



Pós-Graduação
ZOOLOGIA
MPEG/UFPA



MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM ZOOLOGIA

MARINA TEÓFILO PIGNATI

**ECOLOGIA REPRODUTIVA DE *PODOCNEMIS UNIFILIS* TROSCHER, 1848
(TESTUDINES: PODOCNEMIDIDAE) EM UMA ÁREA DE VÁRZEA DO
BAIXO RIO AMAZONAS, SANTARÉM, PARÁ, BRASIL**

**BELÉM – PARÁ
2011**

MARINA TEÓFILO PIGNATI

**ECOLOGIA REPRODUTIVA DE *PODOCNEMIS UNIFILIS* TROSCHER, 1848
(TESTUDINES: PODOCNEMIDIDAE) EM UMA ÁREA DE VÁRZEA DO
BAIXO RIO AMAZONAS, SANTARÉM, PARÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, Curso de Mestrado, do Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará como requisito para obtenção do grau de mestre em Zoologia, na área de concentração em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Juarez Carlos Brito Pezzuti

**BELÉM – PARÁ
2011**

**À minha família,
Pelo amor e carinho
E por sempre me incentivarem a concretizar este sonho.**

Agradecimentos

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado. Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) pelo suporte financeiro e ao Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) pelo suporte logístico durante o projeto. Agradeço também ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, convênio Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), pelo suporte logístico durante o curso.

Agradeço a minhas companheiras pela ajuda na coleta de dados, pelo companheirismo e amizade nos meses em campo, pois não conseguiria sem elas: Priscila Miorando e Renata Vieira. Agradeço ao Rafael Barbosa e à Rachel Leite, cujo abrigo e a amizade foram fundamentais para minha morada em Santarém. Obrigada à Cristiane Costa, pela ajuda e companheirismo em tardes tensas de sexagem de filhotes de tracajá. Agradeço também à Luana F. Fernandes, pesquisadora que disponibilizou os dados do ano de 2007, dados que só enriqueceram ainda mais minha dissertação.

Agradeço aos meus assistentes de campo: Rosivan (“Velho”) e Jeremias (“Pato”) e seus familiares, pela ajuda e acolhida durante os quatro meses na comunidade Água Preta e por me passarem seus conhecimentos sobre o tracajá, a tartaruga-da-amazônia e o pitiú e também a várzea amazônica, informações indispensáveis para conclusão deste trabalho.

Obrigada a todos os professores do curso que, cada um a seu modo, me proporcionou um enriquecimento enorme sobre este bioma deslumbrante: a Amazônia.

Agradeço ao Prof. Dr. Juarez C. B. Pezzuti (“Juca”), pela orientação, compreensão e ajuda nesta caminhada. Obrigada pela oportunidade de trabalhar em uma área única (várzea amazônica) e obrigada pela paciência, amizade e pela chance maravilhosa de conhecer muito sobre o mundo dos quelônios, paixão que compartilhamos.

Obrigada aos professores da banca de qualificação e de conclusão do curso, que contribuíram com críticas construtivas e sugestões para a concretização da dissertação: Dr. Luciano F. A. Montag, Dr^a. Teresa C. S. de Avila Pires, Dr^a. Daniely Félix-Silva, Dr. Carlos F. D. da Rocha, Dr. Rafael Bernhard e Dr. Richard C. Vogt. Agradecimento em especial à Dr^a. Daniely Félix-Silva (“Dany”), com suas contribuições ao longo do curso e por compartilhar comigo sua paixão pelos quelônios.

Agradeço ao Dr. Paulo D. Ferreira Júnior, da Universidade de Vila Velha (UVV), pelo auxílio na análise granulométrica dos sedimentos e nas sugestões e críticas indispensáveis para o término deste trabalho.

Agradeço à minha família de Cuiabá por esta oportunidade maravilhosa de crescer e pelo amor, carinho e compreensão: aos meus pais Wanderlei e Otília e meus irmãos Júlia, Leonardo e Luara. Obrigada aos parentes de Belém, que me acolheram como filha e me ampararam durante todo o curso de mestrado: meus tios Anízio e Solange e os primos Rafael, Fernando, Thiago e Paulo e família (Solange, Gabriel, Nicole e também Arthur).

Agradeço ao Elyerson, meu amor e companheiro, pela amizade, pelo apoio e compreensão nestas minhas idas e vindas e pela força pra terminar meu trabalho. Obrigado pelo carinho sempre!

Obrigado aos colegas da turma de mestrado 2009 pela convivência nas aulas, nos trabalhos, nas noites em claro e também nas farras e momentos de descontração. Em especial à Roberta Daniely (“Dany Xuxu”) e à Marcela (“Lela”), companheiras dos dias difíceis e das tardes de cinema.

E que venham novos desafios!!!

**“Não sei se a vida é curta ou longa para nós,
mas sei que nada do que vivemos tem sentido, se não tocarmos o coração das pessoas.
Muitas vezes basta ser: colo que acolhe, braço que envolve, palavra que conforta,
silencio que respeita, alegria que contagia, lágrima que corre,
olhar que acaricia, desejo que sacia, amor que promove.
E isso não é coisa de outro mundo, é o que dá sentido à vida.
É o que faz com que ela não seja nem curta, nem longa demais,
mas que seja intensa, verdadeira, pura enquanto durar.
Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.**

Cora Coralina

Sumário

Resumo	ix
Abstract	x
Introdução Geral	1
Referências	6

CAPÍTULO I - Artigo a ser submetido à revista *Chelonian Conservation and Biology*:

Resumo	13
Abstract	14
Introdução	15
Material e Métodos	18
Resultados	20
Discussão	24
Agradecimentos	30
Literatura Citada	30
Tabelas	39
Lista de Figuras	46
Figuras	48

CAPÍTULO II - Artigo a ser submetido à revista *Journal of Animal Ecology*:

Sumário.....	53
Summary.....	54
Introdução	56
Material e Métodos	57

Resultados	61
Discussão	63
Agradecimentos	69
Referências.....	70
Tabelas	80
Lista de Figuras	84
Figuras	86

CAPÍTULO III - Artigo a ser submetido à revista *Chelonian Conservation and Biology*:

Resumo	92
Abstract	93
Introdução	94
Material e Métodos	95
Resultados	99
Discussão	101
Agradecimentos	105
Literatura Citada.....	105
Tabelas.....	110
Lista de Figuras	111
Figuras	112

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi investigar as características dos locais selecionados para desova, bem como as conseqüências desta seleção na razão sexual, no desenvolvimento embrionário, no sucesso de eclosão e nos eventos de eclosão e emergência de *Podocnemis unifilis* em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará. Em dois ciclos reprodutivos, entre outubro de 2007 e janeiro de 2008 e setembro e dezembro de 2009, os ninhos foram localizados e características físicas e ambientais mensuradas. Durante a duração de incubação diariamente foram registrados eventos de eclosão, emergência e perda de ninhos, sendo coletados filhotes para a identificação sexual. Foram monitorados 273 ninhos (106 em 2007 e 167 em 2009) e foi verificado que existe um padrão de seleção das fêmeas por características dos locais de desova: ambientes mais altos e distantes do rio, próximos à vegetação e com maior teor de areia muito fina. As principais causas de perda de ninhos foram a predação e a coleta humana. A altura do ninho em relação ao nível da água influenciou na probabilidade de alagamento; os primeiros ninhos a serem depositados foram os mais predados; e ninhos coletados estavam mais próximos ao rio e à vegetação, tiveram as maiores alturas, as maiores profundidades e foram os primeiros a serem depositados quando comparados com aqueles que não foram coletados. O número de horas/grau acima de 32° C e o número de dias após o início das desovas influenciaram a duração da incubação. O tamanho do sedimento e o número de horas/grau acima de 32° C influenciaram a sobrevivência dos filhotes. A razão sexual variou nos dois anos e foi correlacionada com a duração da incubação. Os ovos localizados no topo do ninho foram os primeiros a eclodir. O número de ovos influenciou o intervalo entre o primeiro e o último filhote eclodido. Ninhos mais próximos à vegetação e mais tardios tiveram maior duração entre a incubação e a emergência. A diferença entre a duração da postura-eclosão e a postura-emergência foi de 10,99 dias em 2007 e 7,31 em 2009.

Abstract

The objective of this research was investigate the selected features of the chosen site for oviposition, such as the consequences of this selection in the sex ratio, in the embryo development, in the hatching success and in the hatching and emergence events of *Podocnemis unifilis* in an area of floodplain of low Amazonas River, Santarém, Pará, Brazil. In two reproductive cycles, between October/2007 to January/2008 and September to December/2009, the nests were located and the physical and environmental features measured. During the incubation duration daily were registered hatched and emergence events and nests loss, being collected hatchlings for sexual identification. Were monitored 273 nests (106 in 2007 and 167 in 2009) and was verified that exist a selection pattern of females by features of the sites of clutch deposition: higher sites and far from the river, close to the vegetation and with a higher very fine sand content. The main causes of nests losses were predation and human harvesting. The nest height influenced in the probability of nests flooding; the first nests to be laid up were more depredated; and harvested nests were closed to the river and to the vegetation, were the larger heights, the larger depth to first egg and were the first to be laid up compared with those who were not collected. The number of hours above 32° C and the number of days after the oviposition initiation influenced the incubation duration. The sediment size and the number of hours above 32° C influenced the hatchlings survivor. The sex ratio had varied along of two years and was correlated with the incubation duration. The eggs located in the top of the egg chamber were the first to hatch. The number of eggs influenced the break between the first and the last hatched hatchling. The nests close to the vegetation and late nests presented superior period between the oviposition and the emergence. The difference between the oviposition-hatching and the oviposition-emergence duration was 10.99 days in 2007 and 7.31 in 2009.

Introdução Geral

Estratégias de ação para o manejo da vida silvestre e manutenção de seus habitats são importantes para um efetivo trabalho de conservação dos organismos, porém muitas vezes a falta de informações impede que alternativas viáveis para uma melhor gestão dos recursos naturais sejam estabelecidas (Robinson e Redford, 1991). Estudos da biologia e ecologia de organismos de vida longa, como os quelônios, são relevantes não só por permitir a preservação da biodiversidade, mas também pela importância destes organismos como recurso alimentar, sendo essencial o conhecimento da história de vida dos mesmos para que estratégias de conservação e manejo sejam eficientes (Vogt, 1994; Vogt, 2001). A investigação da ecologia reprodutiva em quelônios é fundamental para se estabelecer quais as melhores estratégias de manejo a serem adotadas (Vogt e Bull, 1982; Alho *et al*, 1984; Vogt *et al*, 1994). A aplicação de programas de manejo de quelônios apenas recentemente tem levado em consideração aspectos da biologia reprodutiva dos quelônios, como a determinação do sexo pela temperatura e o alagamento de ninhos pelo aumento repentino do nível do rio (Souza e Vogt, 1994; Pezzuti e Vogt, 1999; Batistella e Vogt, 2008; Félix-Silva, 2009).

A determinação sexual em quelônios é estabelecida por dois mecanismos distintos: diferenciação sexual genotípica e diferenciação sexual ambiental. Na determinação sexual genotípica (GSD), o sexo é determinado no momento da concepção pelos genes normalmente contidos nos cromossomos sexuais. Na determinação sexual ambiental (ESD), o sexo é determinado após a fertilização, de forma definitiva por fatores ambientais, como exemplo a temperatura (Bull, 1980).

A temperatura também influencia a fisiologia, os padrões de atividade e o desenvolvimento dos animais ectotérmicos (Huey, 1982). A influência da temperatura é evidente em espécies com determinação sexual ambiental, pois o sexo de um indivíduo é

determinado de forma irreversível pelas temperaturas de incubação durante o desenvolvimento embrionário (Janzen e Paukstis, 1991; Mrosovsky e Pieau, 1991). A determinação sexual depende do efeito cumulativo da temperatura durante a incubação dos ovos (Bull e Vogt, 1981). No estágio inicial, ou seja, no primeiro terço do período de incubação, a temperatura influencia a determinação sexual, mas a reversibilidade é possível. No segundo terço da incubação a determinação sexual é irreversível (Bull e Vogt, 1981), pois neste estágio a temperatura atua na síntese de enzimas envolvidas na diferenciação das gônadas (Pieau, 1996). Sendo assim, para espécies com determinação sexual ambiental o período da incubação é um dos momentos mais críticos da vida destes animais (Ferreira Júnior, 2009).

A escolha de sítios específicos para escavação e postura dos ovos, com base nas suas propriedades térmicas, pode proporcionar às fêmeas de quelônios um controle mais preciso sobre a razão sexual (proporção de machos no ninho), a taxa de desenvolvimento dos embriões e da sobrevivência da sua prole (Pezzuti, 1998), além dos eventos de eclosão e emergência de filhotes (Godfrey e Mrosovsky, 1997). Estudos recentes com espécies de quelônios, tanto em espécies marinhas (Fowler, 1979; Kamel e Mrosovsky, 2004; Kamel e Delcroix, 2009) quanto espécies de água doce (Janzen, 1994; Escalona e Fa, 1998; Pezzuti e Vogt, 1999; Janzen e Morjan, 2001; Kolbe e Janzen, 2002; Spencer e Thompson, 2003; Pantoja-Lima *et al*, 2009), mostram que existem padrões de seletividade de determinadas características dos locais de desova para diversas espécies de quelônios.

As características ambientais dos locais selecionados variam de acordo com a granulometria, a exposição ao sol, a umidade, a profundidade, a temperatura e a cobertura vegetal (Souza e Vogt, 1994; Janzen, 1994; Ferreira Júnior e Castro, 2003). A adequação da localização, do tipo de substrato selecionado e da profundidade do ninho são fatores que podem levar a um ambiente mais adequado para o desenvolvimento embrionário.

No período pós-desova as fêmeas não protegem seus ninhos, e por este motivo o sucesso reprodutivo e o desenvolvimento embrionário dependem das condições ambientais a que os ovos estão expostos, incluindo fatores físicos e biológicos (Bujes e Verrastro, 2009). A escolha de determinados locais de desova tem como um de seus objetivos a redução da perda de ovos e filhotes (Horrocks e Scott, 1991; Hays *et al*, 2001). O comportamento de seleção de determinadas características para desova a fim de diminuir a predação, a coleta humana e o alagamento de ninhos é frequente em muitas populações de quelônios (Congdon *et al*, 1983; Thompson, 1983; Iverson, 1991; Escalona e Fa, 1998).

As espécies de quelônios amazônicos da família Podocnemididae dependem dos ciclos hidrológicos para se reproduzir, pois desovam na estação mais seca do ano, no pico da vazante dos rios, quando as águas dos mesmos estão nos níveis mais baixos e as praias estão expostas e secas (Soini, 1997). Estas espécies utilizam determinadas praias para a desova, chamadas popularmente de “tabuleiros” (Soini, 1997): bancos pouco elevados, arenosos ou argilosos, de vegetação rasteira, situados nas margens dos rios, canais e lagos. Variações no ciclo hidrológico, com enchentes maiores ou antecipadas, podem ter efeitos drásticos, provocando a morte dos embriões por afogamento antes que o desenvolvimento embrionário se conclua e, portanto, que os ovos eclodam (Tucker *et al*, 1997).

Além das mudanças nos ciclos hidrológicos e da predação natural como ameaças à sobrevivência dos quelônios, as espécies da família Podocnemididae – *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848), *P. expansa* (Schweigger, 1812), *P. sextuberculata* (Cornalia, 1849), *P. erythrocephala* (Spix, 1824) e *Peltocephalus dumerilianus* (Schweigger, 1812) – são historicamente exploradas (Smith, 1979; Rebêlo e Lugli, 1996; Rebêlo e Pezzuti, 2000; De La Ossa, 2007; Batistella e Vogt, 2008). A utilização das espécies mencionadas tem também importância para as comunidades ribeirinhas da região Amazônica, tanto do ponto de vista nutricional quanto cultural (Fachín-Terán, 1992; Rebêlo e Pezzuti, 2000; Cantarelli, 2006).

Segundo Rebêlo e Pezzuti (2000), *P. unifilis*, conhecida popularmente como tracajá, é a espécie preferida dos moradores de grandes centros urbanos como Manaus e cidades vizinhas para o consumo.

Na Amazônia, a espécie *P. unifilis* é a melhor conhecida no que se refere à sua ecologia reprodutiva (Souza e Vogt, 1994; Fachín-Terán, 1992; Fachín-Terán, 1993; Soini, 1996; Escalona e Fa, 1998; Fachín-Terán e Von Mülhen, 2003; Félix-Silva, 2009; Escalona *et al*, 2009), porém trabalhos que abordem a influência da escolha de determinadas áreas de nidificação e as conseqüências que o local da desova exercerá na determinação do sexo (Souza e Vogt, 1994; Malvasio, 2001) e sobre os eventos de eclosão e emergência nas regiões da várzea amazônica são mais escassos. A espécie possui determinação sexual ambiental (Souza e Vogt, 1994) e hábitos diversificados quanto à escolha dos sítios de desova (Pritchard e Trebbau, 1984), utilizando-se de praias e barrancos com as mais distintas composições granulométricas, inclinações, dimensões e composições vegetais associadas (Escalona e Fa, 1998; Fachín-Terán e Von Mülhen, 2003; Ferreira Júnior e Castro, 2003).

O tracajá apresenta ampla distribuição na Bacia Amazônica, podendo extrapolar para rios da Bacia do Tocantins Araguaia, chegando até ao estado de Mato Grosso. Este estudo é relevante visto que diversos fatores ambientais, climáticos, hidrológicos e geológicos podem variar ao longo da distribuição desta espécie, proporcionando diferenças no ciclo e no sucesso reprodutivo ao longo da sua área de ocorrência (Ferreira Júnior, 2003). Além deste fator, o ambiente de várzea amazônica possui grande heterogeneidade de ambientes, proporcionando uma variabilidade de habitats e locais propícios à oviposição das espécies de quelônios ocorrentes neste ambiente. Por possuir uma dinâmica ambiental diferenciada, elevada densidade humana e intensa atividade pesqueira, o desafio de conservar a várzea amazônica e as espécies de quelônios ali existentes é imenso. Estudos endereçados para a compreensão de como os fenômenos de determinação sexual e eventos de eclosão e emergência efetivamente

ocorrem nas espécies de quelônios da várzea amazônica podem subsidiar a implementação de estratégias de manejo mais adequadas para esta região.

Investigar as características dos locais selecionados para desova, bem como as conseqüências desta seleção na razão sexual, no desenvolvimento embrionário, no sucesso de eclosão e nos eventos de eclosão e emergência da espécie *P. unifilis* constitui componente principal de investigação desta pesquisa, que foi realizada em um taboleiro de desova em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, município de Santarém, Pará. Esta dissertação está estruturada em três capítulos, todos com este mesmo objetivo em comum.

A formatação dos três capítulos/artigos segue as normas de cada revista escolhida.

O primeiro artigo é intitulado **Seleção de sítios de desova e sobrevivência de ninhos de *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil** e conta com a participação dos co-autores Luana F. Fernandes (SEMMA - Muaná/PA), Dr. Paulo D. Ferreira Júnior (UVV) e Dr. Juarez C. B. Pezzuti (UFPA). Neste artigo foi abordada a seleção de sítios reprodutivos e as principais causas de perda de ovos e filhotes de *P. unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil.

O segundo artigo é intitulado **Efeito do ambiente de nidificação sobre o desenvolvimento embrionário, a determinação do sexo e a taxa de eclosão em *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil** e conta com a participação dos mesmos co-autores do artigo anterior. Neste artigo foi investigada a influência das características ambientais na duração da incubação, na taxa de eclosão, na razão sexual, na eclosão e na emergência das ninhadas de *P. unifilis* depositadas na várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil.

O terceiro e último artigo é intitulado **Padrões de eclosão e emergência de filhotes de *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) em uma área de várzea do baixo**

rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil e conta com a participação dos co-autores Luana F. Fernandes (SEMMA - Muaná/PA) e Dr. Juarez C. B. Pezzuti (UFPA). Neste artigo foram avaliados os padrões de eclosão e emergência de filhotes de *P. unifilis* em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, estado do Pará, Brasil.

Referências

- Alho, K.J.R., Danni, T.M.S., Pádua, L.F.M. 1984. Influência da temperatura de incubação na determinação do sexo da tartaruga da amazônia *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae). Revista Brasileira de Biologia 44:305-311.
- Batistella, A.M., Vogt, R.C. 2008. Nesting Ecology of *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemididae) of the Rio Negro, Amazonas, Brazil. Chelonian Conservation and Biology 7:12-20.
- Bujes, C.S., Verrastro, L. 2009. Nest temperature, incubation time, hatching, and emergence in the hilaire's side-necked turtle (*Phrynops hilarii*). Herpetological Conservation and Biology 4:306-312.
- Bull, J.J. 1980. Sex determination in reptiles. Quaterly Review of Biology 55:3-21.
- Bull, J.J., Vogt, R.C. 1981. Temperature-sensitive periods of sex determination in Emydid turtles. The Journal of Experimental Zoology 218:435-440.
- Cantarelli, V. H. 2006. Alometria Reprodutiva da Tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*): Bases Biológicas para o Manejo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 116p.

- Congdon, J.D., Tinkle, D.W., Breitenbach, G.L., Van Loben Sels, R.C. 1983. Nesting ecology and hatching success in the turtle *Emydoidea blandingii*. *Herpetologica* 39:417-429.
- De La Ossa, J.L.V. 2007. Ecologia e Conservação de *Pelteocephalus dumerilianus* (Testudines, Podocnemididae) em Barcelos, Amazonas, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, 178 p.
- Escalona, T., Fa, J.E. 1998. Survival of nests of the terecay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare - Tawadu Rivers, Venezuela. *Journal of Zoology* 244:303-312.
- Escalona, T., Valenzuela, N., Adams, D.C. 2009. Nesting ecology in the freshwater turtle *Podocnemis unifilis*: spatiotemporal patterns and inferred explanations. *Functional Ecology* 23:826-835.
- Fachín-Téran, A. 1992. Desove y uso de playas para nidificación de taricaya (*Podocnemis unifilis*) en el río Samiria. Loreto-Peru. *Boletín de Lima* 79:65-75.
- Fachín-Téran, A. 1993. Características de *Podocnemis unifilis* (Reptilia, Testudines) en el río Samiria, Loreto. *Boletín de Lima* 87:69-74.
- Fachín-Terán, A., Von Mülhen, M. 2003. Reproducción de la taricaya *Podocnemis unifilis* Troschel 1848 (Testudines: Podocnemididae) en la várzea del medio Solimões, Amazonas, Brasil. *Ecologia Aplicada* 2:125-132.
- Félix-Silva, D. 2009. Ecologia e Conservação de *Podocnemis unifilis* Troschel 1848 (Testudines, Podocnemididae) no Reservatório da UHE Tucuruí, Pará – Brasil. Tese de Doutorado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 257p.
- Ferreira Júnior, P.D. 2003. Influência dos processos sedimentológicos e geomorfológicos na escolha das áreas de nidificação de *Podocnemis expansa* (tartaruga-da-amazônia) e

- Podocnemis unifilis* (tracajá), na bacia do rio Araguaia. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 296p.
- Ferreira Júnior, P.D., Castro, P.T.A. 2003. Geological control of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas in Rio Javaés, Bananal Island, Brazil. *Acta Amazônica* 33:445-468.
- Ferreira Júnior, P.D. 2009. Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas. *Acta Amazonica* 39:139-154.
- Fowler, L.E. 1979. Hatching success and nest predation in the green sea turtle, *Chelonia mydas*, at Tortuguero, Costa Rica. *Ecology* 60:946-955.
- Godfrey, M.H., Mrosovsky, N. 1997. Estimating the time between hatching of sea turtles and their emergence from the nest. *Chelonian Conservation and Biology* 2:581-585.
- Hays, G.C., Ashworth, J.S., Barnsley, M.J., Broderick, A.C., Emery, D.R., Godley, B.J., Henwood, A., Jones, E.L. 2001. The importance of sand albedo for the thermal conditions on sea turtle nesting beaches. *Oikos* 93:87-94.
- Horrocks, J.A., Scott, N.M. 1991. Nest site location and nest success in the hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* in Barbados, West Indies. *Marine Ecology Progress Series* 69:1-8.
- Huey, R.B. 1982. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. In: Gans, C., Pough, F.H. (Eds.). *Biology of the Reptilia*, vol. 12. New York: Academic Press, pp. 25-91.
- Iverson, J.B. 1991. Life history and demography of the yellow mud turtle *Kinosternon flavescens*. *Herpetologica* 47:373-395.

