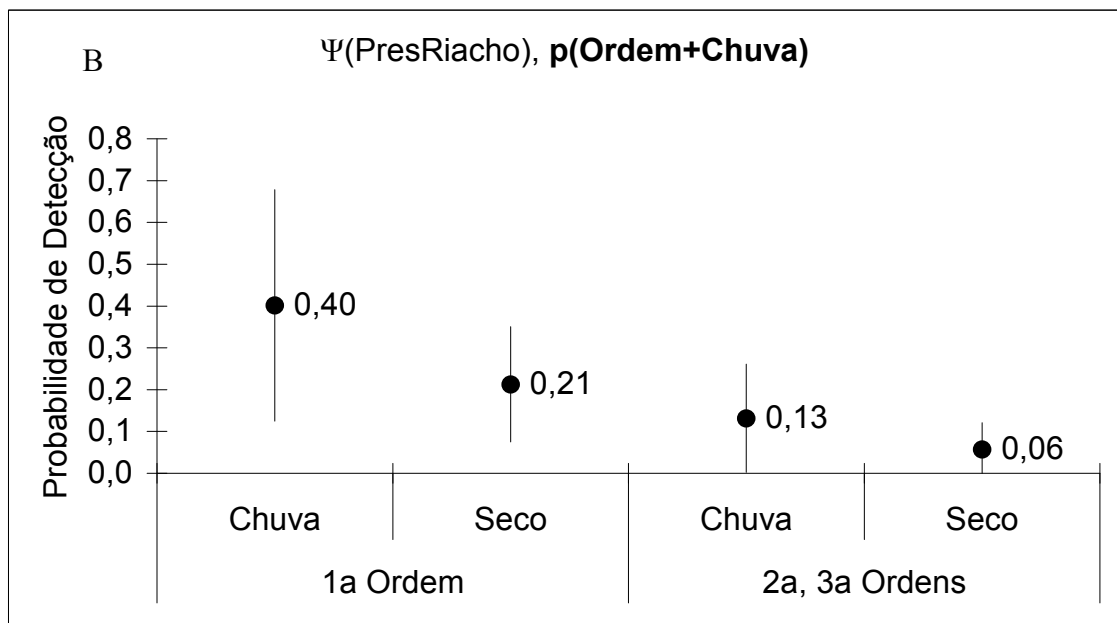
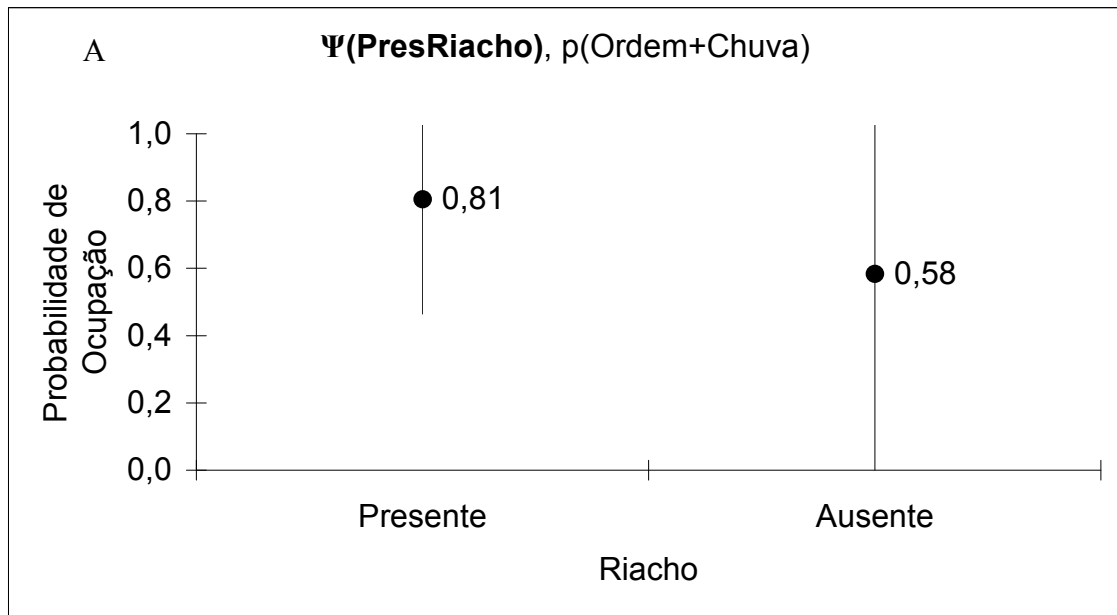


Figura 5: Probabilidades de ocupação, detecção e intervalos de confiança estimados pelo terceiro modelo (Tabela 2). A) Probabilidade de ocupação influenciada pela presença de riacho; B) Probabilidade de detecção influenciada pela ordem do riacho e ocorrência de chuva.