- Janzen, F.J. 1994. Vegetational cover predicts the sex ratio of hatchling turtles in natural nests. *Ecology* 75:593-1599.
- Janzen, F.J., Morjan, C.L. 2001. Repeatability of microenvironment-specific nesting behavior in a turtle with environmental sex determination. *Animal Behaviour* 62:73-82.
- Janzen, F.J., Paukstis, G.L. 1991. Environmental sex determination in reptiles: ecology, evolution, and experimental design. *Quarterly Review of Biology* 66:149-179.
- Kamel, S.J., Delcroix, E. 2009. Nesting Ecology of the Hawksbill Turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Guadeloupe, French West Indies from 2000-07. *Journal of Herpetology* 43:367-376.
- Kamel, S.J., Mrosovsky, N. 2004. Nest site selection in leatherbacks, *Dermochelys coriacea*: individual patterns and their consequences. *Animal Behaviour*. 68:357-366.
- Kolbe, J.J., Janzen, F.J. 2002. Impact of nest-site selection on nest success and nest temperature in natural and disturbed habitats. *Ecology* 83:269-281.
- Malvasio, A. 2001. Aspectos do mecanismo alimentar e da biologia reprodutiva em *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), *P. unifilis* (Troschel, 1848) e *P. sextuberculata* (Cornalia, 1849) (Testudines, Pelomedusidae). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 199 p.
- Mrosovsky, N., Pieau, C. 1991. Transitional range of temperature, pivotal temperatures and thermosensitive stages for sex determination in reptiles. *Amphibia-Reptilia* 12:169-179.
- Pantoja-Lima, J., Pezzuti, J.C.B., Teixeira, A.S., Félix-Silva, D., Rebêlo, G.H., Monjeló, L.A.S., Kemenes, A. 2009. Seleção de locais de desova e sobrevivência de ninhos de

- quelônios *Podocnemis* no baixo Rio Purus, Amazonas, Brasil. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 1:37-59.
- Pezzuti, J.C.B. 1998. Ecologia Reprodutiva da Iaçá *Podocnemis sextuberculata* (Testudines: Pelomedusidae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentado Mamirauá, Amazonas, Brasil. Dissertação, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 82p.
- Pezzuti, J.C.B., Vogt, R. 1999. Nesting ecology of *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Pelomedusidae) in the Japurá River, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conservation Biology* 3:419-424.
- Pieau, C. 1996. Temperature variation and sex determination in reptiles. *BioEssays* 18:19-26.
- Pritchard, P.C.H., Trebbau, P. 1984. *The Turtles of Venezuela*. Athens: Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 403 pp.
- Rebêlo, G.H., Lugli, L. 1996. The Conservation of Freshwater Turtles and the Dwellers of the Amazonian Jaú National Park (Brazil). In: Jain, S.K. (Ed.). *Etnobiology in Human Welfare*. Lucknow: Deep Publications, pp. 253-258.
- Rebêlo, G.H., Pezzuti, J. 2000. Percepções sobre o consumo de Quelônios na Amazônia. *Ambiente & Sociedade* 6:85-104.
- Robinson, J.G., Redford, K.H. 1991. The use and conservation of wildlife. In: Robinson, J.G., Redford, K.H. (Eds.). *Neotropical Wildlife Use and Conservation*. Chicago: The University of Chicago Press, pp. 3-5.
- Smith, N.J.H. 1979. Destructive Exploitation of the South American River Turtle. *Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers* 36:85-120.

- Soini, P. 1996. Reproducción, abundancia y situación de quelonios acuáticos en la Reserva Nacional Pacaya-Samiria, Perú. *Folia Amazonica* 8:147-164.
- Soini, P. 1997. Biología y manejo de la tortuga *Podocnemis expansa*. Venezuela: Tratado de Cooperación Amazónica, Secretaria Pro Tempore, 48 pp.
- Souza, R.R., Vogt, R.C. 1994. Incubation temperature influences sex and hatchling size in the neotropical turtle *Podocnemis unifilis*. *Journal of Herpetology* 28:453-464.
- Spencer, R.J., Thompson, M.B. 2003. The significance of predation in nest site selection of turtles: an experimental consideration of macro-and microhabitat preferences. *Oikos* 102:592-600.
- Thompson, M.B. 1983. Murray River tortoise (*Emydura, Chelodina*) populations: the effect of egg predation by the red fox, *Vulpes vulpes*. *Australian Wildlife Research* 10:363-371.
- Tucker, J.K., Janzen, F.J., Paukstis, G.L. 1997. Response of embryos of the red-eared turtle (*Trachemys scripta elegans*) to experimental exposure to water-saturated substrates. *Chelonian Conservation and Biology* 2:345-351.
- Vogt, R.C. 1994. Temperature controlled sex determination as a tool for turtle conservation. *Chelonian Conservation and Biology* 1:159-162.
- Vogt, R.C. 2001. Turtles of the Rio Negro. In: Chao, N.L. (Ed.). *Conservation and Management of Ornamental Fish Resources of the Rio Negro Basin*. Amazônia, Brazil. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas. pp. 245-262.
- Vogt, R.C., Bull, J. 1982. Temperature controlled sex determination in turtles: ecological and behavioral aspects. *Herpetologica* 38:156-164.

Vogt, R.C., Cantarelli, V.H., Carvalho, A.G. 1994. Reproduction of the cabeçudo, *Peltocephalus dumerilianus*, in the Biological Reserve of Rio Trombetas, Pará, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 1:145-148.

CAPÍTULO I - Artigo a ser submetido à revista *Chelonian Conservation and Biology*:

Seleção de sítios de desova e sobrevivência de ninhos de *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil

Marina T. Pignati¹, Luana F. Fernandes², Paulo D. Ferreira Júnior³ e Juarez C. B. Pezzuti⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará - Museu Paraense Emílio Goeldi / CZO, Av. Perimetral 1901, Terra Firme, Belém, Pará 66077-530, Brasil.
Email: marinateofilo@yahoo.com.br

² Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Muaná, Muaná, Pará 68825-000, Brasil.

³ Centro Universitário Vila Velha, Vila Velha, Espírito Santo 29102-770, Brasil.

⁴ Núcleo de Altos Estudos Amazônicos/NAEA - Universidade Federal do Pará, Belém, Pará 66075-650, Brasil.

RESUMO. — O local selecionado para deposição dos ovos tem importância crucial para a sobrevivência dos filhotes. Para compreender o processo responsável pelos padrões de seleção de sítios reprodutivos deve-se avaliar as características ambientais dos locais que poderão ser utilizados pelas fêmeas para a desova e a influência das mesmas na perda de ninhos. Foram investigadas as características ambientais selecionadas pelas fêmeas para oviposição e a distribuição espacial de ninhos e foram verificadas as causas de perda de ovos e filhotes de *Podocnemis unifilis* em uma área de várzea no baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil em 2007 e 2009. Os ninhos localizados foram mensurados em: data de postura, profundidade inicial, altura do ninho e distância do ninho à margem do rio e à vegetação. A granulometria e

a inclinação da superfície do substrato também foram mensuradas. Ninhos e pontos ao acaso foram sorteados para verificar se há seleção do local de desova ou se as fêmeas desovam em locais ao acaso. Os ninhos foram monitorados durante toda a incubação e foram registrados diariamente eventos de eclosão e perda de ninhos. Foi verificado que existe um padrão de seleção das fêmeas por características dos locais de deposição de suas ninhadas: locais mais altos, distantes do rio, próximos à vegetação e com maior teor de areia muito fina. Os ninhos foram distribuídos ao longo dos ambientes de praia e barranco. As principais causas de perda de ninhos foram predação e coleta humana. A altura do ninho influenciou na probabilidade de alagamento dos ninhos em 2007. Ninhos predados foram os primeiros a serem depositados em 2009, e ninhos coletados apresentaram menores distâncias ao rio e à vegetação, maiores alturas, maiores profundidades e foram os primeiros a serem depositados em 2009. Propomos alternativas de manejo que priorizem a proteção dos animais e seus locais de reprodução. A manutenção dos ninhos em ambiente natural continua sendo a forma mais adequada de conservação, cujo envolvimento dos próprios moradores é essencial.

PALAVRAS CHAVE. — Testudines; Podocnemididae; *Podocnemis unifilis*; seleção de microhabitat; sobrevivência de ninhos; coleta; predação; várzea amazônica; Brasil

ABSTRACT. — The selected site for the oviposition is crucial for the hatchlings survival. To comprehend the responsible process by the pattern selection of reproductive sites should be evaluate the environmental features of the site that must be used by the females for nesting and the influence of it in the nests losses. Was investigated the environmental features selected by the female for nesting and the spatial distribution of nests and were verify the causes of egg loss and hatchlings of *Podocnemis unifilis* in an area of floodplain of low Amazonas River, Santarém, Pará, Brazil in 2007 and 2009. The located nests were measured:

day of oviposition, depth to first egg, nest height and distance from the nest to the river and to the vegetation. The granulometry and the angle inclination of the substrate surface were also measured. Nests and random spots were drawn to verify if there is selection in the nesting local by *P. unifilis* or if the local is chosen at random. The nests were monitored by all the incubation duration, daily registering hatching events and nests loss. Was verified that exist a selection pattern of females by features of the sites of clutch deposition: higher sites, far from the river, close to the vegetation and with a superior content of very fine sand. The nests were distributed along of the beach and bank environment. The main causes of nests losses were predation and human harvesting. The nest height influenced in the probability of nests flooding in 2007. Depredated nests were the first to be laid up in 2009, and harvested nests showed smaller distances to the river and vegetation, larger heights, larger depth and were the first to be laid up in 2009. We proposed management alternatives that prioritize the animal protection and their reproduction sites. The nests maintenance in natural environment remains the most appropriate mode of conservation, whose local dwellers involvement is essential.

KEY WORDS. — Testudines; Podocnemididae; *Podocnemis unifilis*; nest site microhabitat; nest survival; harvesting; predation; amazon floodplain; Brazil

INTRODUÇÃO

O local selecionado para a deposição dos ovos tem importância crucial para diversas espécies animais, incluindo os quelônios. A seleção de sítios de desova pode ser definida como a oviposição, pelas fêmeas, em locais diferentes dos locais aleatórios dentro de uma área delimitada (Wilson, 1998), sendo que esta seleção pode influenciar o fenótipo e a sobrevivência dos filhotes e o custo da reprodução pelas fêmeas, afetando o *fitness* materno e

de sua prole (Madsen e Shine, 1999). Para compreender a ecologia da nidificação de uma espécie e inferir o processo responsável pelos padrões de seleção de sítios reprodutivos, deve-se avaliar as características ambientais dos locais que poderão ser utilizados pelas fêmeas para a desova (Morjan e Valenzuela, 2001).

Em parte, o comportamento de nidificação das fêmeas relaciona-se com a seleção de um local de nidificação que diminua as chances do ninho ser encontrado por predadores. Este comportamento é frequente em muitas populações de quelônios, pois a predação de ninhos é uma causa importante de mortalidade de filhotes (Congdon *et al*, 1983; Thompson, 1983; Iverson, 1991; Escalona e Fa, 1998). O alagamento das praias de desova também resulta na redução da sobrevivência de filhotes que, para as espécies da família Podocnemididae, é um fator mais importante do que a predação natural em termos de perda de ninhos (Ferreira Júnior e Castro, 2006), influenciando assim a seleção do microambiente de oviposição e o período de oviposição (Pezzuti e Vogt, 1999; Batistella e Vogt, 2008). Adicionalmente, o sucesso da ninhada pode ser influenciado por características ambientais e microclimáticas dos ninhos. Alguns estudos têm considerado que a variação do microambiente natural nos locais selecionados para desova em répteis pode resultar em uma variação no sucesso de eclosão (Wilson, 1998) ou no fenótipo dos filhotes (Packard *et al*, 1999). Sendo assim, a seleção do local de desova em uma população possui grande importância ecológica e evolutiva (Kolbe e Janzen, 2002).

Ovos e filhotes de *Podocnemis unifilis* Troschel, 1848 são facilmente encontrados e predados principalmente por lagartos do gênero *Tupinambis* (Medem, 1983; Vogt *et al*, 1994; Soini, 1995; Escalona e Fa, 1998; Pezzuti *et al*, 2000; Fachín-Terán e Von Mülhen, 2003; Pantoja-Lima *et al*, 2009). Outros predadores como espécies de formigas e aves (Soini, 1995; Ferreira Júnior e Castro, 2010) também afetam a sobrevivência de ninhos nesta espécie de quelônio dulcícola. Além da predação como ameaça a sobrevivência de quelônios, *P. unifilis*,

assim como *P. expansa*, *P. sextuberculata* e *P. erythrocephala*, são historicamente exploradas, o que ocasionou a diminuição drástica de algumas populações (Smith, 1979; Ojasti, 1995; Soini, 1997a; Soini, 1997b). Embora a legislação brasileira deixe claro que o consumo de quelônios seja considerado crime ambiental através da Lei de Proteção à Fauna (nº 5.197), de acordo com Thorbjarnarson *et al* (2000), muitas populações da espécie *P. unifilis* vêm enfrentando um declínio drástico, devido ao consumo humano de ovos e fêmeas adultas. Nas populações ribeirinhas o consumo de ovos de quelônios é mais freqüente que o consumo da carne, sendo um alimento sazonalmente importante para a alimentação destas populações ribeirinhas (Rebêlo e Pezzuti 2000). Em várias comunidades na várzea do baixo rio Amazonas as imediações das áreas de desova de *P. unifilis* atraem pequenas equipes que pescam as fêmeas na época reprodutiva e coletam seus ovos ilegalmente, no período da vazante, obtendo rendimentos elevados da pesca e coleta de ovos destes animais.

Podocnemis unifilis, localmente conhecida como *tracajá*, é um quelônio de tamanho médio que atinge 50 cm quando adulto e possui ampla distribuição na Bacia Amazônica e Tocantins Araguaia (Pritchard e Trebbau, 1984). É uma espécie generalista quanto à escolha dos sítios de desova (Pritchard e Trebbau, 1984) e utiliza-se de praias e barrancos com as mais distintas composições granulométricas, inclinações, dimensões e composições vegetais associadas (Escalona e Fa, 1998; Fachín-Terán e Von Mülhen, 2003; Ferreira Júnior e Castro, 2003). Por ser uma espécie que apresenta determinação sexual ambiental (Souza e Vogt, 1994), o local da desova pode exercer grande influência na estrutura das populações. Neste estudo investigamos a distribuição espacial de ninhos e verificamos as causas de perda de ovos e filhotes de *P. unifilis* em uma área de várzea no baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil, objetivando compreender como a seleção pelas fêmeas das características ambientais para oviposição afeta a probabilidade de sobrevivência dos filhotes.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo. — O estudo foi realizado em uma área de várzea amazônica, que é uma área úmida periodicamente inundada pelo transbordamento dos rios e lagos (Ribeiro, 2007). O período de maior pluviosidade varia entre os meses de abril e julho e os meses mais secos vão de outubro a dezembro (dados cedidos pela CPRM-Belém). Nas várzeas, os processos de erosão e deposição são freqüentes criando bancos arenosos e destruindo as margens e praias de rios e lagos, gerando fenômenos conhecidos localmente como *terras caídas* e *terras crescidas* (Irion *et al*, 1997). Os solos são aluviais, ricos em nutrientes e matéria orgânica depositados pelas inundações (Ribeiro, 2007). A vegetação de várzea é predominantemente composta por campos, sazonalmente alagados, embora localmente ocorram áreas de floresta (Ribeiro, 2007). O local pesquisado foi uma grande área de desova de quelônios situada nas margens de um lago de várzea no baixo rio Amazonas. Este local, conhecido como *Taboleiro da Água Preta* (2° 09' 12.5" S e 54° 37' 51.7" W), está inserido em uma região de intensa atividade pesqueira da comunidade Água Preta, distante 32 km do município de Santarém, no ecossistema de várzea, próximo à confluência dos rios Tapajós e Amazonas, nordeste do estado do Pará, Brasil (Figura 1). O *Taboleiro da Água Preta* é protegido pelos próprios moradores e tem como objetivo preservar a área de desova de quelônios para manutenção do estoque destes animais para caças futuras na época da cheia. O *taboleiro* é recoberto por uma vegetação gramínea e arbustiva caracterizada principalmente por *Mimosa pigra* (*juquiri*), *Echinochloa pyramidalis* (*canarãna*) e *Paspalum fasciculatum* (*muri*).

Coleta de dados. — As desovas de *P. unifilis* foram monitoradas no *Taboleiro da Água Preta* (339.98 ha) nas estações reprodutivas em 2007 e 2009 dentro das áreas com o maior número de ninhos, ao longo do Canal do Lago da Água Preta. Em 2007 foi monitorada uma área de 25.60 ha e em 2009 uma área de 29.68 ha.

A área selecionada foi vistoriada diariamente durante as primeiras horas da manhã em busca de ninhos, reconhecidos pelo solo recentemente perturbado. Os ninhos foram marcados com estacas numeradas, registrando-se a data de postura e a localização geográfica (com auxílio de um GPS Etrex H - Garmin[®]) e as seguintes variáveis: profundidade inicial do ninho (distância entre a superfície do ninho e o primeiro ovo, em cm), distância do ninho à margem do rio (m), distância do ninho à vegetação (m) e altura do ninho em relação ao nível do canal do Lago da Água Preta (cm), medidas estas tomadas no dia da desova. A análise granulométrica dos sedimentos foi realizada usando amostras de 300g de sedimento coletado da porção lateral de todos os ninhos monitorados, e aplicada à escala granulométrica de Folk/Wentworth (Folk, 1974). Para mensurar a inclinação da superfície do substrato utilizado pelas fêmeas para desova foi utilizado um clinômetro. Estas duas últimas variáveis foram coletadas somente em 2009.

Para verificar se existe seleção do local de desova pelas fêmeas de *P. unifilis*, 50 ninhos e 50 pontos tomados ao acaso foram sorteados em 2009. Os ninhos foram sorteados a partir da contagem diária total dos ninhos e os pontos ao acaso foram sorteados a partir do georreferenciamento da área total do taboleiro. Foram adotados os mesmos procedimentos metodológicos para os ninhos e para os locais tomados ao acaso.

Nos dois anos de estudo, os ninhos foram monitorados durante toda a duração de incubação (período entre a desova das fêmeas e a eclosão do primeiro filhote, segundo Godfrey *et al.* 1996), registrando-se diariamente a perda de ninhos por predação, coleta humana, erosão das praias e alagamento. A partir de dados cedidos pela Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM-Belém), foi monitorada a variação do nível do rio Amazonas sendo possível avaliar a influencia que os períodos de vazante e cheia exercem na perda de ninhos e na incubação dos mesmos.

As análises estatísticas foram baseadas em Zar (2008). Partindo de uma regressão logística múltipla com todas as frações granulométricas envolvidas (teor de seixo, grânulo, areia muito grossa, areia grossa, areia fina, areia muito fina e lama total) como variáveis independentes, foi verificado que o teor de areia muito fina foi a fração granulométrica que diferenciou ninhos e pontos ao acaso (variável dependente binária), sendo assim utilizada nas análises estatísticas. Os teores de areia muito fina foram transformados para arcoseno antes da realização das análises. Para verificar se existe seleção do local de desova pelas fêmeas foi aplicado o modelo de regressão logística múltipla para discriminação entre a variável dependente ninho (1) e ponto ao acaso (0) e as variáveis ambientais (distância do ninho ao rio e à vegetação, altura, inclinação e granulometria dos ninhos), seguindo Pezzuti e Vogt (1999). Para comparar as características dos locais selecionados pelas fêmeas entre os dois anos de monitoramento foi utilizado o Teste “t” de Student para as variáveis com distribuição normal e o teste de Mann-Whitney para as variáveis que não tiveram distribuição normal. Para analisar o efeito da predação, erosão do barranco, alagamento e coleta humana sobre a sobrevivência de filhotes de *P. unifilis* foi aplicado o mesmo modelo de regressão logística para discriminação entre a variável dependente ninho eclodido (1) e ninho perdido por cada fator (0), separadamente (coleta humana, predação, alagamento e erosão do barranco, sendo uma análise para cada uma destas variáveis), e as variáveis ambientais.

RESULTADOS

SELEÇÃO DE HABITAT E MICROHABITAT E DISTRIBUIÇÃO DE NINHOS

Durante os dois anos foram monitorados 273 ninhos de *P. unifilis*, sendo 106 ninhos (4,14 ninhos/ha) em 2007 e 167 ninhos (5,63 ninhos/ha) em 2009. O monitoramento da desova se estendeu de 4 de outubro a 1 de novembro em 2007 e de 21 de setembro a 20 de

outubro em 2009 (Figura 2). Este intervalo de desova coincidiu com o pico da vazante do rio Amazonas no *Taboleiro da Água Preta* nos dois anos monitorados, sendo que o nível do rio Amazonas oscilou 493 cm (190 a 683cm) em 2007 e 653cm (166 a 819cm) em 2009 (dados cedidos pela CPRM-Belém) (Figura 2).

Nos dois anos monitorados as fêmeas utilizaram dois ambientes para oviposição: a praia, considerada a principal área de desova, e o barranco, localizado ao redor do canal do *taboleiro*. Em 2007 64 ninhos (62,1%) foram encontrados na praia e 40 (37,8%) ninhos foram encontrados nos barrancos. Em 2009 87 ninhos (52,10%) foram encontrados na praia e 80 (47,90%) no barranco. Dentre as espécies arbustivas e gramíneas características deste *taboleiro*, em 2007 foram encontradas as espécies *Paspalum fasciculatum* e *Mimosa pigra* associadas aos ninhos. Em 2009 foi detectada somente a presença da gramínea *Paspalum fasciculatum* associada aos ninhos. A distribuição da vegetação ao longo dos ambientes de desova foi diferenciada. No ambiente de barranco a vegetação foi encontrada somente distante da margem do rio. Já no ambiente de praia a vegetação foi encontrada tanto na margem do rio quanto no interior da praia (distante da margem do rio), sendo assim, as espécies arbustivas e gramíneas estavam distribuídas ao longo de todo o ambiente de praia.

As informações das características profundidade inicial dos ninhos, distância do ninho à margem do rio, distância do ninho à vegetação e altura dos ninhos nos dois anos de monitoramento estão apresentadas na Tabela 1. Quando comparadas estas características durante 2007 e 2009, verificamos que no ano de 2009 o canal do Lago da Água Preta estava com o nível d'água mais baixo em relação ao ano de 2007. Por este motivo, os ninhos de 2007 apresentaram-se relativamente mais elevados em relação ao nível da água e com maiores distâncias do ninho ao rio (Tabela 1).

A distância do ninho ao rio e à vegetação, a altura e granulometria (porcentagem de areia muito fina) foram importantes variáveis para diferenciação entre ninhos e pontos ao

acaso em 2009 (Tabela 2). Existe um padrão de seleção das fêmeas por características dos locais de deposição de suas ninhadas: microambientes mais altos e distantes do rio, próximos à vegetação e com maior teor de areia muito fina.

PERDAS DE OVOS E EMBRIÕES

Durante o período de 2007, do total de 106 ninhos de *P. unifilis* monitorados, 39 (36,79%) ninhos foram perdidos. A principal causa foi a predação (N = 15; 14,1%), cujos predadores foram *Tupinambis nigropunctatus* (“jacuraru”), *Solenopsis saevissima* (“formiga-de-fogo”) e *Canis familiaris* (“cão”), seguida pelo alagamento dos ninhos (N = 10; 9,43%). Durante 2009, 76 ninhos (45,51%) foram perdidos, sendo a principal causa a coleta humana (N = 49; 29,34%), seguida pela invasão de raízes de gramíneas (N = 16; 9,58%). As informações sobre todas as causas de perdas de ninhos em 2007 e 2009 estão mostradas na Tabela 3.