Considerando as probabilidades de ocupação em todos os modelos onde a variável presença de riacho é incluída, nota-se que as probabilidades variam entre 31% e 94%, sendo que os maiores valores foram encontrados em parcelas ripárias. No terceiro modelo, as estimativas pontuais da probabilidade de ocupação indicam que a chance de se encontrar *B. atrox* em parcelas não ripárias é de 58%, enquanto



em parcelas ripárias, esta probabilidade aumenta para 81% (Figura 5A). Desta forma, é possível que, apesar da espécie ter sido encontrada em apenas cinco das 22 parcelas não ripárias (22,7%), com base nas estimativas de ocupação, a espécie pode ocorrer em cerca de 13 parcelas (58%). Da mesma forma, apesar da espécie ter sido encontrada em apenas 14 das 25 parcelas ripárias (56%), com base na estimativa de ocupação, ela pode ocorrer em cerca de 20 parcelas (81%).

As estimativas pontuais da probabilidade de detecção variaram entre 0,47% e 41% entre todos os modelos que incluíram as variáveis ordem do riacho e/ou ocorrência de chuva. Considerando apenas os valores obtidos no terceiro modelo, estes variam entre 6% e 40%; os maiores valores foram encontrados em parcelas próximas a riachos de primeira ordem e em dias onde ocorreu chuva (Figura 5B). Nas parcelas próximas a riachos de primeira ordem, foram encontradas serpentes em 15 das 65 ocasiões amostradas (23%). Baseado nas estimativas da probabilidade de detecção e considerando apenas as parcelas onde *B. atrox* ocorre, a chance de se detectar *B. atrox* variou entre 21% para dias sem chuva e 40% para dias com chuva. Considerando as parcelas próximas a riachos de segunda e terceira ordens, foram encontradas serpentes em seis das 60 ocasiões de amostragem (10%). Baseado nas estimativas da probabilidade de detecção obtidas a partir do terceiro modelo, esta porcentagem é mantida para as parcelas onde *B. atrox* ocorre.

Dentre os dias onde ocorreu chuva, foram encontradas serpentes em 14 das 90 ocasiões amostradas (15,5%). Com base nas estimativas da probabilidade de detecção, nas parcelas onde esta espécie ocorre, a chance de encontrar serpentes em dias onde houve chuva varia entre 13% para parcelas próximas a riachos de segunda e terceira ordens e 40% para parcelas próximas a riachos de primeira

ordem. Nos dias onde não houve chuva, foram encontradas serpentes em apenas 12 das 132 ocasiões de amostragem (9,1%). Com base nas estimativas da probabilidade de detecção, a chance de encontrar serpentes nas parcelas onde ela ocorre em um dia sem chuva varia entre 6% em parcelas próximas a riachos de segunda e terceira ordens e 21% em parcelas próximas a riachos de primeira ordem. Todos os dados utilizados nas análises estão expostos no apêndice B.

## DISCUSSÃO

Os modelos da ocorrência e detecção de *B. atrox* indicam uma relação desta espécie com a água, seja ela na forma de chuva ou em riachos. Este resultado é consistente com estudos ecológicos sobre algumas das espécies do gênero *Bothrops*, onde o avistamento destas serpentes está relacionado à presença de corpos d'água. Campbell e Lamar (2004) relataram encontros mais freqüentes de *B. asper* ao longo de riachos e Nogueira *et al.* (2003) afirmam que *Bothrops moojeni* ocorre predominantemente em vegetação ripária. Estes dados são particularmente relevantes, uma vez que *B. asper* e *B. moojeni* pertencem ao mesmo clado monofilético de *B. atrox* (Campbell & Lamar, 2004).

Neste estudo foi observado que locais próximos a riachos têm maior probabilidade de estarem ocupados por *B. atrox*. A disponibilidade constante de água, e o microclima úmido predominante nestes habitats poderiam ser fatores que geram este padrão de distribuição. Além disto, as serpentes do gênero *Bothrops* geralmente têm áreas de vida pequenas e caçam por espreita, aguardando a aproximação de suas presas (e.g. Campbell & Lamar, 2004; Oliveira, 2003). Locais próximos a riachos possuem fauna característica, incluindo diversas presas de *B. atrox*. Não apenas anuros (Menin, 2005; Parris & McCarthy, 1999; Stoddard & Hayes, 2005; Zimmerman & Bierregaard, 1986) utilizam os ambientes ripários, mas também pequenos mamíferos (Emmons & Feer, 1997) e algumas espécies de lagartos (Ávila-Pires, 1995; Vitt, 1996; Vitt, & Zani, 1998). A grande quantia de presas disponíveis e conseqüente facilidade na obtenção de alimentos também poderia ser um fator influenciando a distribuição de *B. atrox* nas áreas próximas a riachos.