Todos os ninhos coletados, tanto na praia (2007) quanto no barranco (2009), estavam mais próximos a um grupo de casas da comunidade Água Preta, o que pode ter facilitado a ação dos coletores. O *repiquete*, alagamento pela repentina enchente do rio, causou o alagamento de ninhos em 2007, sendo apenas um destes encontrado no ambiente de praia. A invasão de gado nas áreas de desova ocorreu quatro (2007) e três (2009) vezes durante os períodos reprodutivos considerados e provocou a perda de ninhos no momento em que os filhotes estavam prestes a eclodir. Os ovos dos ninhos perdidos pela erosão do barranco foram expostos ao sol por vários dias, causando a morte dos embriões. Em 2009 um mesmo ninho foi alvo de predação duas vezes: inicialmente pelo lagarto *Tupinambis nigropunctatus* e, após quatro dias, pelo urubu, *Coragyps atratus*. Dos filhotes predados por *Solenopsis saevissima*, todos ainda estavam com a proteção física da casca, através da qual as formigas faziam uma pequena perfuração e absorviam o vitelo e as vísceras e deixavam apenas o esqueleto

(carapaça e plastrão) dos mesmos (Figura 3). A invasão de raízes de gramíneas causou a perfuração dos ovos, causando a morte dos embriões. Em 2009 um ninho apresentou somente ovos sem desenvolvimento aparente (considerados inférteis), mas a morte dos embriões no início do desenvolvimento não pode ser descartada.

Nos modelos de regressão logística aplicados para o ano de 2007 a altura do ninho e o número de dias após o início das desovas contribuíram significativamente para a discriminação entre ninhos alagados e ninhos eclodidos (Tabela 4). Os ninhos eclodidos tiveram maiores alturas em relação à linha d'água e foram os primeiros a serem depositados no taboleiro em relação aos ninhos alagados (Figura 4a e Figura 4b). Nenhuma das variáveis analisadas (distância ao rio, altura, profundidade inicial dos ninhos e número de dias após o início das desovas) afetaram significativamente a predação de ninhos (Tabela 5) e a coleta humana (Tabela 7) em 2007. Em 2009 somente a variável número de dias após o início das desovas contribuiu significativamente para a discriminação entre ninhos predados e ninhos eclodidos (Tabela 5). Ninhos eclodidos foram os últimos a serem depositados em 2009 em relação aos ninhos predados (Figura 4c). A distância ao rio foi a única variável que contribuiu significativamente para a discriminação entre ninhos perdidos pela erosão do barranco e ninhos eclodidos (Tabela 6). Ninhos eclodidos apresentaram menores distâncias ao rio em relação aos ninhos perdidos pela erosão do barranco em 2009 (Figura 4d). As variáveis distância do ninho ao rio e à vegetação, a altura, profundidade inicial e o número de dias após o início das desovas contribuíram significativamente para a discriminação entre ninhos coletados e ninhos eclodidos (Tabela 7). Os ninhos eclodidos apresentaram maiores distâncias ao rio, maiores distâncias à vegetação, menores alturas em relação à linha d'água, menores profundidades iniciais e foram os últimos a serem depositados em 2009 em relação aos ninhos coletados (Figura 5).

DISCUSSÃO

A reprodução dos Podocnemidídeos amazônicos está relacionada ao ciclo anual de vazante e enchente, podendo variar ao longo dos anos (Alho e Pádua, 1982; Fachín-Terán, 1992; Thorbjarnarson *et al.*, 1993; Pezzuti e Vogt, 1999). Na comunidade Água Preta as desovas se concentraram no mês de outubro, a partir do surgimento das praias e dos barrancos nesta região de várzea do Baixo Amazonas. Diversos estudos com *P. unifilis* descrevem a existência de variações nos períodos de nidificação em função de diferenças nas épocas de vazante e enchente nas diversas áreas de ocorrência da espécie: desova entre os meses de julho e agosto no rio Samíria, no Peru (Fachín-Terán, 1992); entre agosto e setembro na várzea do médio rio Solimões, Amazonas (Fachín-Terán e Von Mülhen, 2003); de agosto a setembro no Reservatório da UHE Tucuruí, Pará (Félix-Silva, 2009); e em agosto no rio Javaés, estado do Tocantins (Ferreira-Junior e Castro, 2010). Estes dados mostram que no taboleiro da Água Preta as desovas de *P. unifilis* ocorrem mais tarde do que na maioria dos estudos publicados. Este fato ocorre porque nos afluentes do rio Amazonas e em áreas rio acima a vazante chega antes e, portanto, as desovas ocorrem antes.

As variações nos períodos de nidificação e a variação anual dos ambientes de desova de quelônios na várzea amazônica estão diretamente relacionadas. A área de várzea está sujeita a profundas alterações anuais em função da variação sazonal do nível do rio (Junk *et al.*, 1989), refletindo assim na reprodução das espécies de quelônios. O presente estudo indica uma variação nas características dos sítios selecionados para desova da espécie *P. unifilis* entre o ano de 2007 e 2009, reforçando assim a importância de estudos ao longo de anos de monitoramento para entendimento dos padrões de seleção de sítios de desova.

Podocnemis unifilis é a espécie mais generalista quanto à seleção de ambientes para nidificação quando comparada às outras espécies da família Podocnemididae, desovando em

praias arenosas, em sedimentos argilosos, em barrancos, áreas abertas e ensolaradas de campo ou sombreadas em borda de florestas (Vogt, 2001; Fachín-Terán e Von Mülhen, 2003). As fêmeas escolhem os locais de desova que maximizam o seu sucesso reprodutivo (Charnov e Bull, 1977; Bulmer e Bull, 1982; Janzen *et al*, 2000; Weisrock e Janzen, 2000; Janzen e Morjan, 2001). Neste trabalho as fêmeas selecionaram os locais mais altos, distantes do rio, próximos à vegetação e com sedimentos mais finos e sombreados, evitando ambientes com características que elevassem demais a temperatura de incubação, ou seja, temperaturas letais aos embriões (Vogt e Bull, 1982; Congdon *et al*, 1987; Congdon, 2000). Comparando locais tomados ao acaso com ninhos, Pezzuti e Vogt (1999) encontraram para *P. sextuberculata* na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, estado do Amazonas, a altura como um importante critério de seleção de área de desova sendo que as desovas ocorrem, geralmente, nos locais mais altos da praia. Pantoja-Lima *et al* (2009) observaram, na Reserva Biológica Abufari, estado do Amazonas, que fêmeas de *P. expansa* depositam seus ovos em locais mais altos e distantes do rio. No mesmo estudo, fêmeas de *P. sextuberculata* também selecionaram locais mais altos e fêmeas de *P. unifilis* apresentaram uma tendência de escolha por locais mais altos e próximos à vegetação para depositar suas ninhadas, corroborando com resultados do presente estudo. A altura dos ninhos em relação ao nível da água tem sido indicada como o fator mais significativo na determinação de sítio para deposição dos ninhos (Escalona e Fa, 1998). *P. expansa* e *P. unifilis* requerem um mínimo de altura para deposição dos ovos: cada espécie escolhe uma área com uma faixa de altura adequada em relação ao nível do rio Javaés, Tocantins (Ferreira Júnior e Castro, 2003; Ferreira Júnior e Castro, 2010). De acordo com diversos outros estudos, a escolha do local desova não é aleatória e tende a associar as características fisiológicas das fêmeas adultas (tamanho e facilidade de locomoção em terra) e as características dos ninhos às características do ambiente (Fowler, 1979; Fachín-Terán,

1992; Janzen, 1994; Kolbe e Janzen, 2002; Ferreira Júnior e Castro, 2003; Batistella e Vogt, 2008; Kamel e Delcroix, 2009).

A escolha dos locais de oviposição visa aumentar o sucesso da eclosão, uma vez que, em uma área com diversos ambientes, haverá uma concentração de ninhos nas porções que possibilitam uma maior sobrevivência dos embriões e filhotes (Horrocks e Scott, 1991; Hays *et al*, 2001). O comportamento de seleção de determinadas características para desova a fim de diminuir a predação é frequente nos quelônios, visto que a predação de ninhos é uma das maiores causas de mortalidade de embriões (Congdon *et al*, 1983; Thompson, 1983; Iverson, 1991; Escalona e Fa, 1998).

Ovos de quelônios também são vulneráveis à predação por insetos (Lopes, 1982; López-Barbosa, 1989; Andrade *et al*, 1992; McGowan *et al*, 2001; Donlan, 2005; Maros, 2005). A predação de ninhos por formigas é descrita para quelônios de água doce e espécies marinhas, sendo *Solenopsis* o gênero predador mais citado e o mesmo encontrado no presente trabalho. As formigas são atraídas pelo muco produzido pelas fêmeas no momento da postura e pela perturbação (vibrações) dos filhotes na eclosão (Allen *et al*, 2001). O presente estudo encontrou baixa perda de ninhos por formigas, se comparado com o de Fachín-Terán (1994), que relatou que formigas foram predadoras de 52.38% dos ninhos de *P. unifilis* depositados em substrato calcário em Loreto, Peru, evidenciando que a predação é influenciada pelo ambiente selecionado pelas fêmeas. Moulis (1997) também descreveu uma redução de 15% no nascimento dos filhotes da tartaruga marinha *Caretta caretta* em ninhos infestados pela formiga *S. invicta* em comparação com os ninhos não infestados, na Geórgia, USA.

O lagarto *Tupinambis teguixin* é o mais conhecido predador de ninhos de quelônios amazônicos (Soini, 1980; Escalona e Fa, 1998; Pezzuti *et al*, 2000). Este gênero de lagarto é apontado como o principal predador de *P. unifilis* da bacia Amazônica (Soini, 1995; Batistella e Vogt, 2008; Fachín-Terán e Von Mülhen, 2003; Soini, 1995; Escalona e Fa, 1998; Félix-

Silva, 2009), que inclusive tem facilidade para detectar os ninhos, mesmo os que foram depositados há vários dias (Félix-Silva, 2009). Ninhos de *P. unifilis* localizados perto da vegetação têm alta taxa de predação por *Tupinambis* visto que este animal não suporta as altas temperaturas da praia, nos pontos mais distantes da vegetação (Pezzuti *et al*, 2000; Escalona e Fa, 1998; Soini, 1980; Pantoja-Lima *et al*, 2009). No presente estudo, a predação de ninhos de *P. unifilis* se correlacionou apenas com a data da postura, com ninhos do início da desova sendo mais intensamente predados. Batistella e Vogt (2008) encontraram ninhos de *P. erythrocephala* predados por lagartos *Crocodilurus lacertinus* e *Ameiva ameiva* (Teiidae) e pelo falcão *Daptrius ater* (Falconidae). Neste mesmo artigo a distância até a margem da campina e o intervalo (dias) entre a desova e a predação foram significativamente correlacionadas à predação de ninhos (Batistella e Vogt 2008). Fachín-Terán (1994) encontrou diferentes taxas de predação de *P. unifilis* de acordo com a granulometria das praias monitoradas: nas praias arenosas as taxas de predação atingiram 16,7%, nas praias semiarenosas foi 42,11% e nas praias calcárias foram 80% e 90%. Ninhos de *Podocnemis* são predados ainda por diversos outros animais: larvas de dípteros (Sarcophagidae) (Pezzuti e Vogt, 1999), *Coragyps atratus* e *Cathartes* (Pantoja-Lima *et al*, 2009; Ferreira Júnior e Castro, 2010), larvas de moscas Sphingidae, nematódeos (Pantoja-Lima *et al*, 2009) e pelo mamífero *Dusicyon vetulus* (Heming *et al*, 2004).

Uma das principais causas responsáveis pela destruição de ninhos é o alagamento pela repentina enchente do rio, conhecida como *repiquete*. Apesar da variação do nível do rio Amazonas ter sido maior do ano de 2009, houve *repiquete* no mês de dezembro de 2007, justamente quando os últimos ninhos depositados estavam prestes a eclodir, o que explica o alagamento e a queda no sucesso da eclosão dos ninhos em 2007. No final de novembro de 2007 o nível do rio subiu ininterruptamente, provocando o alagamento, ao passo que na mesma época em 2009 o nível da água seguiu baixando, permitindo a eclosão e a emergência

dos filhotes. Os ninhos alagados apresentaram menores alturas em relação à linha d'água e eram os ninhos mais tardios, ficando menos distantes da margem do rio. Estes ninhos depositados mais tardiamente, sobretudo no final do período de desova, ficaram mais propícios de serem alagados pela enchente do rio. Fachín-Terán (1994) registrou 56% de perda por este fator na Amazônia Peruana. No rio Manu, também no Peru, as inundações em 1993 e 1994 provocaram, respectivamente, a perda de 28,68 % e 0,69 % de ninhos de *P. unifilis* (Landeo-Sánchez, 1997). A perda de ninhos desta espécie por alagamento no rio Caquetá, Colômbia, poderia ter sido elevada (64%) se as ninhadas não tivessem sido transferidas (Paéz e Bock, 1998). Na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá em 1996, 58% dos ninhos de *P. sextuberculata* monitorados foram alagados (Pezzuti e Vogt, 1999). No rio Aguarico, na Amazônia equatoriana, o alagamento foi responsável pela perda de 63,1% dos ninhos de *P. unifilis* (Caputo *et al*, 2005). Soini (1995) registrou uma variação de 1% (1979) a 100% (1985) na perda anual de ninhos de *Podocnemis* pelo alagamento dos ninhos na Estación Biológica Cahuana, Peru, sendo que a proporção de ninhos atingidos dependeu do dia em que o nível do rio começou a subir.

A coleta de ovos de quelônios é uma atividade que vem sendo realizada milenarmente, com importância histórica para as populações ribeirinhas e costeiras (Moll e Moll, 2004). Esta atividade é preocupante em algumas localidades devido ao saque intensivo sobre as praias para obtenção de ovos e captura de fêmeas reprodutivas (Fachín-Terán, 1991; Rebêlo e Pezzuti, 2000; Vogt, 2001). No presente estudo os ninhos coletados em 2009 estavam mais próximos ao rio e à vegetação, não tinham vegetação na sua superfície e tiveram as maiores alturas, já que 100% destes estavam localizados em ambiente de barranco, sendo mais facilmente encontrados e coletados. Os ninhos coletados também foram os primeiros ninhos depositados, o que se explica pela expectativa da comunidade que aguarda o ano todo para coletar os ovos depositados. Escalona e Fa (1998) encontraram resultados semelhantes ao

presente estudo. A maioria dos ninhos de *P. unifilis* no rio Nichare-Tawadu, Venezuela, estava na parte superior da praia, em sítios com ausência de vegetação, facilitando assim a visualização dos coletores.

Diante da realidade desta área de estudo, algumas alternativas de manejo que priorizem a proteção dos animais, seus *habitats* e os locais de reprodução são necessárias. A manutenção dos ninhos em ambiente natural continua sendo a forma mais adequada de conservação nesta área de estudo, e o envolvimento dos próprios moradores na vigia regular deste local é essencial. Na comunidade Água Preta, todos os anos são escolhidos, pelos próprios moradores, dois comunitários responsáveis pela fiscalização do *taboleiro* durante todo o período de incubação dos ovos (setembro à janeiro). Apesar desta fiscalização, existe certa dificuldade em proteger todo o *taboleiro*, sendo assim duas alternativas podem ser propostas: 1) o zoneamento do *taboleiro*, protegendo somente os ninhos dos microhabitats mais selecionados pelas fêmeas, e liberando as áreas com alta probabilidade de perda de ninhos, visando minimizar a perda de embriões onde há maior probabilidade de eclosão; ou 2) a liberação de uma praia inteira destinada à coleta e consumo de ovos ao invés da liberação de pequenas porções em diversas praias. Caputo *et al* (2005), em estudos na Amazônia equatoriana, visando um programa de manejo comunitário para a espécie *P. unifilis* propôs para toda a comunidade do entorno da área de desova algumas ações de manejo e monitoramento das ninhadas, que levou a um maior envolvimento dos comunitários na conservação *in situ* da espécie. Desta experiência na Amazônia equatoriana surgiram outras três propostas alternativas: (i) coleta de ovos apenas em locais onde não há possibilidade de eclosão; (ii) gestão eficaz e proteção de praias de nidificação com a abolição da coleta de ovos e fêmeas adultas; e (iii) transplante de ninhos de áreas que seriam alagadas (e cuja produção excede o consumo humano). Na comunidade Água Preta já são aplicadas algumas ações de manejo comunitário dos quelônios, visando o uso racional deste recurso tão importante para

esta comunidade, porém suporte financeiro e logístico são necessários para a efetividade destas ações. De qualquer forma, devemos ser cautelosos com estas medidas e um monitoramento prévio deve ser realizado, pois não sabemos qual será a razão sexual gerada neste local e qual o efeito desta retirada de ninhos na estrutura da população de *P. unifilis* nesta área de várzea do baixo rio Amazonas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa (133325/2009-1). À Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) pelo apoio logístico. À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) pelo suporte financeiro e ao Instituto de Pesquisas Ambientais da Amazônia (IPAM) pelo suporte logístico durante o projeto. À Priscila S. Miorando e Renata C. Vieira e os moradores da comunidade Água Preta pela ajuda no trabalho de campo.

LITERATURA CITADA

- Alho, C.J.R., Pádua, L.F.M. 1982. Reproductive parameters and nesting behavior of the Amazon turtle *Podocnemis expansa* (Testudinata, Pelomedusidae) in Brazil. *Canadian Journal of Zoology* 60:97-103.
- Allen, G.R., Forys, E.A., Rice, K.G., Wojcik, D.P. 2001. Effects of fire ant (Hymenoptera: Formicidae) on hatching turtles and prevalence of fire ants on sea turtles nesting beaches in Florida. *Florida Entomologist* 84:250-253.
- Andrade, R.M., Flores, R.L., Fragosa, S.R., López, C.S., Sarti, L.M., Torres, M.L., Vásquez, L.G.B. 1992. Efecto de las larvas de díptero sobre el huevo y las crías de tortuga marina en el playon de Mexiquillo, Michoacán. In: Benabib, N.M. e Sarti, L.M. (Eds.). *Memorias Del*

- VI Encuentro Interuniversitario Sobre Tortugas Marinas en México. Ciudad de México: Sociedad Herpetologica Mexicana, pp. 27-37.
- Batistella, A.M., Vogt, R.C. 2008. Nesting Ecology of *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemididae) of the Rio Negro, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 7:12-20.
- Bulmer, M.G., Bull, J.J. 1982. Models of polygenic sex determining and sex ratio control. *Evolution* 36:13-26.
- Caputo, F.P., Canestrelli, D., Boitani, L. 2005. Conserving the terecay (*Podocnemis unifilis*, Testudines: Pelomedusidae) through a community-based sustainable harvest of its eggs. *Biological Conservation* 126: 84-92.
- Charnov, E.L., Bull, J.J. 1977. When is sex environmentally determined. *Nature* 266:828-830.
- Congdon, J.D., Tinkle, D.W., Breitenbach, G.L., Van Loben Sels, R.C. 1983. Nesting ecology and hatching success in the turtle *Emydoidea blandingii*. *Herpetologica* 39:417-429.
- Congdon, J.D., Breitenbach, G.L., Sels, R.V.L., Tinkle, D.W. 1987. Reproduction and nesting ecology of snapping turtles (*Chelydra serpentina*) in Southeastern Michigan. *Herpetologica* 43:39-54.
- Congdon, J.D., Nagle, R.D., Kinney, O.M., Osentoski, M., Avery, H.W., van Loben, C.R.S., Tinkle, D.W. 2000. Nesting ecology and embryo mortality: implications for hatchling success and demography of Blanding's turtles (*Emydoidea Blandingii*). *Chelonian Conservation and Biology* 3:569-579.

- Donlan, M.E., Townsend, J.H., Golden, E.A. 2004. Predation of *Caretta caretta* (Testudines: Cheloniidae) eggs by larvae of *Lanelater sallei* (Coleoptera: Elateridae) on Key Biscayne, Florida. *Caribbean Journal of Science* 40:415-420.
- Escalona, T., Fa, J.E. 1998. Survival of nests of the terecay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare-Tawadu Rivers, Venezuela. *Journal of Zoology* 244:303-312.
- Fachín-Terán, A. 1991. Las tortugas de la Reserva Nacional Pacaya-Samiria, un recurso amenazado. *Kanatari* 351:3-3.
- Fachín-Téran, A. 1992. Desove y uso de playas para nidificación de taricaya (*Podocnemis unifilis*) en el río Samiria, Loreto-Peru. *Boletín de Lima* 79:65-75.
- Fachín-Terán, A. 1994. Depredación de la taricaya *Podocnemis unifilis* en la Reserva Nacional Pacaya-Samiria, Loreto. *Boletín de Lima* 16:417-423.
- Fachín-Terán, A., Von Mülhen, M. 2003. Reproducción de la taricaya *Podocnemis unifilis* Troschel 1848 (Testudines: Podocnemididae) en la várzea del medio Solimões, Amazonas, Brasil. *Ecologia Aplicada* 2:125-132.
- Félix-Silva, D. 2009. Ecología e Conservação de *Podocnemis unifilis* Troschel 1848 (Testudines, Podocnemididae) no Reservatório da UHE Tucuruí, Pará-Brasil. Tese de Doutorado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 274 pp.
- Ferreira Júnior, P.D., Castro, P.T.A. 2003. Geological control of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas in Rio Javaés, Bananal Island, Brazil. *Acta Amazônica* 33:445-468.

- Ferreira Júnior, P.D., Castro, P.T.A. 2006 Geological characteristics of the nesting areas of the giant Amazon river turtle (*Podocnemis expansa*) in the Crixás-Açu river in Goiás State, Brazil. *Acta Amazonica* 36:249-258.
- Ferreira Júnior, P.D., Castro, P.T.A. 2010. Nesting ecology of *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Podocnemididae) in the Javaés River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70:85-94.
- Folk, R.L. 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Austin: Hemphill Publication Company, 182 pp.
- Fowler, L.E. 1979. Hatching success and nest predation in the green sea turtle, *Chelonia mydas*, at Tortuguero, Costa Rica. *Ecology* 60:946-955.
- Godfrey, M.H., Barreto, R., Mrosovsky, N. 1996. Estimating past and present sex ratios of sea turtles in Suriname. *Canadian Journal of Zoology* 74:267-277.
- Hays, G.C., Ashworth, J.S., Barnsley, M.J., Broderick, A.C., Emery, D.R., Godley, B.J., Henwood, A., Jones, E.L. 2001. The importance of sand albedo for the thermal conditions on sea turtle nesting beaches. *Oikos* 93:87-94.
- Heming, N.M., Leite, P.T., Gressler, D.T., Dalmas, F.B., Arruda, M., Cechin, S.Z. 2004. Aspectos da nidificação de *Podocnemis unifilis* (Testudines, Pelomedusidae) no rio Araguaia. Livro de resumos do XXV Congresso Brasileiro de Zoologia. Brasília: Sociedade Brasileira de Zoologia, pp. 383-383.
- Horrocks, J.A., Scott, N.M. 1991. Nest site location and nest success in the hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* in Barbados, West Indies. *Marine Ecology Progress Series* 69:1-8.

- Irion, G., Junk, W.J., Mello, J.A.S.N. 1997. The large Central Amazonian River floodplains near Manaus: Geological, climatological, hydrological and geomorphological aspects. In: Junk, W.J. (Ed.). *The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System*. Berlin: Springer, pp. 23-46.
- Iverson, J.B. 1991. Life history and demography of the yellow mud turtle *Kinosternon flavescens*. *Herpetologica* 47:373-395.
- Janzen, F.J. 1994. Vegetational cover predicts the sex ratio of hatchling turtles in natural nests. *Ecology* 75:593-1599.
- Janzen, F.J., Morjan, C.L. 2001. Repeatability of microenvironment-specific nesting behaviour in a turtle with environmental sex determination. *Animal Behaviour* 62:73-82.
- Janzen, F.J., Tucker, J.K., Paukstis, G.L. 2000. Experimental analysis of an early life-history stage: selection on size of hatchling turtles. *Ecology* 81:2290-2304.
- Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: D.P. Dodge (Ed.). *Proceedings of the International Large River Symposium*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 106:110-127.
- Kamel, S.J., Delcroix, E. 2009. Nesting Ecology of the Hawksbill Turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Guadeloupe, French West Indies from 2000–07. *Journal of Herpetology* 43:367-376.
- Kolbe, J.J., Janzen, F.J. 2002. Impact of nest-site selection on nest success and nest temperature in natural and disturbed habitats. *Ecology* 83:269-281.
- Landeo-Sánchez, C. 1997. Factores limitantes de la población pre-eclosional de la taricaya *Podocnemis unifilis* en el río Manú. In: Fang, T.G., Bodmer, R.E., Aquino, R. e Valqui,

- M.H. (Eds.). Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía. Iquitos: Wildlife Conservation Society, pp. 185-189.
- Lopes, H.S. 1982. On *Eumacronychia sternalis* Allen (Diptera, Sarcophagidae) with larvae living on eggs and hatchlings of the East Pacific green turtle. *Revista Brasileira de Biologia* 42:425-429.
- López-Barbosa, E.C. 1989. Trampeo de moscas que se alimentan de embriones y crías de tortuga marina en la costa de Michoacán. In: Sánchez, R.P. (Ed.). *Memorias Del V Encuentro Interuniversitario Sobre Tortugas Marinas en México*. Ciudad de México: Sociedad Herpetologica, pp. 128-133.
- Madsen, T., Shine, R. 1999 Life history consequences of nest site variation in tropical pythons (*Liasis fuscus*). *Ecology* 80:989-997.
- Maros, A., Louveaux, A., Liot, E., Marmet, J., Girondot, M. 2005. Identifying characteristics of *Scapteriscus* spp. (Orthoptera: Gryllotalpidae) apparent predators of marine turtle eggs. *Journal of Environmental Entomology* 34:1063-1070.
- McGowan, A., Broderick, A.C., Deeming, J., Godley, B.J., Hancock, E.G. 2001. Dipteran infestation of loggerhead (*Caretta caretta*) and green (*Chelonia mydas*) sea turtle nests in northern Cyprus. *Journal of Natural History* 35:573-581.
- Medem, F. 1983. La Reproducción de la tortuga “Cabezón” *Peltocephalus tracaxa* (Spix 1924) (Testudines, Pelomedusidae) en Colombia Lozania. *Acta Zoológica Colombiana* 41:1-12.
- Moll, D., Moll, E.O. 2004. *The Ecology, exploitation and conservation of River Turtles*. New York: Oxford University Press, 393 pp.

- Morjan, C.L., Valenzuela, N. 2001. Is ground-nuzzling by female turtles associated with soil surface temperatures? *Journal of Herpetology* 35:668-672.
- Moulis, R.A. 1997. Predation by the imported fire ant (*Solenopsis invicta*) on loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) nests on Wassaw National Wildlife Refuge, Georgia. *Chelonian Conservation and Biology* 2:433-436.
- Ojasti, J. 1995. Uso y Conservación de la Fauna Silvestre en La Amazonía. Lima: Tratado de Cooperación Amazónica, Secretaria *Pro-Tempore*, 35:1-216.
- Packard, G.C., Miller, K., Packard, M.J., Birchard, G.F. 1999. Environmentally induced variation in body size and condition in hatchling snapping turtles (*Chelydra serpentina*). *Canadian Journal of Zoology* 77:278-289
- Páez, V.P., Bock, B.C. 1998. Temperature effect on incubation period in the yellow-spotted river turtle, *Podocnemis unifilis*, in the Colombian Amazon. *Chelonian Conservation and Biology* 3:31-36.
- Pantoja-Lima, J., Pezzuti, J.C.B., Teixeira, A.S., Félix-Silva, D., Rebêlo, G.H., Monjeló, L.A.S., Kemenes, A. 2009. Seleção de locais de desova e sobrevivência de ninhos de quelônios *Podocnemis* no baixo Rio Purus, Amazonas, Brasil. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 1:37-59.
- Pezzuti, J.C.B., Vogt, R. 1999. Nesting ecology of *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Pelomedusidae) in the Japurá River, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 3:419-424.
- Pezzuti, J.C.B., Vogt, R.C., Kemenes, A., Félix-Silva, D., Salvestrini, F., Lima, J.P. 2000. Nesting ecology of pelomedusid turtles in the Purus River, Amazonas, Brazil. Report of

- the 80th Annual Meeting of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists. La Paz: Universidad Autónoma de Baja California Sur, pp. 294-294.
- Pritchard, P.C.H., Trebbau, P. 1984. The Turtles of Venezuela. Athens: Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 403 pp.
- Rebêlo, G.H., Pezzuti, J.B.P. 2000. Percepções sobre o consumo de Quelônios na Amazônia. *Ambiente & Sociedade* 6:85-104.
- Ribeiro, N.V. 2007. Atlas da várzea: Amazônia Brasil. Manaus: Ibama, 132 pp.
- Smith, N.J.H. 1979. Quelônios aquáticos da Amazônia: um recurso ameaçado. *Acta Amazonica* 9:87-97.
- Soini, P. 1980. Estudio de reproducción, manejo de los quelonios del género *Podocnemis* (Charapa, cupiso y taricaya). Informe de Pacaya nº 2. Iquitos: Dirección Forestal y de Fauna y Cooperación Técnica del Gobierno Suizo, 43 pp.
- Soini, P. 1995. Investigaciones en la Estación Biológica Cahuana. Reporte Pacaya-Samiria. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 435 pp.
- Soini, P. 1997a. Ecología y manejo de quelonios acuáticos en La amazonía peruana. In: Fang, T.G., Bodmer, R.E., Aquino, R., Valqui, M.H. (Eds.) *Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía*. La Paz: Instituto de Ecología de Bolivia, pp.167-173.
- Soini, P. 1997b. Biología y manejo de la tortuga *Podocnemis expansa*. Lima: Tratado de Coperación Amazónica, Secretaria Pro Tempore, 48 pp.
- Souza, R.R.D., Vogt, R.C. 1994. Incubation temperature influences sex and hatchling size in the neotropical turtle *Podocnemis unifilis*. *Journal of Herpetology* 28:453-464. Thompson,

- M.B. 1983. Murray River tortoise (*Emydura, Chelodina*) populations: the effect of egg predation by the red fox, *Vulpes vulpes*. Australian Wildlife Research 10:363-371.
- Thorbjarnarson, J.B., Perez, N., Escalona, T. 1993. Nesting of *Podocnemis unifilis* in the Capanaparo River, Venezuela. Journal of Herpetology 27:347-351.
- Thorbjarnarson, J.B., Lagueux, C.J., Bolze, D., Klemens, M.W., Meylan, A.B. 2000. Human use of turtle: a worldwide perspective. In: Klemens, M.W. (Ed.). Turtle Conservation. Washington and London: Smithsonian Institution Press, pp. 33-84.
- Vogt, R.C. 2001. Turtles of the Rio Negro. In: Chao, N.L., Petry, P., Prang, G., Sonneschien, L. e Tlusty, M. (Eds.). Conservation and Management of Ornamental Fish Resources of the Rio Negro Basin, Amazonia, Brazil (Project Piaba). Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, pp. 245-262.
- Vogt, R.C., Bull, J. 1982. Temperature controlled sex determination in turtles: ecological and behavioral aspects. Herpetologica 38:156-164.
- Vogt, R.C., Cantarelli, V.H., Carvalho, A.G. 1994. Reproduction of the cabeçudo *Peltocephalus dumerilianus* in the Biological Reserve of Rio Trombetas, Pará, Brazil. Chelonian Conservation and Biology 1:145-148.
- Weisrock, D.W., Janzen, F.J. 2000. Thermal and fitness-related consequences of nest location in Painted Turtles (*Chrysemys picta*). Functional Ecology 13:94-101.
- Wilson, D. 1998. Nest-site selection: microhabitat variation and its effects on the survival of turtle embryos. Ecology 79:1884-1892.
- Zar, J.H. 2008. Biostatistical Analysis. New Jersey: Prentice Hall Inc., 943 pp.

TABELAS

Tabela 1: Características dos ninhos de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas durante 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil. Médias \pm desvio padrão (tamanho da amostra, amplitude). Resultados das análises estatísticas (Teste “t” de Student / Mann-Whitney) avaliaram as diferenças entre 2007 e 2009. Valores de P significativos em negrito. Legenda: t/U = estatística do teste; P = probabilidade.

Variáveis	Anos		t/U	P.
	2007	2009		
Profundidade inicial (cm)	9,8 \pm 2,9 (N = 102; 0-17)	9,09 \pm 3,18 (N = 93; 1,5-15)	-	-
Distância ao rio (m)	40,5 \pm 32,1 (N = 97; 5-134)	33,49 \pm 39,49 (N = 167; 1,2-150)	5875	0.0005
Distância à vegetação (m)	-	0,66 \pm 1,62 (N = 167; 0-16)	-	-
Altura (m)	1,74 \pm 86,5 (N = 95; 0,3-5,62)	2,51 \pm 10,45 (N = 167; 0,52-2,76)	5629	0.0004
Inclinação (°)	-	10 \pm 9,28 (N = 167; 0-35)	2.9465	0.0038

Tabela 2: Sumário da regressão logística entre as variáveis independentes distância do ninho ao rio, distância do ninho à vegetação, altura em relação à linha d'água, inclinação e teor de areia muito fina dos ninhos e a variável dependente categorizada como 0 (sítio de nidificação) e 1 (ponto ao acaso) em 2009. Valores de P significativos em negrito. Legenda: Coeff. = coeficiente da regressão logística; S.D. = erro padrão; Z = estatística do teste Z; Or = Odds ratio; P = probabilidade.

Variáveis	N	Coeff.	S.D.	Z.	Or.	P.
Constantes	50	-1.8665	0.6900	.	.	.
Distância ao rio		0.0161	0.0070	2.2966	1.0163	0.0216
Distância à vegetação		-0.7287	0.2738	-2.6618	0.4825	0.0078
Altura em relação à linha d'água		0.1314	0.0512	2.5678	1.1404	0.0102
Inclinação		0.0147	0.0318	0.4620	1.0148	0.6441
Areia muito fina (%)		2.6508	0.9239	2.8691	14.1653	0.0041

Tabela 3: Causas de perdas de ninhos de *Podocnemis unifilis* monitorados na várzea do baixo rio Amazonas durante 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil.

Causas de perdas	N	2007 (N = 106)	2009 (N = 167)
Perdas	115	39 (36,7%)	76 (45,5%)
Coleta humana	53	4 (3,7%)	49 (29,34%)
Predação	20	15 (14,1%)	5 (2,99%)
<i>Tupinambis nigropunctatus</i>	9	6 (5,66%)	3 (1,80%)
<i>Solenopsis saevissima</i>	7	5 (4,72%)	2 (1,20%)
<i>Coragyps atratus</i>	1	0	1 (0,60%)*
<i>Canis familiaris</i>	2	2 (1,89%)	0
Não identificado	2	2 (1,89%)	0
Alagamento	10	10 (9,43%)	0
Invasão de raízes de gramíneas	17	1 (0,94%)	16 (9,58%)
Pisoteio de gado	10	9 (8,49%)	1 (0,60%)
Erosão do barranco	4	0	4 (2,40%)
Ovos sem desenvolvimento aparente	1	0	1 (0,60%)

*este mesmo ninho foi predado anteriormente por *Tupinambis nigropunctatus*.

Tabela 4: Sumário da regressão logística entre as variáveis independentes distância do ninho ao rio, altura, profundidade inicial e número de dias após o início das desovas e a variável dependente categorizada como 1 (ninho eclodido) e 0 (ninho alagado) em 2007. Valores de P significativos em negrito. Legenda: Coeff. = coeficiente da regressão logística; S.D. = erro padrão; Z = estatística do teste Z; Or = Odds ratio; P = probabilidade.

Variáveis	N	Coeff.	S.D.	Z.	Or.	P.
Constantes	90	4.5100	3.5622	.	.	.
Distância ao rio		0.0270	0.0244	1.1061	1.0274	0.2687
Altura		4.4886	1.4528	3.0897	88.9965	0.0020
Profundidade inicial		-0.1038	0.2088	-0.4973	0.9014	0.6190
Número de dias após o início das desovas		-0.4250	0.1539	-2.7620	0.6538	0.0057

Tabela 5: Sumário da regressão logística entre as variáveis independentes distância do ninho ao rio, distância do ninho à vegetação, altura em relação à linha d'água, inclinação, profundidade inicial e número de dias após o início das desovas e a variável dependente categorizada como 1 (ninho eclodido) e 0 (ninho predado) nos dois anos de monitoramento. Valores de P significativos em negrito. Legenda: Coeff. = coeficiente da regressão logística; S.D. = erro padrão; Z = estatística do teste Z; Or = Odds ratio; P = probabilidade.

Ano	Variáveis	N	Coeff.	S.D.	Z.	Or.	P.
2007	Constantes	90	2.0047	1.4678	.	.	.
	Distância ao rio		0.0114	0.0123	0.9313	1.0115	0.3517
	Altura em relação à linha d'água		-0.4331	0.3926	-1.1030	0.6485	0.2700
	Profundidade inicial		-0.0009	0.1000	-0.0093	0.9991	0.9926
	Número de dias após o início das desovas		0.0041	0.0448	0.0905	1.0041	0.9279
2009	Constantes	167	0.5528	2.0149	.	.	.
	Distância à vegetação		6.2101	11.1134	0.5588	497.7576	0.5763
	Altura em relação à linha d'água		0.6971	1.1249	0.6197	2.0080	0.5354
	Inclinação		-0.0237	0.0515	-0.4599	0.9766	0.6456
	Profundidade inicial		-0.0400	0.1416	-0.2823	0.9608	0.7777
	Número de dias após o início das desovas		0.1930	0.0891	2.1646	1.2128	0.0304

Tabela 6: Sumário da regressão logística entre as variáveis independentes distância do ninho ao rio, distância do ninho à vegetação, altura em relação à linha d'água, inclinação, profundidade inicial e número de dias após o início das desovas e a variável dependente categorizada como 1 (ninho eclodido) e 0 (ninho perdido pela erosão do barranco) em 2009. Valores de P significativos em negrito. Legenda: Coeff. = coeficiente da regressão logística; S.D. = erro padrão; Z = estatística do teste Z; Or = Odds ratio; P = probabilidade.

Variáveis	N	Coeff.	S.D.	Z.	Or.	P.
Constantes	167	2.2380	2.6132	.	.	.
Distância ao rio		1.2311	0.6017	2.0461	3.4251	0.0407
Distância à vegetação		0.0213	0.6558	0.0325	1.0215	0.9741
Inclinação		-0.0158	0.0626	-0.2531	0.9843	0.8002
Profundidade inicial		-0.0919	0.2126	-0.4325	0.9122	0.6654
Número de dias após o início das desovas		-0.0859	0.0889	-0.9663	0.9177	0.3339

Tabela 7: Sumário da regressão logística entre as variáveis independentes distância do ninho ao rio, distância do ninho à vegetação, altura, inclinação, profundidade inicial e data número de dias após o início das desovas e a variável dependente categorizada como 1 (ninho eclodido) e 0 (ninho coletado) nos dois anos de monitoramento. Valores de P significativos em negrito. Legenda: Coeff. = coeficiente da regressão logística; S.D. = erro padrão; Z = estatística do teste Z; Or = Odds ratio; P = probabilidade.

Ano	Variáveis	N	Coeff.	S.D.	Z.	Or.	P.
2007	Constantes	90	1.2017	2.5937	.	.	.
	Distância ao rio		-0.0290	0.0251	-1.1549	0.9714	0.2481
	Altura em relação à linha d'água		-0.3525	0.8981	-0.3924	0.7030	0.6947
	Profundidade inicial		0.3001	0.1976	1.5188	1.3501	0.1288
	Número de dias após o início das desovas		0.1627	0.1239	1.3129	1.1767	0.1892
2009	Constantes	167	4.2887	1.4876	.	.	.
	Distância ao rio		0.1604	0.0427	3.7582	1.1740	0.0002
	Distância à vegetação		-0.9876	0.2592	-3.8104	0.3725	0.0001
	Altura em relação à linha d'água		-2.4674	0.7450	-3.3119	0.0842	0.0009
	Inclinação		-0.0411	0.0339	-1.2134	0.9597	0.2250
	Profundidade inicial		-0.2179	0.0982	-2.2183	0.8042	0.0265
	Número de dias após o início das desovas		0.0979	0.0378	2.5896	1.1029	0.0096

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Área de estudo, na várzea do baixo rio Amazonas, município de Santarém, Pará, Brasil, evidenciando a área monitorada (em laranja) 48
- Figura 2: Número de ninhos de *Podocnemis unifilis* depositados na várzea do baixo rio Amazonas em relação à cota média mensal do nível do rio Amazonas (cm) durante 2007 e 2009: 2a) 106 ninhos depositados em 2007 e 167 ninhos depositados em 2009; o pico de desova ocorreu quando o nível do rio Amazonas estava reduzindo drasticamente; 2b) o rio Amazonas apresentou menor nível em 2007 no dia 5 de Novembro, ocorrendo repiquete nesta mesma data, e menor nível em 2009 no dia 30 de novembro em 2009 49
- Figura 3: Neonato de *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) predado por *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae) na várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil50
- Figura 4: Regressões logísticas entre as variáveis ambientais e ninhos eclodidos (1) e ninhos perdidos por diversas causas (0) de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará: 4a) altura do ninho (m) e ninhos eclodidos (1) e ninhos alagados (0); e 4b) número de dias após o início das desovas e ninhos eclodidos (1) e ninhos alagados (0); 4c) número de dias após o início das desovas e ninhos eclodidos (1) e ninhos predados (0); 4d) distância do ninho ao rio (m) e ninhos eclodidos (1) e ninhos perdidos pela erosão do barranco (0) 51

Figura 5: Regressões logísticas entre as variáveis ambientais e ninhos eclodidos (1) e ninhos coletados (0) de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas durante 2009, Santarém, Pará, Brasil: 5a) distância do ninho ao rio (m); 5b) distância do ninho à vegetação (m); 5c) altura do ninho (m); 5d) profundidade inicial do ninho (cm); e 5e) número de dias após o início das desovas 52

FIGURAS:

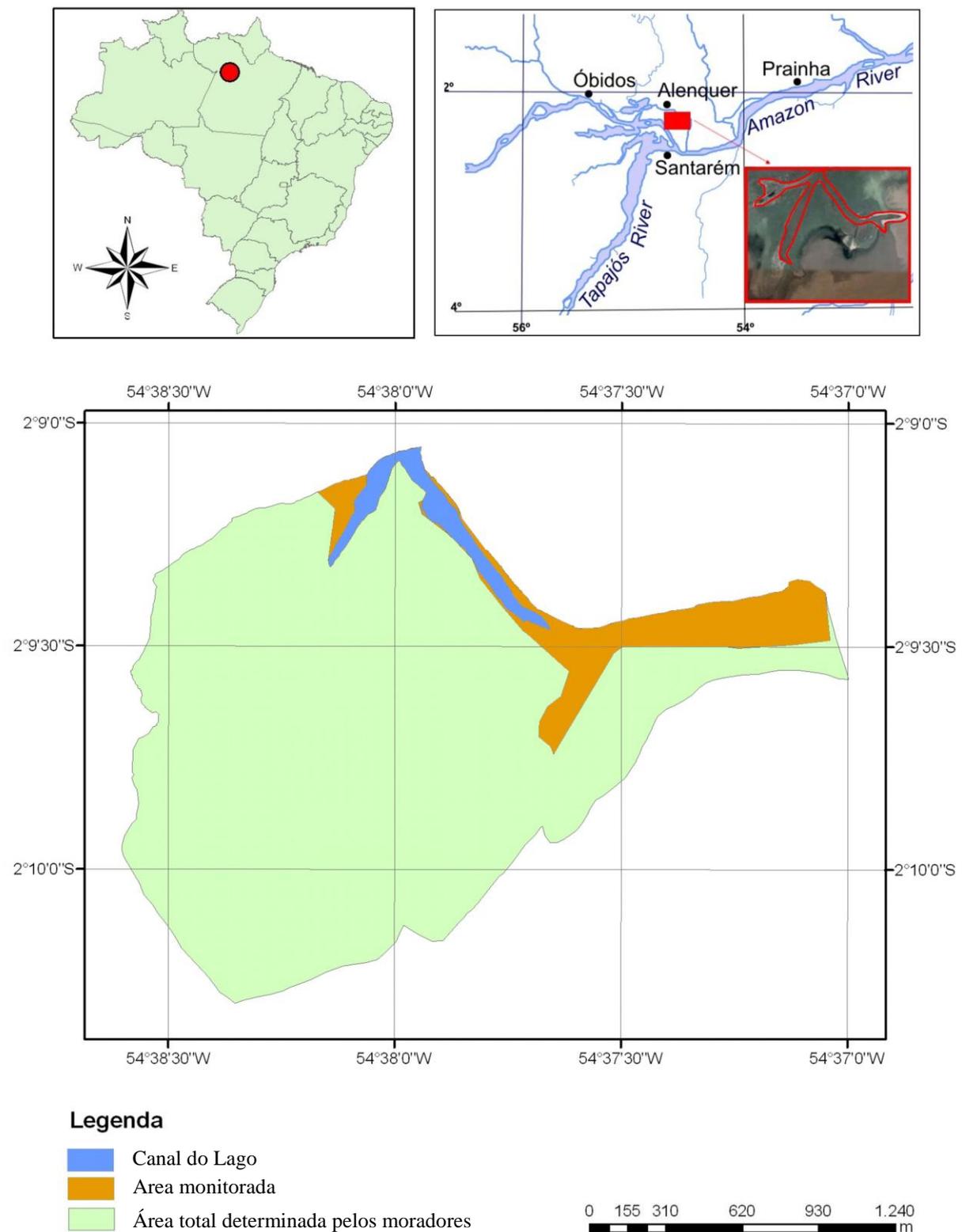


Figura 1: Área de estudo, na várzea do baixo rio Amazonas, município de Santarém, Pará, Brasil, evidenciando a área monitorada (em laranja).