A análise demonstra que além de *B. atrox* ocupar as áreas mais próximas a riachos, a chance de detectar espécimes em áreas próximas a riachos de primeira ordem é ainda maior que quando comparado com riachos de segunda e terceira ordens. A facilidade em se detectar *B. atrox* nestas áreas próximas a riachos menores pode ser devida a uma maior densidade de indivíduos nestes locais.

Rios e riachos apresentam um gradiente contínuo de variáveis físicas como volume e fluxo, da cabeceira até a foz (Vannote *et al.*, 1980). Riachos de primeira ordem têm uma área de drenagem menor que os de segunda ou terceira ordens, de maneira que a vazão aumenta juntamente com a ordem do riacho. Da mesma forma, o volume de água após uma chuva é maior em riachos de maior ordem. Riachos de ordem inferior tendem a ter um fluxo menor, mais irregular com mais picos de inundação, por serem facilmente influenciáveis pela precipitação (Junk *et al.*, 1989). Por outro lado, a área inundada em riachos de ordem inferior geralmente é menor que em riachos de ordem superior, da mesma forma que em riachos de ordem inferior a inundação tende a durar menos tempo. Os organismos, tanto os terrestres quanto os aquáticos, geralmente têm dificuldade ao utilizar as áreas de transição entre o ambiente aquático e o terrestre (e.g. margens de riachos) (Junk *et al.*, 1989). Esta dificuldade seria ressaltada nos riachos de ordem superior que estão sujeitos a pulsos de inundação amplos e duradouros, apesar de menos frequentes.

Apesar de serem comumente encontradas próximas a corpos d'água e de terem características arborícolas, estas serpentes são animais primariamente terrestres e utilizam o solo e serapilheira para forrageio e abrigo (Oliveira, 2003; Oliveira & Martins, 2001). Assim, as margens de riachos de segunda e terceira ordens seriam mais propensas à inundações prolongadas em áreas amplas e, conseqüentemente, seriam menos favoráveis à ocupação por *B. atrox*. Por sua

estreita relação com a água e reduzida área de vida, estas serpentes provavelmente ocupam os ambientes ripários pouco alagáveis (em pequena extensão e por curtos períodos), como os encontrados em riachos de primeira ordem. As serpentes que vivem nestes locais não teriam seus abrigos alagados, nem precisariam se deslocar até áreas não alagadas a cada chuva mais forte. Muitas das presas de *B. atrox* (lagartos, roedores e alguns anfíbios terrestres) estariam igualmente sujeitas ao alagamento de seus abrigos e territórios, habitando naturalmente áreas pouco alagáveis (em amplitude e duração). Desta forma, a disponibilidade de presas também poderia influenciar indiretamente a densidade de *B. atrox* e, conseqüentemente, aumentar sua detectabilidade em riachos de primeira ordem.

As estimativas da probabilidade de detecção indicam que *B. atrox* é mais facilmente detectada em dias de chuva. Isto era esperado, uma vez que as serpentes que estão em abrigos no solo (e.g. Oliveira, 2003) podem ter seus refúgios alagados freqüentemente, assim como ocorre com serpentes que habitam áreas próximas a riachos. Desta forma, em dias de chuva as serpentes seriam forçadas a sair de seus abrigos e procurar novos abrigos em locais secos. A atividade das serpentes também pode estar relacionada ao aumento na atividade dos anuros nos dias de chuva (Duellman, 1978; Gottsberger & Gruber, 2004).

Os anuros são um importante item alimentar e ocupam quase metade da dieta de *B. atrox* (Campbell & Lamar, 2004; Martins & Gordo, 1993; Oliveira, 2003). No entanto, não foi observada nenhuma relação entre a disponibilidade de anuros e a detecção dessas serpentes. Este resultado pode estar relacionado ao fato de que anuros são consumidos principalmente por indivíduos jovens e subadultos. Entretanto, a idade (classe de tamanho) dos indivíduos não foi analisada devido ao número insuficiente de capturas. Lagartos e pequenos mamíferos também não foram

analisados apesar de serem importantes itens alimentares. Estas presas poderiam influenciar a ocupação e detecção de *B. atrox*, em detrimento da disponibilidade de anuros. Uma amostragem mais abrangente das potenciais presas de *B. atrox* é necessária para que se entendam suas relações.

Estudos preditivos em ecologia de serpentes ainda são pouco freqüentes na literatura (e.g. Luiselli & Filippi, 2006). Considerando a importância destes predadores e o surgimento de novos métodos para estudos de populações, espera-se que futuros trabalhos neste campo possam contribuir cada vez mais para o entendimento da ecologia de serpentes, fornecendo dados confiáveis para a sua conservação e a do ambiente que ocupam.

## CONCLUSÃO

Com base nas análises, *B. atrox* ocupa mais as áreas próximas a riachos, onde os modelos que incluem a presença de riacho como variável ocupam posições de melhor ajuste aos dados de presença/ausência. Notou-se ainda que estas serpentes são mais facilmente encontradas próximas a riachos de primeira ordem, uma vez que esta variável está presente nos oito modelos de melhor ajuste. A disponibilidade de presas (anuros) não parece estar relacionada com a detecção de *B. atrox*, onde a variável só esteve presente entre os modelos de pior ajuste e abaixo do modelo que não inclui nenhuma variável (modelo nulo). Finalmente, a ocorrência de chuva exerceu forte influência na atividade de *B. atrox*, aumentando a probabilidade de detecção de indivíduos em dias onde ocorreu chuva. Esta variável está presente em três dos quatro modelos de melhor ajuste, incluindo o primeiro modelo.

*Bothrops atrox* tem uma estreita relação com a água, seja ela na forma de chuva ou em riachos. Geralmente ocupam lugares próximos a riachos, seja pela própria disponibilidade constante de água e o microclima úmido destes habitats, seja devido à maior disponibilidade de presas (principalmente anuros). Estas serpentes são mais frequentemente encontradas em riachos de primeira ordem, isto pode ser devido às margens de riachos maiores estarem mais propensas ao alagamento amplo e duradouro após chuvas fortes. Assim, os indivíduos procurariam lugares próximos a riachos menores e menos propensos à este tipo de alteração. A disponibilidade de anuros não está relacionada a uma maior detectabilidade destas serpentes, apesar de anuros serem um importante item na dieta de *B. atrox*. Pequenos mamíferos e lagartos também são comumente predados e poderiam influenciar a distribuição desta espécie, somente com uma metodologia que considerasse todo tipo de presas disponíveis seria possível avaliar se a probabilidade de detecção desta serpente é influenciada por suas presas. As jararacas foram mais facilmente avistadas em dias onde ocorreu chuva. Isto pode ser relacionado à atividade dos anuros que também têm sua atividade aumentada durante e após a chuva, mas também pode estar relacionada ao alagamento temporário de suas tocas e abrigos, o que forçaria as serpentes a se deslocarem em dias chuvosos.

Serpentes são animais de relevante importância ecológica nos mais variados ambientes em que habitam. O desenvolvimento de novos métodos e ferramentas para o estudo de populações possibilita prever com maior confiabilidade onde ocorre determinada espécie e onde ela pode ser mais facilmente encontrada. Estudos neste tema são a base para medidas que envolvam o manejo e a conservação das espécies e dos ambientes onde vivem.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akani, G. C.; Eniang, E. A.; Ekpo, I. J.; Angelici, F. M. & L. Luiselli. 2002. Thermal and reproductive ecology of the snake *Psammophis phillipsi* from the region of the southern Nigeria. *Herpetological Journal*, 12: 63-67.
- Ávila-Pires, T. C. S. 1995. Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). *Zoologische Verhandelingen*. 299: 1-706.
- Bernarde, P. S.; Kokubum, M. N. C. & O. A. Marques. 2000. Atividade e uso de hábitat em *Thamnodynastes strigatus* (Günther, 1858), no sul do Brasil (Serpentes, Colubridae). *Bol. Mus. Nac. do Rio de Janeiro*, 428: 1-8.
- Borges, C. C.; M. Sadahiro & M. C. Dos Santos. 1999. Aspectos epidemiológicos e clínicos dos acidentes ofídicos ocorridos nos municípios do Estado do Amazonas. *Rev. Soc. Bras. Med. Tropical*, 32 (6): 637-646.
- Burnham, K. P. & D. R. Anderson. 2002. *Model selection and inference: a practical information-theoretic approach*. 2<sup>nd</sup> Edition. Springer-Verlag, New York, N.Y., USA. 488 Pp.
- Campbell, J. A. & W. W. Lamar (Eds.). 2004. *The venomous reptiles of the western hemisphere*, Vol.1. Cornell University Press, New York, USA.
- Castilho, C. V., W. E. Magnusson, R. N. O. Araújo, R. C. C. Luizão, F. J. Luizão, A. P. Lima, and N. Higuchi. 2006. Variation in aboveground tree life biomass in a central Amazonian forest: effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management*, 234:85-96.
- Chauvel, A.; Lucas, Y.; Boulet, R. 1987. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. *Experientia*, 43: 234-241.
- Cunha, O. R. & F. P. Nascimento. Ofídios da Amazônia X: As cobras da região leste do Pará. *Publ. Avul. Mus. Par. Emílio Goeldi*, 31: 1-218.
- Cunha, O. R. & F. P. Nascimento. 1982. Ofídios da Amazônia XIV. As espécies de *Micrurus*, *Bothrops*, *Lachesis* e *Crotalus* do sul do Pará e oeste do Maranhão, incluindo áreas do cerrado deste Estado (Ophidia: Elapidae e Viperidae). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 112: 1-58.
- Dodd Jr. C. K. 1993. Strategies for snake conservation. Pp. 363-394. In: Seigel, R. A. & J. T. Collins (Eds.). *Snakes: Ecology and behavior*. McGraw-Hill, Inc. USA.
- Dixon, J. R. & P. Soini. 1975. *The reptiles of the upper Amazon basin, Iquitos region, Peru*. Milwaukee Public Museum