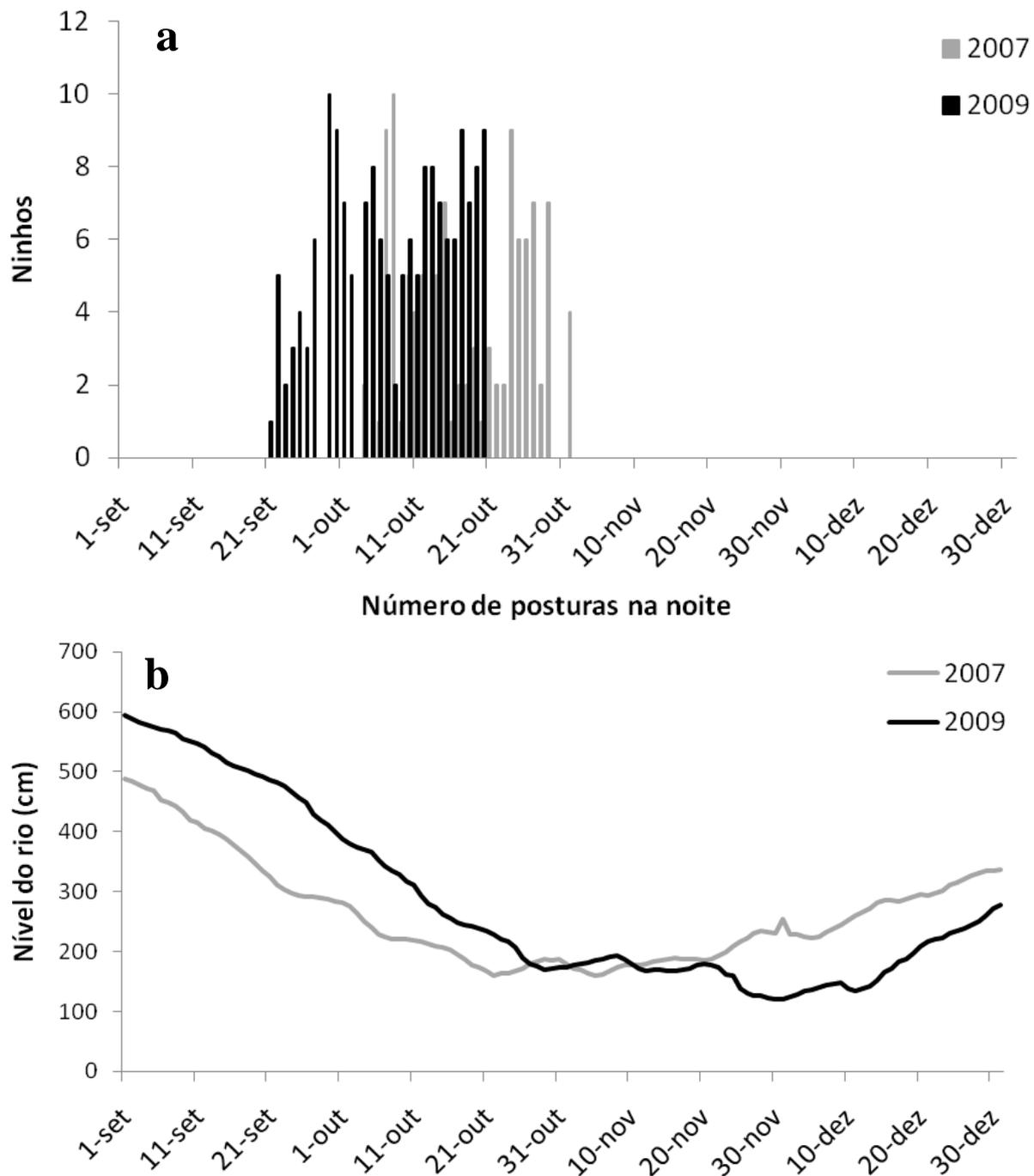


Figura 2: Número de ninhos de *Podocnemis unifilis* depositados na várzea do baixo rio Amazonas em relação à variação mensal do nível do rio Amazonas (cm) durante 2007 e 2009: 2a) 106 ninhos depositados em 2007 e 167 ninhos depositados em 2009; o pico de desova ocorreu quando o nível do rio Amazonas estava reduzindo drasticamente; 2b) o rio Amazonas apresentou menor nível em 2007 no dia 5 de Novembro, ocorrendo repiquete nesta mesma data, e menor nível em 2009 no dia 30 de novembro em 2009.



Figura 3: Neonato de *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) predado por *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae) na várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil.

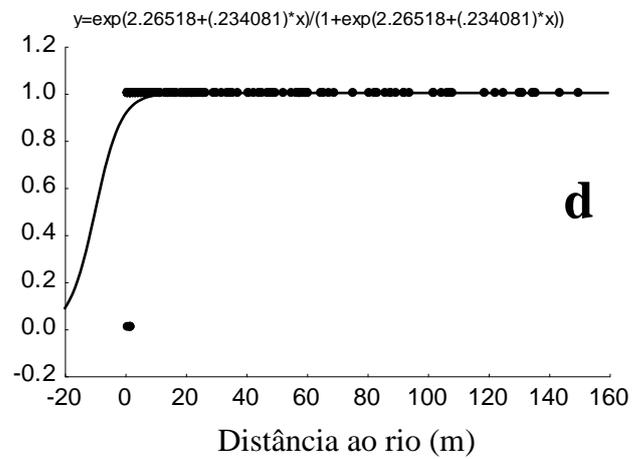
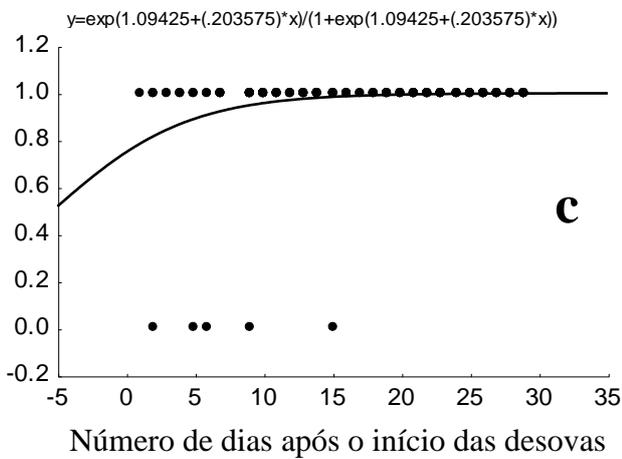
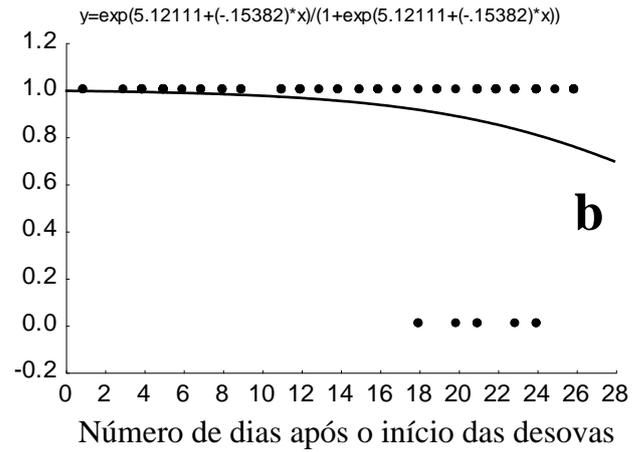
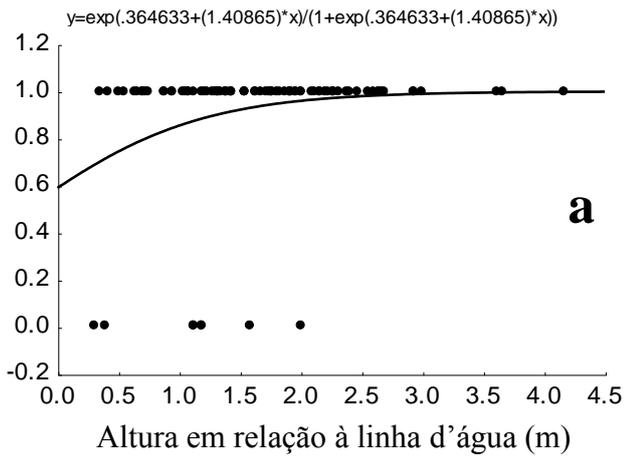


Figura 4: Regressões logísticas entre as variáveis ambientais e ninhos eclodidos (1) e ninhos perdidos por diversas causas (0) de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará: 4a) altura do ninho em relação à linha d'água (m) e ninhos eclodidos (1) e ninhos alagados (0); e 4b) número de dias após o início das desovas e ninhos eclodidos (1) e ninhos alagados (0); 4c) número de dias após o início das desovas e ninhos eclodidos (1) e ninhos predados (0); 4d) distância do ninho ao rio (m) e ninhos eclodidos (1) e ninhos perdidos pela erosão do barranco (0).

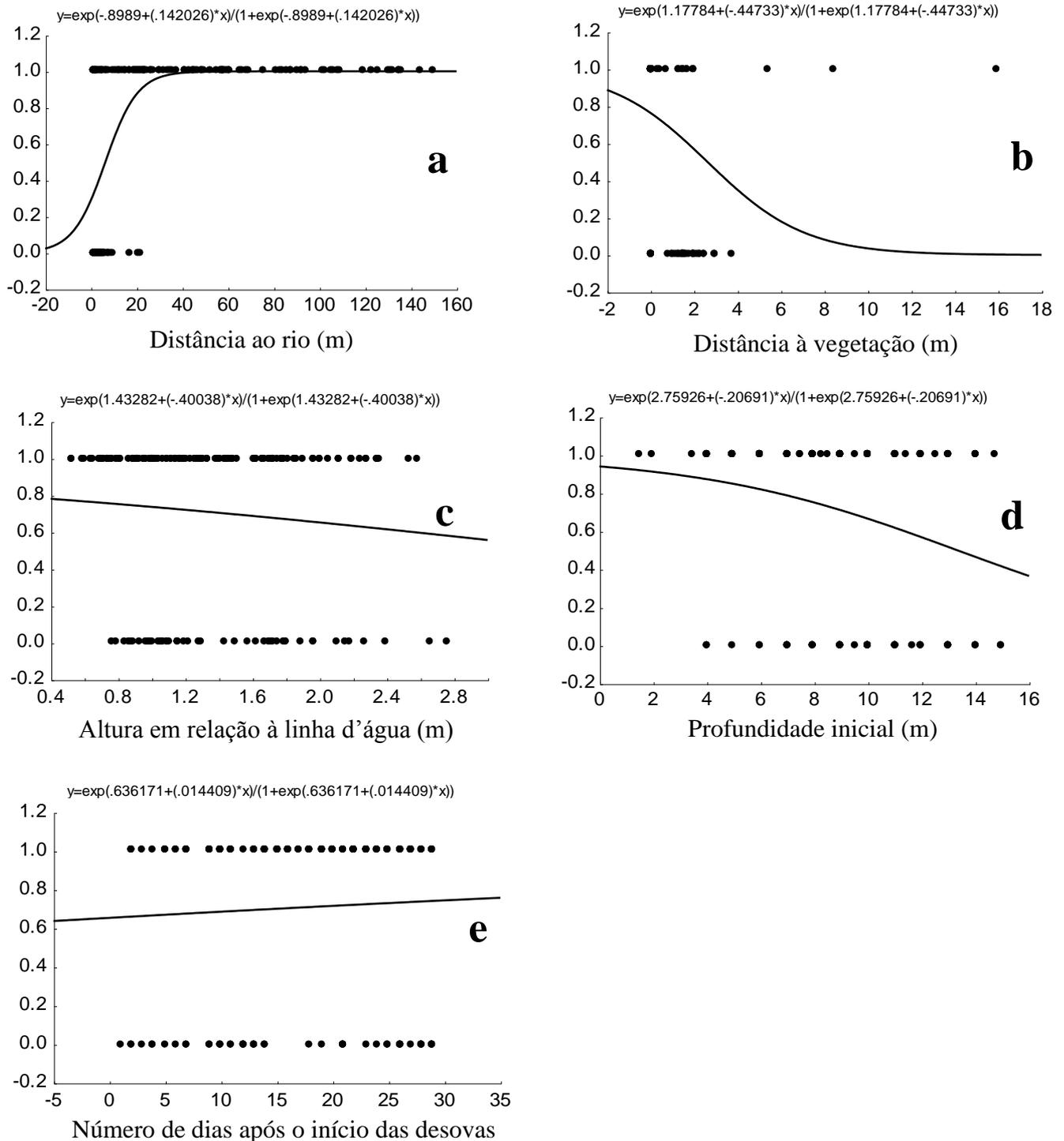


Figura 5: Regressões logísticas entre as variáveis ambientais e ninhos eclodidos (1) e ninhos coletados (0) de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas durante 2009, Santarém, Pará, Brasil: 5a) distância do ninho ao rio (m); 5b) distância do ninho à vegetação (m); 5c) altura do ninho em relação à linha d'água (m); 5d) profundidade inicial do ninho (cm); e 5e) número de dias após o início das desovas.

CAPÍTULO II - Artigo a ser submetido à revista Journal of Animal Ecology:

Efeito do ambiente de nidificação sobre o desenvolvimento embrionário, a determinação do sexo e a taxa de eclosão em *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil

Marina T. Pignati^{1*}, Luana F. Fernandes², Paulo D. Ferreira Júnior³ e Juarez C. B. Pezzuti⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi / CZO, Av. Perimetral 1901, Terra Firme, Belém, Pará 66077-530, Brasil.

² Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Muaná, Muaná, Pará 68825-000, Brasil.

³ Centro Universitário Vila Velha, Vila Velha, Espírito Santo 29102-770, Brasil.

⁴ Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA), Universidade Federal do Pará, Belém, Pará 66075-650, Brasil.

* Autor correspondente. Email: marinateofilo@yahoo.com.br

Sumário

1. O local selecionado pelas fêmeas influencia a temperatura de incubação dos ovos com reflexos no desenvolvimento, na sobrevivência, na determinação sexual dos embriões e nas fases posteriores do desenvolvimento. Estes parâmetros serão afetados pelo ambiente termal do local de desova escolhido pela fêmea, como substrato, granulometria e composição mineralógica, umidade, profundidade do ninho, temperatura e cobertura vegetal.

2. Este trabalho avalia o efeito das variáveis ambientais na duração de incubação, na taxa de eclosão e na determinação sexual dos filhotes de *Podocnemis unifilis* em uma área de várzea

no baixo rio Amazonas, Santarém, estado do Pará, Brasil, durante os períodos reprodutivos de 2007 e 2009.

3. Os ninhos foram localizados e as seguintes características mensuradas: data de postura, profundidade inicial, altura do ninho, distância do ninho a margem do rio e à vegetação, granulometria e porcentagem de cobertura vegetal. Foi monitorada a temperatura de ninhos a cada hora com coletores remotos de dados (*data-loggers*) e de cada um destes ninhos foram coletados cinco filhotes para identificação da razão sexual.

4. Foram monitorados 106 e 167 ninhos de *P. unifilis*, respectivamente, em 2007 e 2009. O número de horas/grau acima de 32°C e o número de dias após o início das desovas influenciaram a duração de incubação. O tamanho do sedimento e o número de horas/grau acima de 32°C influenciaram a sobrevivência dos filhotes. A razão sexual variou entre os dois anos e foi influenciada pela porcentagem de cobertura vegetal sobre o ninho. A razão sexual foi correlacionada com a duração de incubação.

5. Enfatizamos a importância deste estudo principalmente no entendimento das relações entre a razão sexual e a duração de incubação e da importância de pesquisas ao longo de vários ciclos reprodutivos de quelônios. A manutenção dos ambientes de desova e da razão sexual natural em ninhos de *P. unifilis* são alternativas de conservação para a área estudada.

Palavras-chave: Testudines; Podocnemididae; *Podocnemis unifilis*; ambiente termal; filhotes; várzea amazônica; Brasil

Summary

1. The female site selected influences the eggs incubation temperature with reflections in the development, in the survival, in the embryos sexual determination and in the subsequent development phases. These parameters will be affected by the thermal environment of the

female chosen site of oviposition, as substrate, granulometry and mineralogical composition, humidity, nest depth, temperature and vegetation cover.

2. This research evaluates the effects of the environmental variables in the incubation duration, in the hatching rate and in the sexual determination of the hatchlings of *Podocnemis unifilis* in an area of floodplain of low Amazonas River, Santarém, Pará, Brazil, during 2007 and 2009.

3. The nests were located and the following features measured: day of oviposition, depth to the first egg, nest height, nest distance to the river margin and vegetation, granulometry and percentage of vegetation cover. It was monitored the nests temperatures hourly with data-loggers and of each nest were collected five hatchlings for sex ratio identification.

4. Were monitored 106 and 167 nests of *P. unifilis*, respectively, in 2007 and 2009. The number of hours above 32°C and the number of days after the oviposition initiation influenced the incubation duration. The sediment size and the number of hours above 32°C influenced the hatchlings survivor. The sex ratio had varied along of two years and was influenced by the percentage of vegetation cover. The sex ratio was correlated with the incubation duration.

5. We emphasize the importance of this study in the knowledge mainly the relations between the sex ratio and the incubation duration and of the researches importance along many reproductive cycles in chelonian. The maintenance of the oviposition environments and of the natural sex ratio in *P. unifilis* nests are alternatives of conservation for this study area.

Key-words: Testudines; Podocnemididae; *Podocnemis unifilis*; thermal environment; hatchlings; amazon floodplain; Brazil

Introdução

A seleção de sítios de desova tem sido estudada para várias espécies de répteis, particularmente os quelônios (Caut *et al.* 2006). Segundo Weisrock e Janzen (2000), as características do habitat e do microambiente de desova estão ligadas e têm conseqüências no desenvolvimento dos embriões e filhotes de quelônios. Na maioria das espécies de quelônios, o local selecionado pelas fêmeas para desova influencia a temperatura de incubação dos ovos com reflexos na determinação sexual dos embriões (Mrosovsky 1980) e nas fases posteriores do desenvolvimento (McKnight & Gutzke 1993; Rhen *et al.* 1999), afetando a sobrevivência após a eclosão, a emergência do ninho e a termorregulação dos juvenis e adultos (Rhen *et al.* 1999). O conhecimento sobre a interação entre a ecologia termal dos ninhos naturais e a determinação sexual dos filhotes, bem como o conhecimento da variação da temperatura pivotal, são fundamentais para estudos de seleção de locais de desova (Doody *et al.* 2003). A temperatura pivotal é definida como aquela que resulta em 50% de filhotes de cada sexo, em um ninho ou ninhada (Bull 1980; Mrosovsky *et al.* 1984).

A descoberta da determinação sexual ambiental em quelônios por Yntema (1976) chamou a atenção para as condições em que ocorre a incubação. Como no período pós-desova as fêmeas não protegem seus ninhos, o sucesso reprodutivo e o desenvolvimento embrionário dependem das condições ambientais a que os ovos estão expostos (Bujes & Verrastro 2009). O local da nidificação deve apresentar condições que permitam a incubação dentro de uma faixa de temperatura que assegure a sobrevivência dos filhotes e uma proporção de machos e fêmeas condizente com a manutenção da população (Ferreira Júnior 2009). As condições de incubação variam de acordo com as características do substrato, granulometria e composição mineralógica, umidade, profundidade do ninho, temperatura e cobertura vegetal (Souza & Vogt 1994; Janzen 1994a; Ferreira Júnior & Castro 2003). Assim, vários parâmetros do desenvolvimento futuro dos indivíduos, como a duração de incubação, a razão sexual e a taxa

de eclosão dos ninhos, serão afetados pelo ambiente termal do local de desova escolhido pela fêmea.

A tartaruga de água doce *Podocnemis unifilis*, localmente conhecida como *tracajá*, possui determinação sexual ambiental (Souza e Vogt, 1994). É uma espécie generalista quanto à escolha dos sítios de desova (Pritchard & Trebbau 1984) e utiliza-se de praias e barrancos com as mais distintas composições granulométricas, inclinações, dimensões e composições vegetais associadas (Escalona & Fa 1998; Fachín-Terán & Von Mülhen 2003; Ferreira Júnior & Castro 2003). A espécie tem grande distribuição na Bacia Amazônica, no bioma Amazônico, ocorrendo ainda nos rios da Bacia Tocantins-Araguaia, no bioma Cerrado. Este trabalho avalia o efeito das variáveis ambientais na duração de incubação, na taxa de eclosão e na determinação sexual dos filhotes de *P. unifilis* em uma área de várzea no baixo rio Amazonas, Santarém, estado do Pará, Brasil.

Material e Métodos

ÁREA DE ESTUDO

Os dados foram obtidos no *Taboleiro da Água Preta*, no nordeste do estado do Pará, Brasil, distante 32 km do município de Santarém, e localizado nas margens de um lago de várzea, no baixo rio Amazonas (2° 09' 12.5" S e 54° 37' 51.7" W) (Fig. 1). O *Taboleiro da Água Preta* está inserido em uma área de várzea sob influência da *Comunidade Água Preta*, que tem na pesca sua principal atividade econômica. Os moradores realizam ainda a proteção do *Taboleiro da Água Preta*, no sentido de preservar essa grande área de desova de quelônios para manutenção do estoque desses animais para caça, na época da cheia das águas, para alimentação local. O *taboleiro* é recoberto por uma vegetação gramínea e arbustiva caracterizada principalmente por *Mimosa pigra* (*juquiri*), *Echinochloa pyramidalis* (*canarãna*) e *Paspalum fasciculatum* (*muri*). O ecossistema de várzea consiste em uma área

úmida periodicamente inundada pelo transbordamento dos rios e lagos (Ribeiro, 2007) e que se situa próxima à confluência dos rios Tapajós e Amazonas, cuja maior pluviosidade varia entre os meses de abril a julho e a menor pluviosidade ocorre de outubro a dezembro (dados cedidos pela CPRM-Belém). O nível do rio Amazonas, no *Taboleiro da Água Preta*, oscilou 493 cm (190 a 683cm) em 2007 e 653cm (166 a 819cm) em 2009 (Fig. 2). A vegetação de várzea é composta principalmente por campos, alagados em determinadas estações do ano, embora localmente ocorram áreas de floresta e os solos encontrados nessas áreas são aluviais, ricos em nutrientes e matéria orgânica depositados pelas inundações (Ribeiro 2007). A região de várzea amazônica está sob freqüentes processos de erosão e deposição criando bancos arenosos, destruindo as margens e praias de rios e lagos, gerando fenômenos conhecidos localmente como *terras caídas* e *terras crescidas* (Irion et al. 1997).

COLETA DE DADOS

Foram monitoradas desovas de *P. unifilis* no *Taboleiro da Água Preta* (339.98 ha) nas estações reprodutivas nos anos 2007 e 2009 dentro das áreas de maior concentração de ninhos, ao longo do Canal do Lago da Água Preta. Houve monitoramento em uma área de 25.60 ha em 2007 e de 29.68 ha em 2009.

A área selecionada foi vistoriada diariamente, nas primeiras horas da manhã (entre 5-9h) em busca de ninhos. Estes foram identificados pela característica visual do solo recentemente perturbado. Os ninhos foram marcados com estacas numeradas e anotadas sua data de postura e localização geográfica (com auxílio de um GPS Etrex H - Garmin[®]). As seguintes variáveis foram mensuradas para cada ninho: profundidade inicial do ninho (distância entre a superfície do ninho e o primeiro ovo, em cm), distância do ninho à margem do rio (m), distância do ninho à vegetação (m) e altura do ninho em relação ao nível do canal do Lago da Água Preta (cm), medidas estas tomadas no momento da postura. A análise

granulométrica dos sedimentos foi realizada a partir de amostras de 300g de sedimento coletado da porção lateral dos ninhos monitorados e aplicada à escala granulométrica de Folk/Wentworth (Folk 1974). A porcentagem de cobertura vegetal acima da superfície dos ninhos foi determinada com um esferodensímetro Modelo C (Lemmon 1956). Para mensurar a inclinação da superfície do substrato utilizado pelas fêmeas para desova foi utilizado um clinômetro. As três últimas variáveis foram coletadas somente em 2009.

Durante 2007 e 2009 foi monitorada a temperatura de 40 e 30 ninhos, respectivamente, com *data-loggers* (Onset Corp[®]) programados para registrar a temperatura a cada hora ($\pm 0,1^{\circ}\text{C}$). Os *data-loggers* foram mantidos no centro da câmara de ovos durante cinco dias do período termosensitivo da determinação sexual (segundo terço do período embrionário, de acordo com Bull 1983 e Souza & Vogt 1994), após o 25º dia de incubação dos ovos. Consideramos a duração da incubação estimada em 60 dias (Souza & Vogt 1994). De cada um destes ninhos foram coletados cinco filhotes para verificação do sexo e cálculo da razão sexual (proporção de machos por ninho). Os filhotes foram mortos, fixados (1L de formol a 10%, 4 g de H_3BO_3) e o sexo foi determinado a partir da inspeção das gônadas em estereomicroscópio de acordo com Malvasio *et al.* (2002). As gônadas femininas (ovários) exibiram um formato alongado, com um contorno irregular e com ausência de granulações. As gônadas masculinas (testículos) apresentaram formato mais cilíndrico, quando comparadas às fêmeas, e aspecto opaco com granulação esbranquiçada. Os filhotes foram conservados em álcool 70% e incorporados ao acervo da Coleção Herpetológica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG, Belém - PA) sob a numeração MPEG 787 a 885 e MPEG 891 a 1035.