- Dixon, J. R. & P. Soini. 1986. *The reptiles of the Upper Amazon Basin, Iquitos region, Peru*. Milwaukee Public. Museum.
- Duellman, W.E. 1978. The biology of an Equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador. *Misc. Publ. of the Kansas Univ. Museum of Nat. Hist.*, 65:1-352.
- Duellman, W. E. & J. R. Mendelson III. 1995. Amphibians and reptiles from northern Departamento Loreto, Peru: Taxonomy and biogeography. *Univ. Kansas Sci. Bull.* 55: 329-376.
- Egler, S. G.; Oliveira, M. E. & M. Martins. 1996. *Bothrops atrox* (Common Lancehead). Foraging behavior and ophiophagy. *Herpetological Review*, 27: 22-23.
- Emmons, L.H.; Feer, F. 1997. *Neotropical rainforest mammals, a field guide*, 2<sup>nd</sup> Edition. University of Chicago Press, Chicago.
- Fitch, H. S. 1987. Collecting and life history techniques. Pp. 143-164. *In*: Seigel, R. A.; J. T. Collins & S. S. Novak (Eds.). *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. Macmillian Publ. Co., New York, USA.
- Greene, H. W. 1997. *Snakes: The evolution of mystery in nature*. University of California Press. Berkeley and Los Angeles – USA.
- Gottsberger, B. & E. Gruber. 2004. Temporal partitioning of reproductive activity in a Neotropical anuran community. *Journal of Tropical Ecology*, 20: 271-280.
- Guillaumet, J. & F. Kahn. 1982. Estrutura e dinamismo da floresta. *Acta Amazonica*, 12(4): 61-77.
- Guisan, A. & U. Hofer. 2003. Predicting reptile distributions at the mesoscale: Relation to climate and topography. *Journal of Biogeography*, 30: 1233-1243.
- Henderson, R. W. & L. G. Hoevers. 1977. The Seasonal Incidence of Snakes at a Locality in Northern Belize. *Copeia*, 2: 349-355.
- Henderson, R. W.; Dixon, J. R. & P. Soini. 1978. On the seasonal incidence of tropical snakes. *Milw. Pub. Mus. Contr. Biol. Geol.* 17:1-15.
- Hines, J. E. 2004. PRESENCE 2.0, Software to compute estimates of patch occupancy rates and related parameters. *In*: USGS – PWRC.
- Inger, R. F. & H. K. Voris. 1993. A comparison of amphibian communities through time and from place to place in Bornean forests. *Journal of Tropical Ecology*, 9 (4): 409-433.

- Junk, W. J., Bayley, P. B. & R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems Pp. 110-127. *In*: Dodge, D. P. (ed.) Proceedings of the international Large River symposium. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 106.
- Luiselli, L. 2006. Site occupancy and density of sympatric Gaboon viper (*Bitis gabonica*) and nose-horned viper (*Bitis nasicornis*). *Journal of Tropical Ecology*, 22: 555-564.
- Luiselli, L & E. Fillipi, 2006. Null models, co-occurrence patterns, and ecological modeling of a Mediterranean community of snakes. *Amphibia-Reptilia*, 27: 325-337.
- Luiselli, L & G. C. Akani. 2002. Is thermoregulation really unimportant for tropical reptiles? A comparative study in four sympatric snake species from Africa. *Acta Oecologica*, 23: 59-68.
- MacCartney, J.M., P.T. Gregory, and K.W. Larsen. 1988. A tabular survey of data on movements and home ranges of snakes. *Journal of Herpetology* 22:61-73.
- Mackenzie, D. I. 2005. Was it there? Dealing with imperfect detection for species presence/absence data. *Austr. N. Z. J. Stat.* 47(1): 65-74.
- Mackenzie, D. I. & W. L. Kendall. 2002. How should detection probability be incorporated into estimates of relative abundance? *Ecology*, 83(9): 2387-2393.
- Mackenzie, D. I.; Nichols, J. D.; Lachman, G. B.; Droege, S.; Royle, J. A. & C. A. Langtimm. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 83(8): 2248-2255.
- Madsen, T. & R. Shine. 1996. Seasonal migration of predators and prey – A study of pythons and rats in tropical Australia. *Ecology*, 77(1): 149-156.
- Magnusson, W. E.; Lima, A. P.; Luizão, R.; Luizão, F.; Costa, F. R. C.; Castilho, C. V. & V. F. Kinupp. 2005. RAPELD: A modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica*, 5 (2):1-6.
- Marques, O. A. V.; Eterovick, A. & W. Endo. 2000. Seasonal activity of snakes in the Atlantic Forest in Southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 22: 103-111.
- Martins, M.; 1994. História Natural e Ecologia de uma Taxocenose de serpentes de Mata na região de Manaus, Amazônia Central, Brasil. Tese de Doutorado. Depto. De Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 97 Pp.