A duração de incubação, aqui considerada como o período (dias) entre a desova das fêmeas e a eclosão do primeiro filhote (Godfrey *et al.* 1996), foi monitorada para todos os ninhos. Após a abertura dos ninhos foi contabilizado o número de filhotes vivos, embriões mortos, ovos sem desenvolvimento aparente (considerados inférteis) e ovos atrésicos (ovos

cujos embriões morreram antes de completar o desenvolvimento) e determinamos a taxa de eclosão (razão entre o número de filhotes vivos e o número total de ovos depositados).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas foram baseadas em Zar (2008). As médias são apresentadas seguidas do desvio-padrão, acompanhadas do tamanho da amostra e da sua amplitude. Os valores de porcentagem de areia muito fina e cobertura vegetal, taxa de eclosão e razão sexual foram convertidos para a sua raiz do arcoseno antes da realização dos testes. Para comparar as características dos ninhos entre os dois anos de monitoramento foi utilizado o Teste “t” de Student para as variáveis com distribuição normal e o teste de Mann-Whitney para as variáveis que não tiveram distribuição normal. A partir de uma regressão logística múltipla com todas as frações granulométricas envolvidas (teor de seixo, grânulo, areia muito grossa, areia grossa, areia fina, areia muito fina e lama total) como variáveis independentes, evidenciamos que o teor de areia muito fina foi a fração granulométrica que melhor influenciou as variáveis testadas (duração de incubação, sucesso de eclosão e razão sexual), sendo assim selecionada para as análises estatísticas. A influência das características dos ninhos avaliadas (distância ao rio, distância à vegetação, altura, inclinação, porcentagem de cobertura vegetal, profundidade inicial, teor de areia muito fina e número de dias após o início das desovas) sobre a duração de incubação e a taxa de eclosão foram testadas através de regressões lineares múltiplas e as relações destas mesmas variáveis com a razão sexual dos embriões foram testadas através de Correlações de Spearman. Para avaliar a influência do número de horas/grau acima de 32° C (ou a temperatura média de incubação para o ano de 2007) sobre a duração de incubação e a taxa de eclosão foram utilizadas regressões lineares simples, e para a razão sexual dos embriões foi utilizada a Correlação de Spearman. A relação entre a razão sexual e a duração de incubação (variável independente) foi testada através da

Correlação de Spearman. Para avaliar se a temperatura média de incubação dos ninhos diferiu entre os anos de monitoramento foi utilizado o teste de Mann-Whitney.

Resultados

No ano de 2007 foram identificados, marcados e monitorados 106 ninhos de *P. unifilis*. O monitoramento da desova ocorreu de 4 de outubro a 1 de novembro e o período de eclosão dos filhotes ocorreu de 26 de novembro a 28 de dezembro de 2007. Em 2009 foram monitorados 167 ninhos de *P. unifilis*, cujo monitoramento do período de desova ocorreu de 21 de setembro a 20 de outubro e o período de eclosão dos filhotes ocorreu de 12 de novembro a 25 de dezembro de 2009 (Fig. 3). Observou-se que, embora o período de postura tenha apresentado diferenças entre os anos (em 2007 o período de postura iniciou mais tardiamente), as eclosões foram bem mais próximas, evidenciando uma duração de incubação menor no ano de 2007 (Tabela 1).

O tamanho médio da ninhada de *P. unifilis* em 2007 foi $30,31 \pm 6,58$ ovos e em 2009 foi $28,7 \pm 6,53$ ovos. O tamanho da ninhada, a duração da incubação, o número de filhotes vivos, embriões mortos, ovos sem desenvolvimento aparente (considerados inférteis) e o sucesso da eclosão dos ninhos não variaram entre as estações reprodutivas (Tabela 1). Apenas o número de ovos atrésicos (ovos cujos embriões morreram antes de completar o desenvolvimento) variou entre os anos de 2007 e 2009, sendo maior no ano de 2009 (Mann-Whitney, $U = 685$; $p < 0.0001$; Tabela 1).

Dos 30 ninhos com as temperaturas monitoradas no ano de 2009, as temperaturas máximas foram registradas entre 12:00 e 16:00 e as temperaturas mínimas entre 7:30 e 9:30, com variação média diária de $5,42^\circ\text{C}$ ($\pm 2,37$, 1,45-16,59). Destes ninhos, oito não atingiram temperaturas iguais ou acima de 32°C , cuja maioria apresentou razão sexual desviada para

machos (1,0), sendo que apenas um ninho apresentou razão sexual diferenciada (0,8). A temperatura média para os dois anos de monitoramento está mostrada na Tabela 1, sendo verificado que a temperatura média de incubação dos ninhos em 2007 foi significativamente maior que no ano de 2009 (Mann-Whitney, $U = 2$; $p < 0.0001$).

Foi realizada a identificação do sexo em 30 ninhos (28,8% do total) em 2007 e em 46 ninhos (27,54% do total) em 2009. Em 2007 a razão sexual média foi 0.39 com 3,3% (1 ninho) dos ninhos compostos exclusivamente por machos, 16,6% (5 ninhos) exclusivamente por fêmeas e 80% (24 ninhos) com filhotes de ambos os sexos. Em 2009 encontramos um resultado diverso: razão sexual altamente desviada para machos (0,90), com 71,73% (33 ninhos) dos ninhos compostos exclusivamente por machos, 28,26% (13 ninhos) com filhotes de ambos os sexos e nenhum ninho composto exclusivamente por fêmeas, evidenciando uma razão sexual mais desviada para machos em 2009 que em 2007 (Teste t, $t = -10.3763$; $p < 0.0001$; Tabela 1).

A duração de incubação em 2007 não foi afetada pelas variáveis consideradas (Tabela 2). Das variáveis analisadas em 2009, somente o número de dias após o início das desovas (Tabela 2; Fig. 4a) e o número de horas/grau acima de 32°C afetaram negativamente na duração de incubação em 2009 (Regressão Simples, $F = 4.9622$; $N = 30$; $GL = 1$; $p = 0.0322$; Fig. 4b). Portanto, os ninhos do início da temporada reprodutiva apresentaram uma duração da incubação menor que aqueles ninhos do final da desova, e ninhos com maior número de horas/grau acima de 32°C durante o período termosensitivo mostraram uma menor duração da incubação.

O sucesso da eclosão não foi influenciado pela distância do ninho ao rio e à vegetação, pela altura em relação ao nível do rio, pela inclinação da praia, pela porcentagem de cobertura vegetal, pela profundidade inicial do ninho e pelo número de dias após o início das desovas em 2007 e em 2009 (Tabela 3), assim como pela temperatura média no ano de 2007

(Regressão Simples, $F = 1.1858$; $N = 29$; $p = 0.2857$). Em 2009 a porcentagem de areia muito fina se correlacionou positivamente com a taxa de eclosão (Tabela 3; Fig. 5a), enquanto o número de horas/grau acima de 32°C afetou negativamente esta variável (Regressão Simples, $F = 4.4119$; $N = 30$; $GL = 1$; $p = 0.0424$; Fig. 5b). Portanto, ninhos com sedimentos mais finos mostraram uma maior taxa de eclosão e ninhos com maior número de horas/grau acima de 32°C durante o período termosensitivo apresentaram menor taxa de eclosão.

No ano de 2007, nenhuma das variáveis afetou a razão sexual dos ninhos de *P. unifilis* (Tabela 4). Em 2009 somente a porcentagem de cobertura vegetal influenciou positivamente a razão sexual dos ninhos de *P. unifilis* (Tabela 4; Fig. 6), com ninhos com maiores porcentagens de cobertura vegetal apresentando maiores proporções de filhotes do sexo masculino por ninho. Nenhuma das outras variáveis analisadas em 2009 exerceu influência sob a razão sexual (Tabela 4).

A duração de incubação não esteve correlacionada com a razão sexual em 2007 (Correlação de Spearman, $r_s = 0.0501$; $N = 28$; $p = 0.7999$). Já em 2009, a duração de incubação esteve correlacionada com a razão sexual (Correlação de Spearman, $r_s = 0.3203$; $N = 45$; $p = 0.0319$; Fig. 7). Ninhos com maior proporção de filhotes machos levaram mais tempo para eclodir comparados àqueles constituídos basicamente por fêmeas.

Discussão

A duração da incubação de *P. unifilis* no *Taboleiro da Água Preta* nos dois anos de monitoramento foi inferior à duração registrada na Amazônia Colombiana (Páez & Bock 1998), no rio Javaés, no estado do Tocantins, Brasil (Ferreira Júnior & Castro 2010), no rio Capanaparo, Venezuela (Thorbjarnarson *et al.* 1993) e no rio Guaporé, no estado de Rondônia, Brasil (Soares 1996). Esta diferença de resultados pode ter sido atribuída à maior

temperatura experimentada pelos ninhos do presente estudo no baixo Amazonas. A posição mais equatorial da área de desova e as características ambientais do *Taboleiro da Água Preta*, marcadas por sedimentos arenosos e áreas abertas e ensolaradas podem ter sido responsáveis por um desenvolvimento embrionário mais acelerado e uma menor duração da incubação. Entretanto, devemos também considerar que estamos comparando anos diferentes. Na região estudada, a razão sexual variou entre os anos e 2007 foi um ano sensivelmente mais quente quando comparado a 2009, com reflexos significativos nos parâmetros considerados.

Ninhos do final da temporada reprodutiva tiveram a duração da incubação maior que aqueles ninhos do início da desova, e ninhos com menor número de horas acima de 32°C durante o período termosensitivo mostraram uma maior duração da incubação. Este resultado indica que os ninhos mais tardios de 2009 estavam sob ação do início período chuvoso, evidenciado também pela maior elevação do nível do rio ao longo dos meses de reprodução (ver. Figura 2), o que pode ter acarretado diminuição na taxa do desenvolvimento embrionário nestes ninhos depositados mais tardiamente. Alguns estudos apresentam relação inversa: *P. expansa* no estado de Goiás, Brasil (Ferreira Júnior & Castro 2003), *C. caretta* no estado do Espírito Santo, Brasil (Ferreira Júnior *et al.* 2008) e *C. caretta* na Flórida, nos EUA (Mrosovsky & Provanha 1989). Estes autores justificam esta relação pelo fato das covas do final da temporada reprodutiva estarem submetidas a uma maior taxa de insolação e a dias mais longos devido à aproximação do verão, ao contrário do que acontece na região amazônica. Outros estudos apontam a temperatura como a principal característica ambiental direta a influenciar a duração de incubação, como os realizados com *Emydura signata* em Queensland, continente australiano (Booth 1998), *Eretmochelys imbricata* no estado da Bahia, Brasil (Godfrey *et al.* 1999) e *Caretta caretta* na República do Cyprus, no Mediterrâneo oriental (Godley *et al.* 2001).

Espécies que desovam em locais mais abertos (praias), como *P. expansa*, apresentam uma temperatura de incubação mais elevada e, conseqüentemente, menor duração de incubação (Pritchard & Trebbau 1984; Ferreira Júnior & Castro 2003). Gutzke & Packard (1987), em experimentos com temperatura controlada, mostraram que a 31 °C a duração da incubação de *E. blandingii* é de 49 dias e a 26°C a duração de incubação é de 63 dias. O resultado do número de horas/grau acima de 32°C ter influenciado negativamente a duração de incubação corrobora com a literatura, pois quanto maior a temperatura, mais acelerado é o desenvolvimento dos embriões, e assim a duração de incubação é menor (Yntema 1976; Yntema 1979; Broderick *et al.* 2000; Godley *et al.* 2002). Portanto, a relação destas variáveis sobre a duração da incubação reforça a importância do meio ambiente no desenvolvimento dos embriões de *P. unifilis* nesta área de várzea.

Nossos resultados apontam o tamanho do sedimento e o número de horas/grau acima de 32°C como as principais características ambientais a influenciar a sobrevivência dos filhotes de *P. unifilis*. Ninhos localizados em sedimentos finos permitem uma menor condutividade térmica e menores temperaturas (Souza & Vogt 1994; Ferreira Júnior & Castro 2006), evitando temperaturas muito altas que seriam letais aos embriões. A data da desova, o substrato onde se encontra o ninho, a profundidade da câmara de ovos e a posição dos ovos dentro do ninho são fatores que afetam o sucesso reprodutivo de *P. expansa* (Valenzuela *et al.* 1997). O sucesso de eclosão em *P. expansa* (Ferreira Júnior & Castro 2010), *Chelonia mydas* (Mortimer 1990) e *P. unifilis* (Souza & Vogt 1994; Fachín-Terán & Von Mühlhen 2003) é maior em ninhos com sedimentos mais finos, assim como os resultados encontrados para *P. unifilis* neste estudo. A temperatura e o tipo de solo do ninho influenciam a sobrevivência do embrião, podendo ocorrer um aumento da mortalidade também em solos muito secos, mostrando assim que existem temperaturas e ambientes ótimos para sobrevivência do embrião (Congdon & Gibbons 1990; Packard *et al.* 1991). Ninhos com maior número de horas/grau

acima de 32°C durante a incubação apresentaram menor taxa de eclosão, resultado semelhante ao encontrado por Godley *et al.* (2001) para *Caretta caretta*, em que o sucesso da eclosão foi menor a altas temperaturas. A temperatura de incubação para os filhotes de *Pelodiscus sinensis* apresenta dois limites letais: abaixo de 23°C e acima de 34°C, evidenciando que em temperaturas baixas e altas a taxa de eclosão é menor (Du & Ji 2003).

A razão sexual de *P. unifilis* foi correlacionada com a duração de incubação, indicando que ninhos com filhotes machos levaram mais tempo para eclodirem que aqueles constituídos basicamente por fêmeas, assim como foi apontado para *Caretta caretta* (Marcovaldi *et al.* 1997; Godley *et al.* 2001; Mrosovsky *et al.* 2009), *Chelonia mydas* (Godley *et al.* 2002; Reece *et al.* 2002) e *Eretmochelys imbricata* (Godfrey *et al.* 1999). Mrosovsky *et al.* (1999) mostraram que a duração de incubação pode ser usada na predição da razão sexual para grupos de ninhos da espécie *C. caretta*. Mrosovsky & Yntema (1980) encontraram que a diminuição de 1°C na temperatura aumentou em cinco dias a duração da incubação com alterações significativas na razão sexual para a mesma espécie. A aplicação da duração como uma ferramenta para a predição da razão sexual em *P. unifilis* mostra-se promissora, sendo necessários, entretanto, estudos em outras áreas e estações reprodutivas a fim de se estabelecer as relações entre as oscilações da temperatura e o desenvolvimento embrionário (Georges *et al.* 1994; Georges *et al.* 2004). Também seria recomendável a realização de estudos de laboratório com populações de locais diferentes, para avaliar se existem variações interpopulacionais na temperatura pivotal.

A razão sexual em filhotes de quelônios pode variar entre anos (Janzen 1994b; Godfrey *et al.* 1996) e não implica necessariamente em um problema devido ao longo período reprodutivo dos quelônios (Janzen & Paukstis 1991). Esta variação foi registrada também para *P. unifilis* no Reservatório da Hidroelétrica de Tucuruí, Pará (Félix-Silva 2009). No presente estudo, o ano de 2007 apresentou temperaturas mais elevadas se comparado ao ano

de 2009, o que pode ter resultado em uma razão sexual desviada para ninhos mistos em 2007 e para machos em 2009.

Além da temperatura, a cobertura vegetal tem grande influência na razão sexual dos ninhos (Vogt & Bull 1984), sendo que o sombreamento artificial de ninhos de quelônios pode provocar a masculinização dos filhotes (Alho *et al.* 1984). Ninhos de *Graptemys ouachitensis* e *G. pseudogeographica* localizados em áreas abertas sem cobertura herbácea produziram basicamente fêmeas, ao passo que os ninhos situados em moitas de vegetação baixa e densa produziram mais machos (Vogt & Flores-Villela 1986). Para *Chrysemys picta* (Janzen 1994a) e *Caretta caretta* (Foley *et al.* 2000) esta relação se repete: ninhos expostos ao sol apresentaram uma razão sexual desviada para fêmeas, e em ninhos com maior cobertura vegetal a razão sexual foi desviada para machos. Ninhos de *C. mydas* situados em áreas vegetadas têm menor temperatura de incubação (Standora & Spotila 1985), produzindo 7,4% de fêmeas, e posturas situadas em locais sem vegetação apresentam 83,5% de fêmeas (Spotila *et al.* 1987). Ninhos localizados em áreas sem cobertura vegetal têm o desenvolvimento embrionário mais rápido, pois este é mais acelerado pelo fato dos ovos serem submetidos a maiores temperaturas (Escalona & Fa 1998). Os nossos resultados corroboram os estudos anteriores, sendo verificada uma razão sexual desviada para machos nos ninhos de *P. unifilis* com maior cobertura vegetal.

Em ninhos naturais, onde a temperatura é variável durante o dia e ao longo do período de incubação, a temperatura média diária da incubação não é uma boa variável preditiva da razão sexual dos filhotes (Georges *et al.* 1994; Godfrey *et al.* 1997; Weisrock & Janzen 2000). Vários autores relatam ausência de correlação entre a temperatura média de incubação e a razão sexual das espécies *Emys orbicularis* (Pieau 1982), *P. expansa* (Valenzuela *et al.* 1997; Malvasio 2001) e *P. unifilis* (Souza & Vogt 1994). Ninhos de *Emys orbicularis* apesar de incubados a maior parte do tempo a temperaturas menores de 28,5°C (que induzem a

formação de machos) produziram filhotes do sexo feminino (Pieau 1982). Esta discussão foi levantada por Schwarzkopf & Brooks (1985) em estudo com *Chrysemys picta* onde se registrou que a razão sexual está associada ao número de horas acima e abaixo da temperatura crítica durante todo o período de incubação e não à temperatura média. Modelos alternativos que incorporam a duração de incubação (Marcovaldi *et al.* 1997; Godfrey *et al.* 1999; Godley *et al.* 2001; Mrosovsky *et al.* 2009), a temperatura pivotal (Godfrey *et al.* 1999; Godfrey & Mrosovsky 2006), a duração pivotal da incubação (Mrosovsky 1988; Godfrey *et al.* 1996; Wibbels *et al.* 1998; Godfrey *et al.* 1999), o calor metabólico gerado na incubação dos ovos (Godfrey *et al.* 1997), a média e a variância da temperatura do ninho (Bull 1985; Souza & Vogt 1994), o número de horas/grau acumuladas iguais ou superiores à temperatura pivotal (Pieau 1982; Wilhoft *et al.* 1983; Bull 1985; Schwarzkopf & Brooks 1985; Mrosovsky & Provancha 1992; Souza & Vogt 1994; Georges *et al.* 1994), ou modelos de oscilação da temperatura (Georges 1989; Georges *et al.* 1994; Georges *et al.* 2004) podem ser aplicados para uma melhor predição da razão sexual de filhotes. Para o presente estudo, o número de horas/grau acima da temperatura de 32°C (temperatura pivotal para *P. unifilis* de acordo com Souza & Vogt 1994) influenciou apenas a duração de incubação, não tendo influência significativa sobre a razão sexual. Entretanto, no ano considerado (2009), a razão sexual foi desviada para machos, com pouca variação entre ninhos.

Enfatizamos a necessidade de estratégias de conservação que garantam a proteção dos ambientes de desova e da manutenção da razão sexual natural de ninhos de *P. unifilis* neste *taboleiro* na várzea amazônica. A estratégia sugerida por Vogt (1994) de manipular a razão sexual com objetivo de aumentar o número de fêmeas reprodutivas é utilizada em algumas localidades, mas merece cautela, pois não se conhece bem os efeitos da incubação a temperaturas muito elevadas na biologia dos quelônios. Caso seja necessária, a transferência de covas sujeitas a extremos hídricos e termais deve priorizar locais dentro do próprio

taboleiro com microambientes semelhantes (Girondot *et al.* 1998). A transferência de covas para berçários artificiais deve ser realizada somente após estudos envolvendo a determinação da temperatura pivotal, como sugerido por Morreale *et al.* (1982) e Spotila & Standora (1986). Além destes aspectos, vale ressaltar que pode ser uma estratégia perigosa alterar a razão sexual em favor das fêmeas nas populações de quelônios desta área. As espécies da família Podocnemididae apresentam estocagem de esperma, múltipla paternidade e também comportamento poliândrico (Valenzuela 2000; Pearse *et al.* 2006; Fantin *et al.* 2008; Fantin *et al.* 2010). Os benefícios diretos destes mecanismos asseguram a fertilização caso a quantidade de esperma de um macho seja insuficiente para fecundar todos os ovos, e ainda maximizam o *fitness* dos filhotes e os benefícios indiretos visam à manutenção do tamanho populacional, já que um número limitado de machos acasalando com um grande número de fêmeas pode levar ao declínio genético no tamanho efetivo da população (Reichard *et al.* 2007; Fantin *et al.* 2008). Alterar a razão sexual das ninhadas pode ter conseqüências indesejáveis, portanto, do ponto de vista da variabilidade genética. Desta maneira, sem estudos prévios direcionados, utilizando outros métodos alternativos de predição da razão sexual natural, a razão sexual produzida a partir da manipulação das ninhadas pode ser diferente da obtida na natureza, comprometendo a estrutura da populacional e genética de *P. unifilis* nesta área de várzea do baixo rio Amazonas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) pelo suporte financeiro e ao Instituto de Pesquisas Ambientais da Amazônia (IPAM) pelo suporte logístico durante o projeto. Marina T. Pignati agradece Priscila S. Miorando e Renata C. Vieira e os moradores da comunidade Água Preta pela ajuda no trabalho de campo e Cristiane Costa pelo auxílio na sexagem de filhotes. Os filhotes foram

coletados de acordo com a Licença de Coleta nº 10441-1. Este artigo é parte da dissertação de mestrado em Zoologia de Marina T. Pignati, que agradece à Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) pelo suporte logístico e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa (133325/2009-1).

Referências

- Alho, C.J.R., Danni, T.M.S. & Pádua, L.F.M. (1984) Influência da temperatura de incubação na determinação do sexo da tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*, *Testudinata: Pelomedusidae*). *Revista Brasileira de Biologia*, 44, 305-311.
- Booth, D.T. (1998) Effects of incubation temperature on the energetic of embryonic development and hatchling morphology in the Brisbane river turtle *Emydura signata*. *Journal of Comparative Physiology B-biochemical Systemic And Environmental Physiology*, 168, 399-404.
- Bujes, C.S., Verrastro, L. (2009) Nest temperature, incubation time, hatching, and emergence in the hilaire's side-necked turtle (*Phrynops hilarii*). *Herpetological Conservation and Biology*, 4, 306-312.
- Bull, J.J. (1980) Sex determination in reptiles. *Quarterly Review of Biology*, 55, 3-21.
- Bull, J.J. (1983) *Evolution of sex determining mechanisms*. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California, USA.
- Bull, J.J. (1985) Sex ratio and nest temperature in turtles comparing field and laboratory data. *Ecology*, 66, 1115-1122.

- Broderick, A.C., Godley, B.J., Reece, S. & Downie, J.R. (2000) Incubation periods and sex ratios of green turtles: highly female biased hatchling production in the eastern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 202, 273-281.
- Caut, S., Guirlet, E., Jouquet, P. & Girondot, M. (2006) Influence of nest location and yolkless eggs on the hatching success of leatherback turtle clutches in French Guiana. *Canadian Journal of Zoology*, 84, 908-915.
- Congdon, J.D. & Gibbons, J.W. (1990) Turtles Eggs: Their Ecology and Evolution. *Life history and ecology of slider turtle* (ed J.W. Gibbons), pp. 109-123. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Doody, J.S., Georges, A. & Young, J.E. (2003) Twice every second year: reproduction in the pig-nosed turtle, *Carettochelys insculpta*, in the wet-dry tropics of Australia. *Journal of Zoology*, 259, 179-188.
- Du, W.G. & Ji, X. (2003) The effects of incubation thermal environments on size, locomotor performance and early growth of hatchling soft-shelled turtles, *Pelodiscus sinensis*. *Journal of Thermal Biology*, 28, 279-286.
- Escalona, T. & Fa, J.E. (1998) Survival of nests of the terecay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare – Tawadu Rivers, Venezuela. *Journal of Zoology*, 244, 303-312.
- Fachín-Terán, A. & Von Mülhen, M. (2003) Reproducción de la taricaya *Podocnemis unifilis* Troschel 1848 (Testudines: Podocnemididae) en la várzea del medio Solimões, Amazonas, Brasil. *Ecologia Aplicada*, 2, 125-132.

- Fantin, C., Viana, L.S., Monjeló, L.A.S. & Farias, I.P. (2008) Polyandry in *Podocnemis unifilis* (Pleurodira; Podocnemididae), the vulnerable yellow-spotted Amazon River turtle. *Amphibia-Reptilia*, 29, 479-486.
- Fantin, C., Farias, I.P., Monjeló, L.A.S. & Hrbek, T. (2010) Polyandry in the red-headed river turtle *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemididae) in the Brazilian Amazon. *Genetics and Molecular Research*, 9, 435-440.
- Félix-Silva, D. (2009) *Ecologia e Conservação de Podocnemis unifilis Troschel 1848 (Testudines, Podocnemididae) no Reservatório da UHE Tucuruí, Pará-Brasil*. PhD thesis, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Ferreira Júnior, P.D. (2009) Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas. *Acta Amazônica*, 39, 139-154.
- Ferreira Júnior, P.D. & Castro, P.T.A. (2003) Geological control of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas in Rio Javaés, Bananal Island, Brazil. *Acta Amazônica*, 33, 445-468.
- Ferreira Júnior, P.D. & Castro, P.T.A. (2006) Thermal environment characteristics of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas on the Javaés River, Tocantins, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, 5, 102-107.
- Ferreira Júnior, P.D. & Castro, P.T.A. (2010) Nesting ecology of *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Podocnemididae) in the Javaés River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70, 85-94.
- Ferreira Júnior, P.D., Rosa, M.F., De Lorenzo, M., Monteiro, M.F. & Azevedo Júnior, R. (2008) Influência das características geológicas do local de desova na duração da

- incubação e no sucesso da eclosão dos ovos de *Caretta caretta* na praia da Guanabara, Anchieta, Espírito Santo. *Iheringia Série Zoologia*, 98, 447-453.
- Foley, M.A., Peck, A.S., Harman, R.G. & Richardson, L.W. (2000) Loggerhead turtle (*Caretta caretta*) nesting habitat on low-relief mangrove island in southwest Florida and consequences to hatchling sex ratios. *Herpetologica*, 56, 433-445.
- Folk, R.L. (1974) *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publication Company, Austin, Texas, E.U.A.
- Georges, A. (1989) Female turtles from hot nests: is it duration of incubation or proportion of development at high temperatures that matters? *Oecologia*, 81, 323-329.
- Georges, A., Limpus, C. & Stoutjesdijk, R. (1994) Hatchling sex in the marine turtle *Caretta caretta* is determined by proportion of development at a temperature, not daily duration of exposure. *Journal of Experimental Zoology*, 270, 432-444.
- Georges, A., Doody, S., Beggs, K. & Young, J. (2004) Thermal models of TSD under laboratory and field conditions. *Temperature-Dependent Sex Determination in Vertebrates* (eds N. Valenzuela & V.A. Lance), pp. 79-89. Smithsonian Books, Washington.
- Girondot, M., Fouillet, H. & Pieau, C. (1998) Feminizing turtle embryos as a conservation tool. *Conservation Biology*, 12, 353-362.
- Godfrey, M.H. & Mrosovsky, N. (2006) Pivotal temperature for green sea turtles, *Chelonia mydas*, nesting in Suriname. *Herpetological Journal*, 16, 55-61.
- Godfrey, M.H., Barreto, R. & Mrosovsky, N. (1996) Estimating past and present sex ratios of sea turtles in Suriname. *Canadian Journal of Zoology* 74, 267-277.

- Godfrey, M.H., Barretto, R. & Mrosovsky, N. (1997) Metabolically generated heat of developing eggs and its potential effect on sex ratio of sea turtle hatchlings. *Journal of Herpetology*, 31, 616-619.
- Godfrey, M.H., D'Amato, A.F., Marcovaldi, M.Â. & Mrosovsky, N. (1999). Pivotal temperature and predicted sex ratios for hatchling hawksbill turtles from Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 74, 1465-1473.
- Godley, B.J., Broderick, A.C. & Mrosovsky, N. (2001) Estimating hatchling sex ratios of loggerhead turtles in Cyprus from incubation durations. *Marine Ecology Progress Series*, 210, 195-201.
- Godley, B.J., Broderick, A.C., Glen, F. & Hays, G.C. (2002) Temperature-dependent sex determination of Ascension Island green turtles. *Marine Ecology Progress Series*, 226, 115-124.
- Gutzke, W.H.N. & Packard, G.C. (1987) The influence of temperature on eggs and hatchling of blanding's turtles, *Emydoidea blandingii*. *Journal of Herpetology*, 21, 161-163.
- Irion, G., Junk, W.J. & Mello, J.A.S.N. (1997) The large Central Amazonian River floodplains near Manaus: Geological, climatological, hydrological and geomorphological aspects. *The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System* (ed W.J. Junk), pp. 23-46. Springer, Berlin.
- Janzen, F.J. (1994a) Vegetational cover predicts the sex ratio of hatchling turtles in natural nests. *Ecology*, 75, 593-1599.
- Janzen, F.J. (1994b) Climate change and temperature-dependent sex determination in reptiles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91, 7487-7490.

- Janzen, F.J. & Paukstis, G.L. (1991) Environmental sex determination in reptiles: ecology, evolution, and experimental design. *The Quarterly Review of Biology*, 66, 149-179.
- Lemmon, P.E. (1956) A Spherical densiometer for estimating forest overstory density. *Forest Science*, 2, 314-320.
- Malvasio, A. (2001) Aspectos do mecanismo alimentar e da biologia reprodutiva em *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), *P. unifilis* (Troschel, 1848) e *P. sextuberculata* (Cornalia, 1849). PhD thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Malvasio, A., Souza, A.M., Reis, E.S. & Farias, E.C. (2002) Morfologia dos órgãos reprodutores de recém-eclodidos de *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) e *P. unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Pelomedusidae). *Publicações Avulsas do Instituto Pau Brasil de História Natural*, 5, 27-37.
- Marcovaldi, M.Â., Godfrey, M.H. & Mrosovsky, N. (1997) Estimating sex ratios of loggerhead turtles in Brazil from pivotal incubation durations. *Canadian Journal of Zoology*, 75, 755-770.
- McKnight, C.M. & Gutzke, W.H.N. (1993) Effects of the embryonic environment and of hatchling housing conditions on growth of Young snapping turtles (*Chelydra serpentina*). *Copeia*, 2, 475-482.
- Morreale, S.J, Ruiz, G.J., Spotila, J.R. & Standora, E.A. (1982) Temperature-dependent sex determination: current practices threaten conservation of sea turtles. *Science*, 216, 1245-1247.
- Mortimer, J.A. (1990) The influence of beach sand characteristics on the nesting behavior and clutch survival of green turtles (*Chelonia mydas*). *Copeia*, 1990, 802-817.

- Mrosovsky, N. (1980) Thermal biology of sea turtle. *American Zoologist*, 20, 531-547.
- Mrosovsky, N. (1988) Pivotal temperatures for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from northern and southern nesting beaches. *Canadian Journal of Zoology*, 66, 661-669.
- Mrosovsky, N. & Provancha, J. (1989) Sex ratio of loggerhead sea turtles hatching on a Florida beach. *Canadian Journal of Zoology*, 67, 2533-2539.
- Mrosovsky, N. & Provancha, J. (1992) Sex ratio of hatchling loggerhead sea turtles: data and estimates from a 5-year study. *Canadian Journal of Zoology*, 70, 530-538.
- Mrosovsky, N. & Yntema, C.L. (1980) Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. *Biological Conservation*, 18, 271-280.
- Mrosovsky, N., Baptistotte, C. & Godfrey, M.H. (1999) Validation of incubation duration as an index of the sex ratio of hatchling sea turtles. *Canadian Journal of Zoology*, 77, 831-835.
- Mrosovsky, N., Dutton, P.H. & Whitmore, C.P. (1984) Sex ratio of two species of sea turtle nesting in Suriname. *Canadian Journal of Zoology*, 62, 2227-2239.
- Mrosovsky, N., Kamel, S.J., Diez, C.E. & van Dam, R.P. (2009) Methods of estimating natural sex ratios of sea turtles from incubation temperatures and laboratory data. *Endangered Species Research*, 8, 147-155.
- Packard, G.C., Packard, M.J. & Benigan, L. (1991) Sexual differentiation, growth, and hatching success by embryonic painted turtles incubated in wet and dry environments at fluctuating temperatures. *Herpetologica*, 47, 125-132.

- Páez, V.P. & Bock, B.C. (1998) Temperature effect on incubation period in the yellow-spotted river turtle, *Podocnemis unifilis*, in the Colombian Amazon. *Chelonian Conservation and Biology*, 3, 31-36.
- Pearse, D.E., Dastrup, R.B., Hernandez, O. & Sites Jr, J.W. (2006) Paternity in an Orinoco Population of Endangered Arrau River Turtles, *Podocnemis expansa* (Pleurodira; Podocnemididae), from Venezuela. *Chelonian Conservation and Biology*, 5, 232-238.
- Pieau, C. (1982) Modalities of the action of temperature on sexual differentiation in field developing embryos of the European pond turtle *Emys orbicularis* (Emydidae). *The Journal of Experimental Zoology*, 220, 353-360.
- Pritchard, P.C.H. & Trebbau, P. (1984) *The Turtles of Venezuela*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Oxford, Ohio, USA.
- Reece, S.E., Broderick, A.C., Godley B.J. & West, S.A. (2002) Extreme sex ratio of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) sea turtle nest in the Mediterranean and indirect methods for estimating sex ratio. http://westgroup.icapb.ed.ac.uk/SarahR/pdfs/Reece_et_al_02.pdf.
- Reichard, M., Le Comber, S.C. & Smith, C. (2007) Sneaking from a female perspective. *Animal Behaviour*, 74, 679-688.
- Rhen, T., Willingham, E., Sakata, J. & Crews, D. (1999) Incubation temperature influence sex-steroid levels in juvenile red-eared slider turtles, *Trachemys scripta*, a specie with temperature-dependent sex determination. *Biology of Reproduction*, 61, 1275-1280.
- Ribeiro, N.V. (2007) *Atlas da várzea: Amazônia Brasil*. Ibama, Manaus, Amazonas, Brazil.

- Schwarzkopf, L. & Brooks, R.J. (1985) Sex determination in northern painted turtles: effect of incubation at constant and fluctuating temperatures. *Canadian Journal of Zoology*, 63, 2543-2547.
- Soares, M.F.G.S. (1996) Biometria de fêmea de *Podocnemis expansa* (Testudines, Pelomedusidae) em atividade de desova no rio Guaporé, Rondônia, Brasil. *Acta Biológica Leopoldensia*, 2, 93-101.
- Souza, R.R.D. & Vogt, R.C. (1994) Incubation temperature influences sex and hatchling size in the neotropical turtle *Podocnemis unifilis*. *Journal of Herpetology*, 28, 453-464.
- Spotila, J.R. & Standora, E.A. (1986) Sex determination in the desert tortoise: a conservative management strategy is needed. *Herpetologica*, 42, 67-72.
- Spotila, J.R., Standora, E.A., Morreale, S.J. & Ruiz, G. (1987) Temperature dependent sex determination in the green turtle (*Chelonia mydas*): effects on the sex ratio on a natural nesting beach. *Herpetologica*, 43, 74-81.
- Standora, E.A. & Spotila, J.R. (1985) Temperature dependent sex determination in sea turtle. *Copeia*, 1985, 711-722.
- Thompson, M.B. (1988) Influence of incubation temperature and water potential on sex determination in *Emydura macquarii* (Testudines: Pleurodira). *Herpetologica*, 44, 86-90.
- Thorbjarnarson, J.B., Perez, N. & Escalona, T. (1993) Nesting of *Podocnemis unifilis* in the Capanaparo River, Venezuela. *Journal of Herpetology*, 27, 344-347.
- Valenzuela, N. (2000) Multiple paternity in side-neck turtles *Podocnemis expansa*: evidence from microsatellite DNA data. *Molecular Ecology*, 9, 99-105.

- Valenzuela, N., Botero, R. & Martinez, E. (1997) Field study of sex determination in *Podocnemis expansa* from colombian amazonia. *Herpetologica*, 53, 390-398.
- Vogt, R.C. (1994) Temperature controlled sex determination as a tool for turtle conservation. *Chelonian Conservation and Biology*, 1, 159-162.
- Vogt, R.C. & Bull, J. (1984) Ecology of hatchling sex ratio in map turtle. *Ecology*, 65, 582-587.
- Vogt, R.C. & Flores-Villela, O.A. (1986) Determinación del sexo em tortugas por la temperatura de incubación de los huevos. *Ciencia*, 37, 21-32.
- Weisrock, D.W. & Janzen, F.J. (2000) Thermal and fitness-related consequences of nest location in Painted Turtles (*Chrysemys picta*). *Functional Ecology*, 13, 94-101.
- Wibbels, T., Rostal, D. & Byles, R. (1998) High pivotal temperature in the sex determination of olive ridley sea turtle, *Lepidochelys olivacea*, from Playa Nancite, Costa Rica. *Copeia*, 4, 1086-1088.
- Wilhoft, D.C., Hotaling, E. & Franks, P. (1983) Effects of temperature on sex determination in embryos of the snapping turtle, *Chelydra serpentina*. *Journal of Herpetology*, 17, 38-42.
- Yntema, C.L. (1976) Effects of incubation temperatures on sexual differentiation in the turtle, *Chelydra serpentina*. *Journal of Morphology*, 150, 453-462.
- Yntema, C.L. (1979) Temperature levels and periods of sex determination during incubation of eggs of *Chelydra serpentina*. *Journal of Morphology*, 159, 17-28.
- Zar, J.H. (2008) Biostatistical Analysis. 5 ed. Prentice-Hall Inc., Prentice Hall, New Jersey, USA.

TABELAS:

Tabela 1: Variáveis referentes aos ninhos de *Podocnemis unifilis* monitorados na várzea do baixo rio Amazonas durante 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil. Médias \pm desvio padrão (tamanho da amostra; amplitude). Resultados das análises estatísticas (Teste “t” de Student / Mann-Whitney) avaliaram as diferenças entre 2007 e 2009. Valores de P significativos em negrito. Legenda: t/U = estatística do teste; P = probabilidade.

Variáveis	2007	2009	t/U	P.
Duração da incubação (dias)	58,9 \pm 3,64 (n=29; 54-66)	60 \pm 5,23 (n=78; 51-74)	955.5	0.2187
Tamanho da ninhada	30,31 \pm 6,58 (n=104; 9-42)	28,7 \pm 6.53 (n=139; 6-48)	1.886	0.0616
Filhotes vivos	21,7 \pm 9,28 (n=48; 1-38)	22,1 \pm 8.6 (n=78; 2-42)	0.9315	0.3534
Embriões mortos	1,5 \pm 0,52 (n=48; 0-2)	1,40 \pm 2,4 (n=78; 0-11)	171	0.0919
Ovos sem desenvolvimento aparente	4,37 \pm 4,39 (n=48; 1-23)	4,04 \pm 3,64 (n=114; 0-17)	1803.5	0.0791
Ovos atrésicos	4,93 \pm 5,04 (n=48; 1-19)	0,94 \pm 2,29 (n=78; 0-15)	685	<0.0001
Sucesso de eclosão (%)	0,67 \pm 0,25 (n=48; 0,02-1)	0,75 \pm 0,21 (n=78; 0,06-1)	-1.0607	0.2909
Temperatura média de incubação (°C)	35,5 \pm 0,82 (n=40; 33,7-37)	30,1 \pm 2,78 (n=30; 23,2-41,9)	2	<0.0001
Razão sexual	0,39 \pm 0,26 (n=30; 0-1)	0,90 \pm 0,10 (n=13; 0,4-1)	-10.3763	<0.0001

Tabela 2: Influência das variáveis ambientais sobre a duração de incubação dos filhotes de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas durante 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil. Valores de P significativos em negrito. (Ninhos em 2007: R múltiplo = 0.882, R múltiplo² = 0.777, R múltiplo² ajustado = 0.726; Ninhos em 2009: R múltiplo = 0.677, R múltiplo² = 0.458, R múltiplo² ajustado = 0.329). Legenda: Coeff. = coeficiente da regressão múltipla; S.D. = erro padrão; t = estatística do teste t; P = probabilidade.

Ano	Variáveis	N	Coeff.	S.D.	t	P.
2007	Constantes	27	60.014	3.324	18.056	0.000
	Distância ao rio		0.013	0.026	0.504	0.619
	Altura em relação à linha d'água		0.026	1.224	0.021	0.984
	Profundidade inicial		-0.116	0.232	-0.499	0.622
	Número de dias após o início das desovas		-0.063	0.103	-0.609	0.548
2009	Constantes	50	54.652	3.307	16.525	0.000
	Distância ao rio		-0.010	0.020	-0.498	0.621
	Distância à vegetação		-0.307	0.349	-0.880	0.384
	Altura em relação à linha d'água		0.615	1.838	0.334	0.740
	Cobertura vegetal (%)		2.247	2.511	0.895	0.376
	Areia muito fina (%)		0.350	2.680	0.130	0.897
	Número de dias após o início das desovas		0.258	0.120	2.145	0.038

Tabela 3: Influência das variáveis ambientais sobre a taxa de eclosão dos filhotes de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas durante 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil. Valores de P significativos em negrito. (Ninhos em 2007: R múltiplo = 0.338, R múltiplo² = 0.114, R múltiplo² ajustado = 0.030; Ninhos em 2009: R múltiplo = 0.449, R múltiplo² = 0.202, R múltiplo² ajustado = 0.046). Legenda: Coeff. = coeficiente da regressão múltipla; S.D. = erro padrão; t = estatística do teste t; P = probabilidade.

Ano	Variáveis	N	Coeff.	S.D.	t	P.
2007	Constantes	47	1.12	0.274	4.087	0.000
	Distância ao rio		1.118	0.002	-1.096	0.28
	Altura em relação à linha d'água		-0.081	0.09	-0.901	0.373
	Profundidade inicial		-0.025	0.019	-1.285	0.206
	Número de dias após o início das desovas		0.007	0.008	0.873	0.388
2009	Constantes	50	0.538	0.228	2.363	0.023
	Distância ao rio		-0.001	0.002	-0.685	0.497
	Distância à vegetação		0.015	0.023	0.666	0.509
	Altura em relação à linha d'água		0.103	0.122	0.849	0.401
	Inclinação		0.007	0.008	0.834	0.409
	Cobertura vegetal (%)		0.142	0.165	0.856	0.397
	Profundidade inicial		-0.006	0.019	-0.347	0.730
	Areia muito fina (%)		0.474	0.181	2.623	0.012
	Número de dias após o início das desovas		0.000	0.009	0.048	0.962

Tabela 4: Influência das variáveis ambientais sobre a razão sexual dos filhotes de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas durante 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil. Valores de P significativos em negrito. Legenda: r_s = coeficiente de Spearman; P = probabilidade.

Ano	Variáveis	N	r_s	P.
2007	Temperatura média	21	-0.1473	0.5241
	Distância ao rio	30	0.1003	0.5981
	Altura em relação à linha d'água		-0.0274	0.8856
	Profundidade inicial		0.0854	0.6536
	Número de dias após o início das desovas		-0.2389	0.2035
2009	Número de horas/grau acima de 32°C	30	-0.2138	0.2565
	Distância ao rio	45	-0.0348	0.8203
	Distância à vegetação		-0.0289	0.8503
	Altura em relação à linha d'água		0.1355	0.3749
	Inclinação		0.0409	0.7895
	Profundidade inicial		0.1282	0.4011
	Cobertura vegetal (%)		0.3115	0.0371
	Areia muito fina (%)		0.0929	0.544
	Número de dias após o início das desovas		0.1066	0.4858

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1. Área de estudo, na várzea do baixo rio Amazonas, município de Santarém, Pará, Brasil, evidenciando a área monitorada (em laranja) 86
- Fig. 2. Cota média mensal do nível do rio Amazonas (cm) durante 2007 e 2009. Dados obtidos na Estação de coleta do município de Santarém. Fonte: CPRM – Belém/PA 87
- Fig. 3. Número de ninhos de *Podocnemis unifilis* depositados e eclodidos na várzea do baixo rio Amazonas durante 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil 87
- Fig. 4. Relação entre as variáveis ambientais e a duração de incubação (dias) de ninhos de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas, durante 2009, Santarém, Pará, Brasil: 4a) número de dias após o início da desova (Regressão múltipla, R múltiplo² ajustado = 0.329; $t = 2.145$; $N = 50$; $p = 0.038$); 4b) número de horas/grau superior a 32° C (Regressão Simples, $F = 4.9622$; $N = 30$; $GL = 1$; $p = 0.0322$) 88
- Fig. 5. Relação entre as variáveis ambientais e a taxa de eclosão (arcoseno) de ninhos de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas, durante 2009, Santarém, Pará, Brasil: 5a) porcentagem de areia muito fina (arcoseno) (Regressão múltipla, R múltiplo² ajustado = 0.046; $t = 2.623$; $N = 50$; $p = 0.012$); 5b) número de horas/grau acima de 32° C (Regressão Simples, $F = 4.4119$; $N = 30$; $GL = 1$; $p = 0.0424$) 89

Fig. 6.	Relação entre a porcentagem de cobertura vegetal (arcoseno) e a razão sexual (arcoseno) de ninhos de <i>Podocnemis unifilis</i> na várzea do baixo rio Amazonas, durante 2009, Santarém, Pará, Brasil (Correlação de Spearman, $r_s = 0.3115$; $N = 45$; $p = 0.0371$)	90
Fig. 7.	Relação entre a duração de incubação (dias) e a razão sexual (arcoseno) de ninhos de <i>Podocnemis unifilis</i> na várzea do baixo rio Amazonas, durante 2009, Santarém, Pará, Brasil (Correlação de Spearman, $r_s = 0.343$; $N = 45$; $p = 0.021$)	91

FIGURAS:

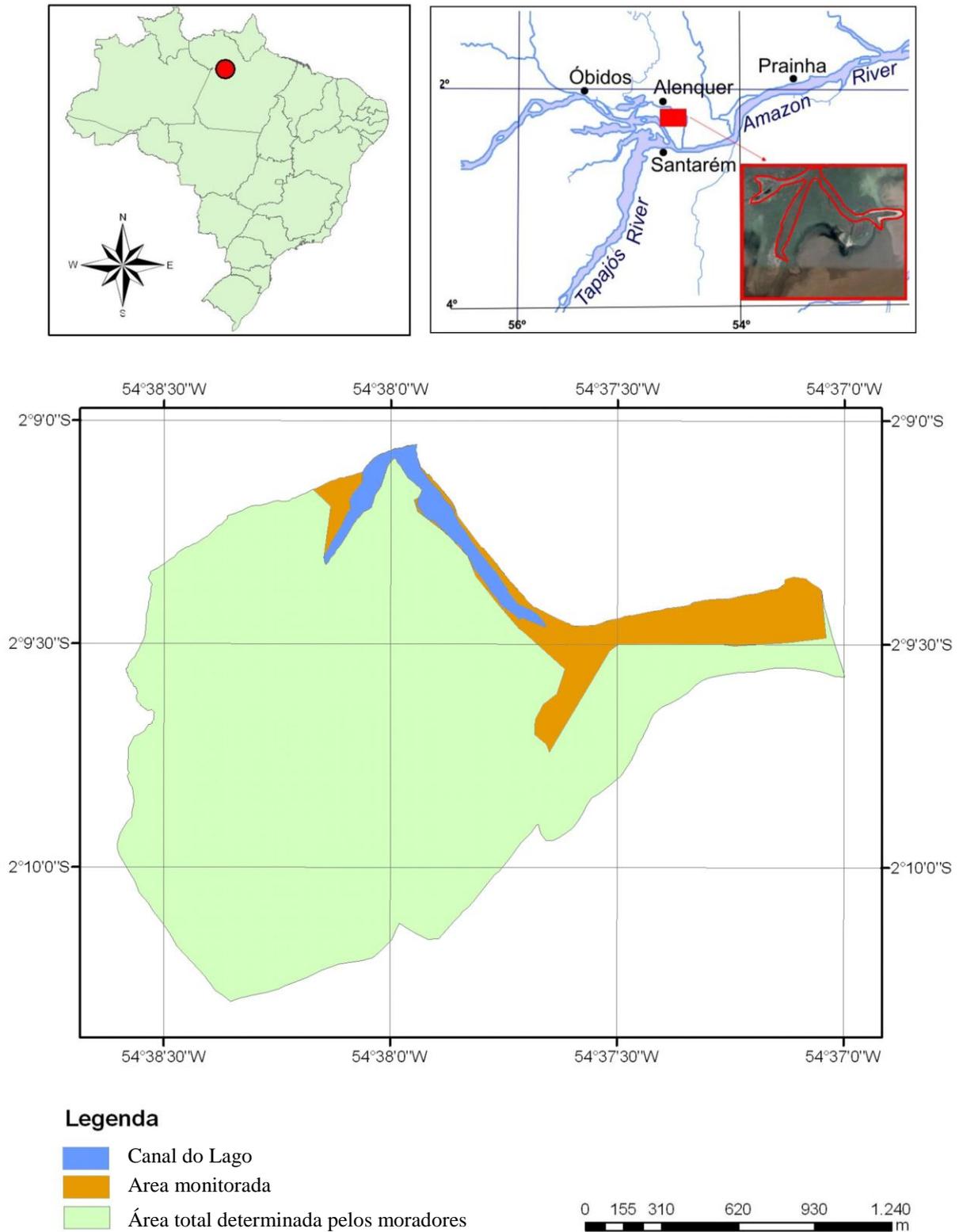


Fig. 1. Área de estudo, na várzea do baixo rio Amazonas, município de Santarém, Pará, Brasil, evidenciando a área monitorada (em laranja).