- Martins, M.O. A. V. Marques & I. Sazima. 2002. Ecological and Phylogenetic Correlates of Feeding Habits in Neotropical Pitvipers of the Genus *Bothrops*. Pp. 1-22. In: *Biology of the Vipers* (Hardcover) by Jonathan A. Campbell (Foreword), Edmund D. Brodie Jr. (Foreword), Gordon W. Schuett (Editor), Mats Hoggren (Editor), Michael E. Douglas (Editor), Harry W. Greene (Editor) 580 Pp.
- Martins, M. & M. E. Oliveira. 1998. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, central Amazônia, Brazil. *Herp. Nat. Hist.*, 6:78-150.
- Martins, M. & M. Gordo. 1993. *Bothrops atrox* diet. *Herp. Rev.*, 24 (4):151-152.
- Menin, M. 2005. *Padrões de distribuição e abundância de anuros em 64 km<sup>2</sup> de floresta de terra-firme na Amazônia Central*. Tese de Doutorado. INPA.
- Mushinski, H. R. 1987. Foraging ecology. In: Seigel, R. A.; J. T. Collins & S. S. Novak (Eds.). *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. Macmillian Publ. Co., New York, USA.
- Nogueira, C.: R. J. Sawaya & M. Martins. 2003 Ecology of the Pitviper, *Bothrops moojeni*, in the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology*, 37 (4): 653–659
- Oliveira, M. E. 2003. *História natural de jararacas brasileiras do grupo Bothrops atrox (Serpentes: Viperidae)*. Tese de Doutorado. UNESP – Rio Claro. 123 Pp.
- Oliveira, M. E. & M. Martins. 2001. When and where to find a Pitviper: Activity patterns and hábitat use of the lancehead, *Bothrops atrox* in central Amazônia, Brasil. *Herp. Nat. Hist.* 8 (2):101-110.
- Owen, J. G. 1989. Patterns of herpetofaunal species richness: Relation to temperature, precipitation, and variance in elevation. *Journal of Biogeography*. 16 (2): 141-150.
- Parris, K. M. & M. A. McCarthy. 1999. What influences the structure of frog assemblages at forest streams? *Austr. Journ. Of Ecology*. 24: 495-502.
- Pough, F. H.; R. M. Andrews; J. E. Cadle; M. L. Crump; A. H. Savitzky & K. D. Wells. 1998. *Herpetology*. Prentice-Hall, New Jersey, USA. 577 Pp.
- Pough, F. H.; R. M. Andrews; J. E. Cadle; M. L. Crump; A. H. Savitzky & K. D. Wells. 2003. *Herpetology*. 3<sup>rd</sup> Edition. Prentice-Hall, New Jersey, USA. 736 Pp.
- Reinert, H. K. 1984. Habitat variation within sympatric snakes populations. *Ecology*. 65: 1673-1682.
- Reinert, H. K. 1993. Habitat selection in snakes. Pp. 201-240. In: Seigel, R. A. & J. T. Collins (Eds.). *Snakes: Ecology and behavior*. McGraw-Hill Inc., USA.

- Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.G.; Vicentini, A.; Sothers, C.A.; Costa, M.A.S.; Brito, J.M.; Souza, M.A.D.; Martins, L.H.P.; Lohmann, L.G.; Assunção, P.A.C.L.; Pereira, E. C., Silva, C.F.; Mesquita, M.R. & Procópio, L. 1999. *Flora da Reserva Ducke: Guia de Identificação das Plantas Vasculares de uma Floresta de Terra Firme na Amazônia Central*. INPA, Manaus.
- Ricklefs, R. E. 2003. *A economia da natureza*. 5ª Edição. Guanabara - Koogan. 542 Pp.
- Santos, M. C.; M. Martins; A. L. Boechat; R. P. Sá Neto & M. E. Oliveira. 1995. *Serpentes de interesse médico da Amazônia*. UA/SESU, Manaus, AM. 64 Pp.
- Sazima, I. 1988. Um estudo de biologia comportamental da jararaca, *Bothrops jararaca*, com uso de marcas naturais. *Mem. Inst. Butantan*. 50 (3): 83-99.
- Shine, R. & Madsen, R. 1996. Is the thermoregulation unimportant for the most reptiles? An example using water pythons (*Liasis fuscus*) in tropical Australia. *Physiological Zoology*, 69: 252-269.
- Shine, R.; Sun, L-X; Kearney, M. & M. Fitzgerald. 2002. Thermal correlates of foraging-site selection by Chinese pit-vipers (*Gloydius shedaoensis*, Viperidae). *Journ. Therm. Biology*, 27: 405-412.
- Stoddard, M.A.; Hayes, J.P. 2005. The influence of forest management on headwater stream amphibians at multiple spatial scales. *Ecological Applications*, 15(3): 811-823.
- Sun, L.; R. Shine; Z. Debi & T. Zhengren. 2001. Biotic and abiotic influences of activity patterns of insular pit-vipers (*Gloydius shedaoensis*, Viperidae) from north-eastern China. *Biological Conservation* 97: 387-398.
- Valdujo, P. H.; C. Nogueira & M. Martins. 2002. Ecology of *Bothrops neuwiedi pauloensis* (Serpentes: Viperidae:Crotalinae) in the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology*. 36 (2): 169–176.
- Vannote, R. L., Minshal, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & C. E. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.
- Vitt, L. J. 1996. Biodiversity of Amazonian Lizards. Pp. 89-108 *In*: Gibson, A. (Ed). *Neotropical Biodiversity and Conservation*. Univ. of California, Los Angeles, USA. 202 Pp.
- Vitt, L. J. & P. A. Zani. 1998. Ecological relationships among sympatric lizards in a transitional forest in the northern Amazon of Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 14: 63-86.

- Weatherhead, P. J. & K. A. Prior. 1992. Preliminary observations of habitat use and movements of the Eastern Massasauga Rattlesnake (*Sistrurus c. catenatus*). *Journal of Herpetology*, 26 (4): 447-452.
- Williams, S. E. & J. M. Hero. 2001. Multiple determinants of Australian tropical frog biodiversity. *Biol. Conservation*, 98: 1-10.
- Wüster, W.; J. A., Thorpe, Puerto, G. & BBBSP. 1996. Systematics of the *Bothrops atrox* complex (Reptilia: Serpentes: Viperidae) in Brazil: A multivariate analysis. *Herpetologica* 52: 263-271.
- Zimmerman, B. L. & M. T. Rodrigues. 1990. Frogs, snakes, and lizards of INPA-WWF reserves near Manaus, Brazil. Pp. 426-454. *In*: Gentry, A. H. (Ed.). *Four neotropical rainforests*. Yale Univ. Press, New Haven and London, UK.
- Zimmerman, B. L. & R. O. Bierregaard. 1986. Relevance of the equilibrium theory of island biogeography and species-area relations to conservation with a case from Amazonia. *Journal of Biogeography*, 13: 133–143.

## APÊNDICE A

### Dados de presença e ausência de *B. atrox* durante o monitoramento das parcelas ripárias e não ripárias.

Parcela	Rodada 1	Rodada 2	Rodada 3	Rodada 4	Rodada 5
Aq 01	0	0	0	0	0
Aq 02	1	0	1	0	0
Aq 03	0	0	0	0	0
Aq 04	1	0	0	0	0
Aq 05	0	1	0	0	0
Aq 07	1	0	0	1	0
Aq 08	1	0	1	0	0
Aq 09	0	1	1	0	0
Aq 10	0	0	0	1	0
Aq 11	1	0	0	0	0
Aq 12	0	0	1	0	1
Aq 13	0	0	1	0	0
Aq 14	0	1	0	0	1
Aq 15	1	0	0	0	0
Aq 17	-	0	0	0	0
Aq 18	0	0	0	0	0
Aq 19	0	0	0	0	0
Aq 20	0	0	0	0	0
Aq 22	0	0	0	0	0
T 01	0	0	0	0	0
T 02	0	1	0	0	0
T 03	-	0	0	0	0
T 04	0	0	0	0	0
T 05	0	0	0	0	0
T 06	0	0	1	1	0
T 07	-	0	0	0	0
T 08	-	0	0	0	0
T 09	-	0	0	0	0
T 10	-	0	0	0	0
T 12	-	0	0	0	0
T 13	-	0	0	0	0
T 14	-	0	0	0	0
T 15	-	0	0	0	0
T 16	-	1	0	0	0
T 17	0	0	0	0	0
T 18	-	0	0	0	0
T 19	-	0	0	0	0
T 20	0	0	0	0	0
T 21	0	0	0	0	0
T 22	0	0	0	0	0
T 23	-	0	0	0	1
T 24	-	0	0	0	0
T 25	-	0	0	0	0
T 27	0	0	0	0	0
T 28	-	0	0	0	0
T 29	0	1	0	0	0
T 30	-	0	0	0	0

Legenda: ( - ) Indica ausência de dados, (Aq) indica parcela ripária e (T) indica parcela não ripária.

## APÊNDICE B

### Dados das variáveis utilizadas nas análises

Parcela	Variáveis de Local			Variável de Amostragem				
	PresRiacho	Ordem	AnurosLog10	Chuva				
				R1	R2	R3	R4	R5
Aq 01	Sim	3	1,2788	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Aq 02	Sim	1	0,9542	Sim	Não	Não	Não	Sim
Aq 03	Sim	2	0,6990	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Aq 04	Sim	3	0,6990	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Aq 05	Sim	1	0,8451	Não	Sim	Não	Não	Não
Aq 07	Sim	1	0,6021	Sim	Não	Sim	Não	Sim
Aq 08	Sim	1	0,6990	Não	Não	Sim	Não	Não
Aq 09	Sim	1	0,6021	Não	Não	Sim	Não	Sim
Aq 10	Sim	2	1,1761	Não	Não	Não	Não	Sim
Aq 11	Sim	2	0,9542	Sim	Não	Sim	Não	Não
Aq 12	Sim	1	1,0414	Não	Não	Não	Sim	Não
Aq 13	Sim	1	1,1461	Sim	Não	Sim	Não	Não
Aq 14	Sim	1	1,0414	Sim	Não	Sim	Não	Não
Aq 15	Sim	1	0,6990	Não	Não	Não	Não	Não
Aq 17	Sim	1	0,6990	-	Sim	Sim	Não	Não
Aq 18	Sim	2	1,0000	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Aq 19	Sim	3	1,0414	Sim	Sim	Não	Não	Não
Aq 20	Sim	2	0,4771	Não	Não	Sim	Sim	Não
Aq 22	Sim	1	1,0000	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
T 01	Não	0	0,7782	Não	Sim	Não	Não	Não
T 02	Não	0	0,0000	Não	Sim	Não	Não	Não
T 03	Não	0	0,6021	-	Sim	Sim	Sim	Não
T 04	Sim	2	0,4771	Sim	Não	Sim	Não	Não
T 05	Não	0	0,6990	Não	Não	Sim	Não	Não
T 06	Não	0	0,0000	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
T 07	Sim	1	0,6990	-	Não	Sim	Não	Sim
T 08	Não	0	0,6021	-	Não	Sim	Não	Sim
T 09	Não	0	0,4771	-	Não	Sim	Não	Sim
T 10	Não	0	0,6021	-	Não	Sim	Não	Sim
T 12	Não	0	0,6990	-	Sim	Não	Não	Sim
T 13	Não	0	0,0000	-	Sim	Sim	Não	Não
T 14	Não	0	0,0000	-	Não	Não	Não	Sim
T 15	Não	0	0,3010	-	Não	Não	Não	Sim
T 16	Não	0	0,6021	-	Sim	Não	Não	Não
T 17	Não	0	0,4771	Não	Não	Não	Não	Não
T 18	Sim	1	0,4771	-	Não	Não	Não	Não
T 19	Não	0	0,8451	-	Não	Não	Não	Não
T 20	Não	0	0,3010	Não	Não	Não	Não	Não
T 21	Sim	2	0,4771	Sim	Sim	Não	Não	Sim
T 22	Não	0	0,3010	Sim	Sim	Não	Não	Sim
T 23	Não	0	0,4771	-	Não	Não	Sim	Sim
T 24	Não	0	0,0000	-	Não	Não	Sim	Sim
T 25	Não	0	0,8451	-	Não	Não	Sim	Sim
T 27	Sim	1	0,3010	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
T 28	Não	0	0,3010	-	Não	Não	Não	Não
T 29	Sim	2	0,3010	Sim	Sim	Sim	Não	Não
T 30	Não	0	0,0000	-	Sim	Sim	Não	Não

Legenda: (-) Indica ausência de dados, (Aq) indica parcela ripária e (T) indica parcela não ripária. Variáveis: "PresRiacho"=Presença de riacho; "Ordem"= Ordem do riacho (primeira, segunda ou terceira ordens); "AnurosLog10"= Logaritmo na base 10 da soma dos anuros encontrados em cada parcela; "R1 a R5"= Presença de chuva em cada rodada para cada parcela.