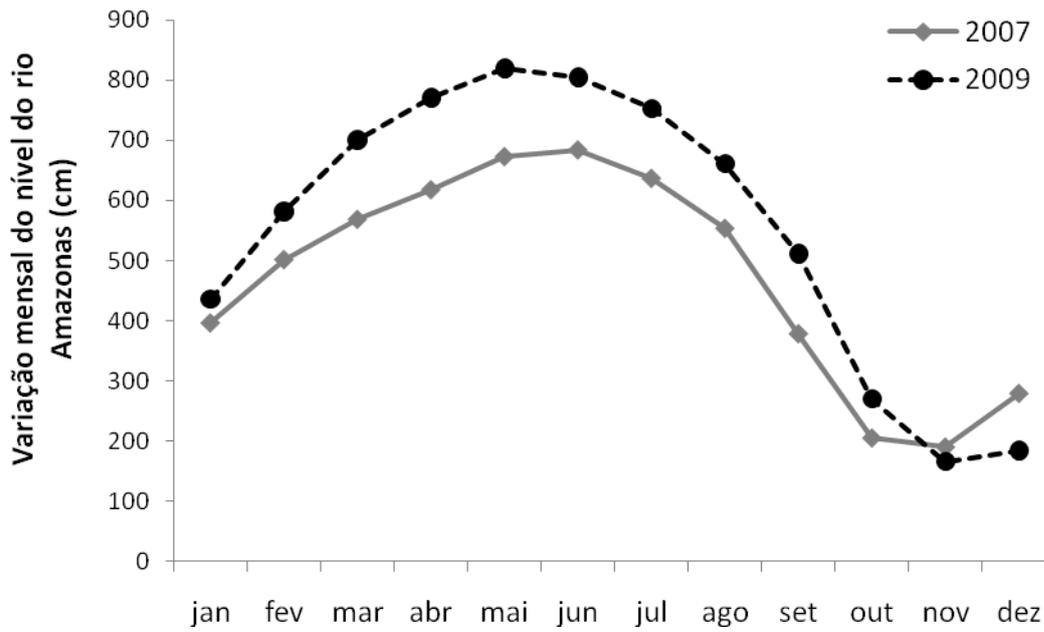


Fig. 2. Variação mensal do nível do rio Amazonas (cm) durante 2007 e 2009. Dados obtidos na Estação de coleta do município de Santarém. Fonte: CPRM – Belém/PA.

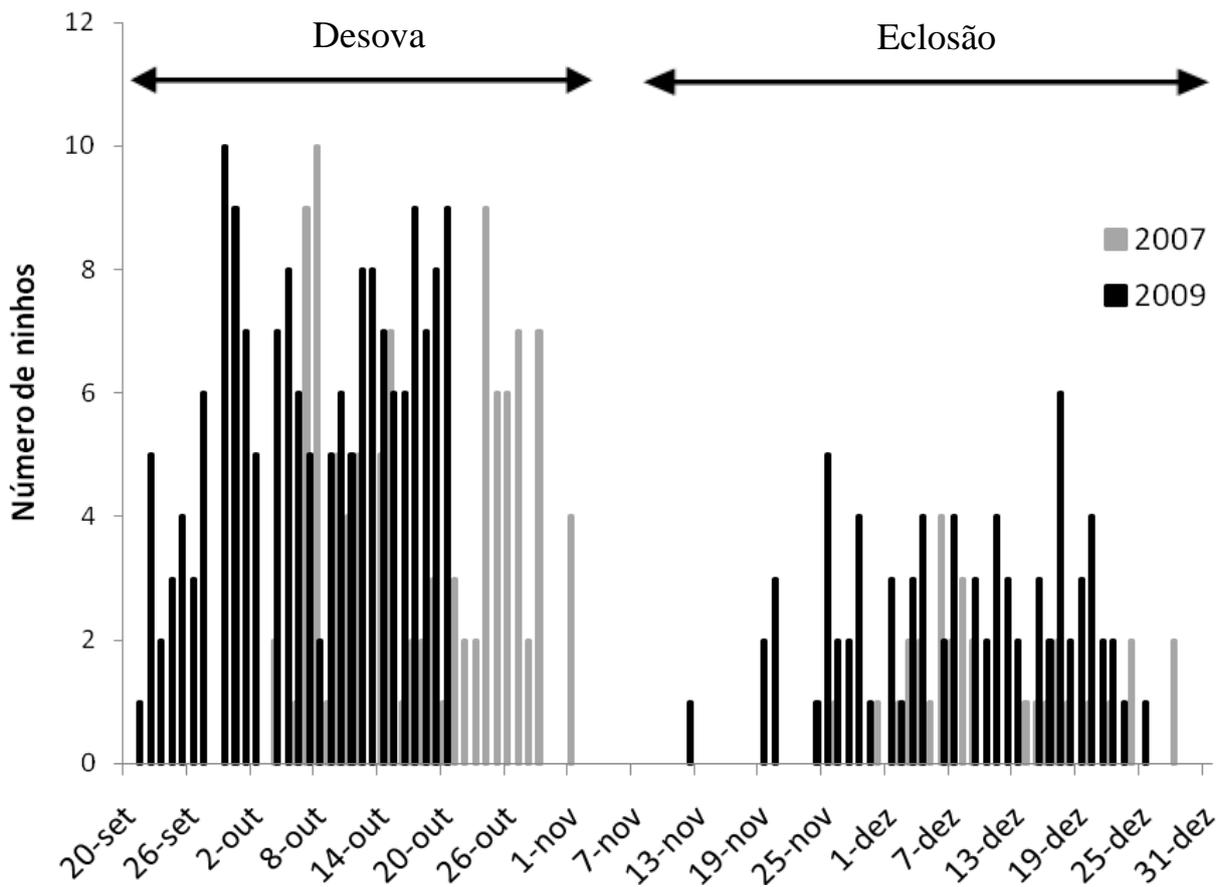


Fig. 3. Número de ninhos de *Podocnemis unifilis* depositados e eclodidos na várzea do baixo rio Amazonas durante 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil.

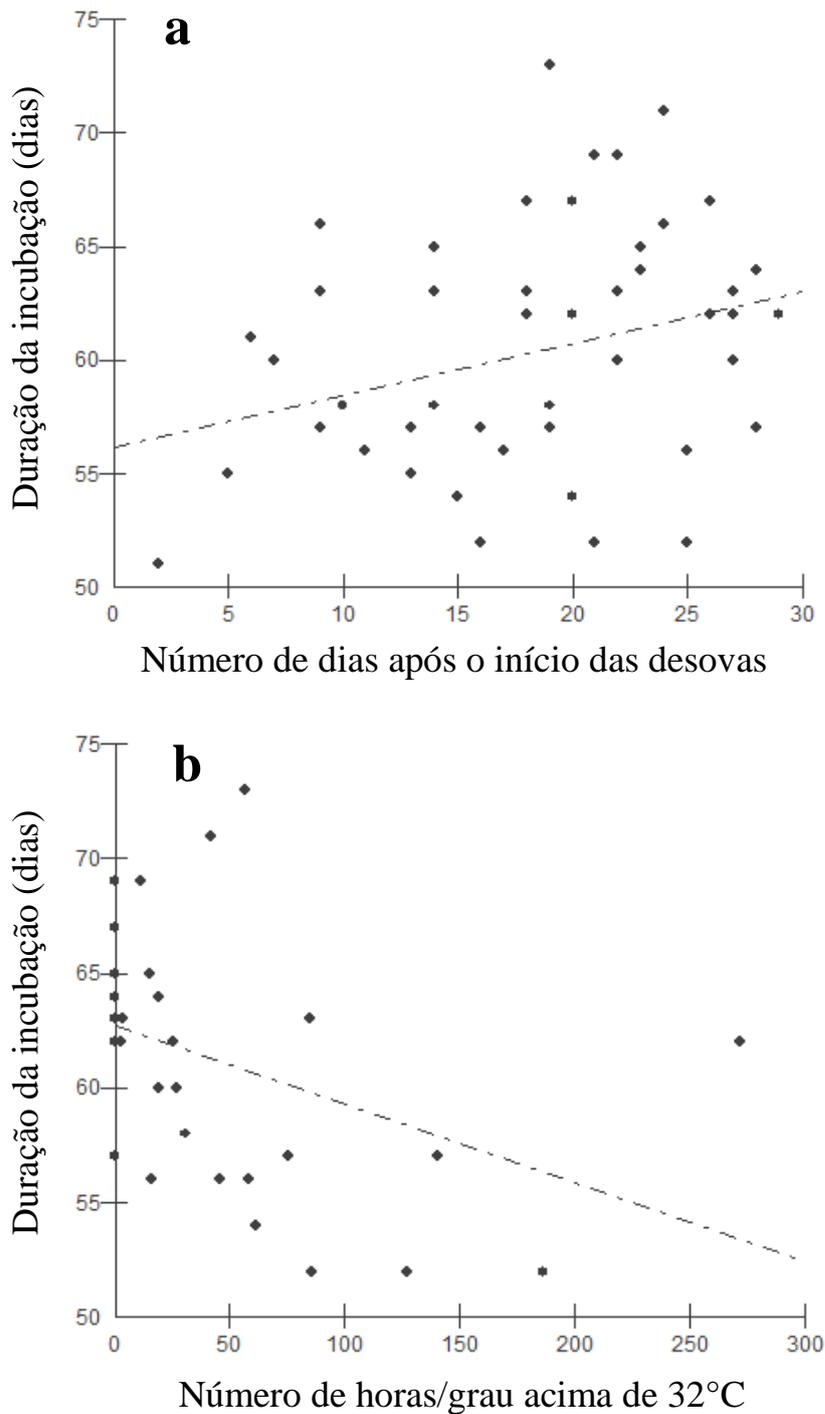


Fig. 4. Relação entre as variáveis ambientais e a duração de incubação (dias) de ninhos de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas, durante 2009, Santarém, Pará, Brasil: 4a) número de dias após o início da desova (Regressão múltipla, R múltiplo ² ajustado = 0.329; $t = 2.145$; $N = 50$; $p = 0.038$); 4b) número de horas/grau superior a 32° C (Regressão Simples, $F = 4.9622$; $N = 30$; $GL = 1$; $p = 0.0322$).

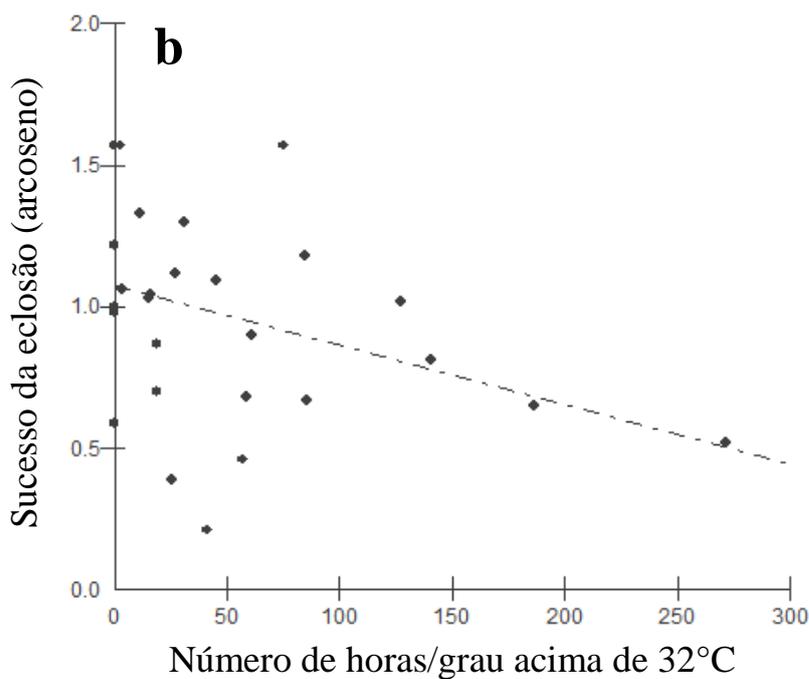
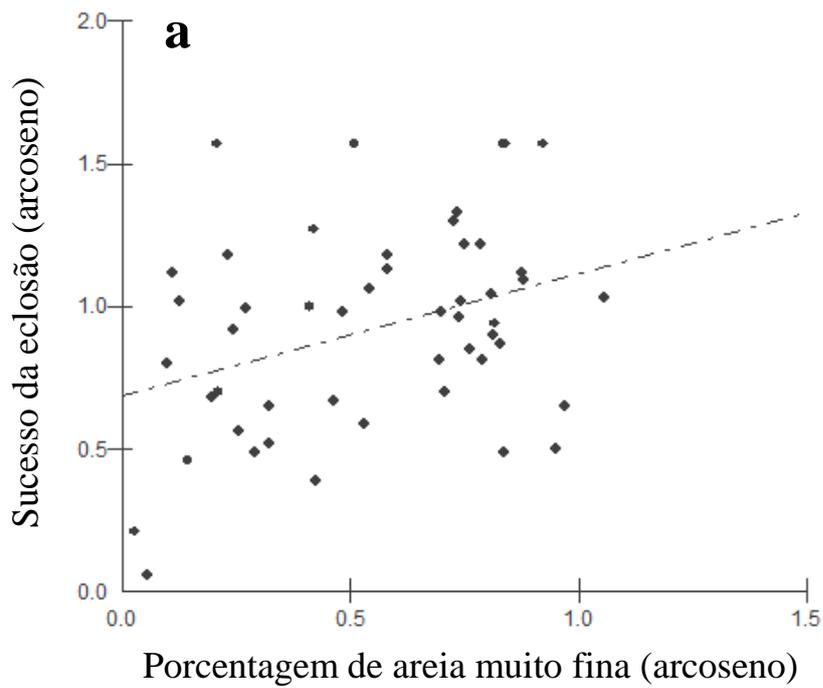


Fig. 5: Relação entre as variáveis ambientais e a taxa de eclosão (arcseno) de ninhos de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas, durante 2009, Santarém, Pará, Brasil: 5a) porcentagem de areia muito fina (arcseno) (Regressão múltipla, R múltiplo² ajustado = 0.046; $t = 2.623$; $N = 50$; $p = 0.012$); 5b) número de horas/grau acima de 32° C (Regressão Simples, $F = 4.4119$; $N = 30$; $GL = 1$; $p = 0.0424$).

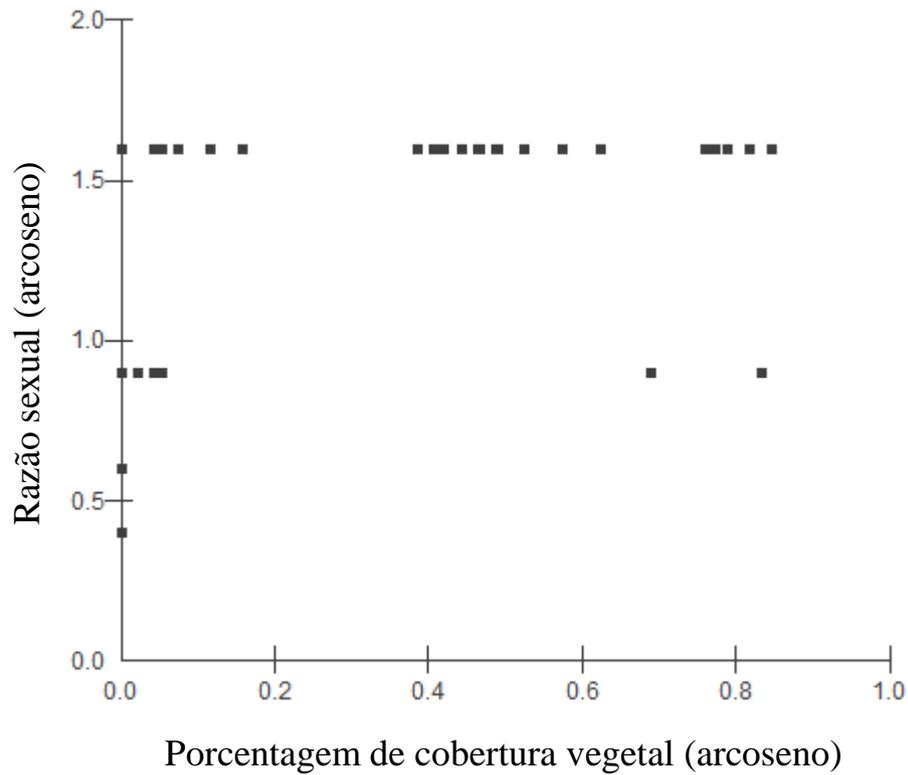


Fig. 6. Relação entre a porcentagem de cobertura vegetal (arcoseno) e a razão sexual (arcoseno) de ninhos de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas, durante 2009, Santarém, Pará, Brasil (Correlação de Spearman, $r_s = 0.3115$; $N = 45$; $p = 0.0371$).

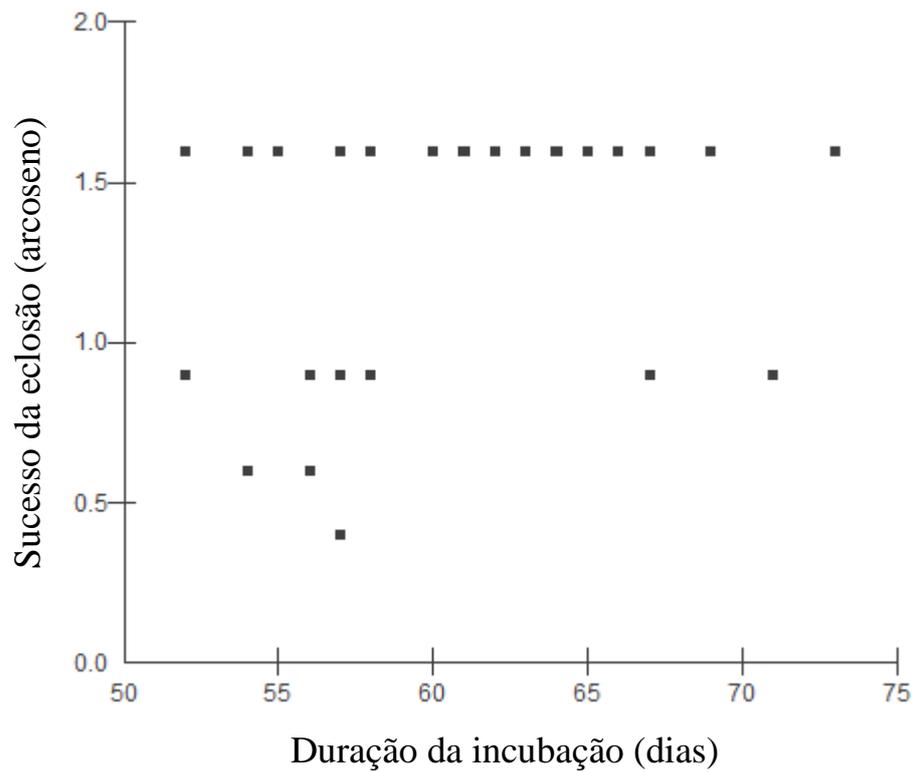


Fig.7. Relação entre a duração de incubação (dias) e a razão sexual (arcoseno) de ninhos de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas, durante 2009, Santarém, Pará, Brasil (Correlação de Spearman, $r_s = 0.343$; $N = 45$; $p = 0.021$).

CAPÍTULO III - Artigo a ser submetido à revista *Chelonian Conservation and Biology*:

Padrões de eclosão e emergência de filhotes de *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil

Marina T. Pignati¹, Luana F. Fernandes² e Juarez C. B. Pezzuti³

¹ Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará - Museu Paraense Emílio Goeldi / CZO, Av. Perimetral 1901, Terra Firme, Belém, Pará 66077-530, Brasil.
Email: marinateofilo@yahoo.com.br

² Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Muaná, Muaná, Pará 68825-000, Brasil.

³ Núcleo de Altos Estudos Amazônicos/NAEA - Universidade Federal do Pará, Belém, Pará 66075-650, Brasil.

RESUMO. — Nos répteis, eventos de eclosão e emergência de filhotes em um mesmo ninho podem ser sincronizados ou serem separados por dias, semanas ou mesmo meses, eventos estes que dependem das condições micro-ambientais do ninho. Este trabalho objetivou avaliar os padrões de eclosão e emergência de filhotes de *Podocnemis unifilis* em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, estado do Pará, Brasil em 2007 e 2009. Foram selecionados dois grupos de ninhos: ninhos para monitoramento da eclosão e ninhos para monitoramento de emergência dos filhotes. A partir do monitoramento do período (dias) entre a desova e a eclosão dos filhotes e o período (dias) entre a desova e a emergência, foi estabelecido a diferença entre a duração da postura-eclosão e da postura-emergência. Foi observado que os filhotes demoram em média 1,52 dias para saírem da casca do ovo e que os

ovos localizados no topo da câmara de ovos são os primeiros a eclodir. O número de ovos por ninho influenciou o intervalo (em dias) entre o primeiro e o último filhote eclodido em um mesmo ninho. A maioria dos filhotes emergiu de seu ninho em uma noite apenas. Os ninhos mais próximos à vegetação e mais tardios apresentaram maior período (dias) entre a incubação e a emergência. Foi obtida uma diferença entre a duração da postura-eclosão e da postura-emergência de 10,99 dias em 2007 e 7,31 em 2009, existindo assim um padrão no qual os filhotes permanecem por vários dias dentro do ninho antes de emergirem. Este trabalho contribuiu para a determinação dos padrões de eclosão e emergência e das características físicas e ambientais responsáveis pela eclosão e emergência de filhotes de *P. unifilis*, sendo ainda necessários estudos relacionados à temperatura de incubação dos ninhos para melhor compreensão destes padrões.

PALAVRAS CHAVE. — Testudines; Podocnemididae; *Podocnemis unifilis*; eclosão e emergência de neonatos; várzea amazônica; Brasil

ABSTRACT. — In reptiles, hatching and emergence events in the same nest can be synchronized or it can be separated by days, weeks or even months, this events depending on micro-environmental conditions of the nests. This research had the objective of evaluate the patterns of hatching and emergence of *Podocnemis unifilis* hatchlings in an area of floodplain of low Amazonas River, Santarém, Pará, Brazil in 2007 and 2009. It was selected two nests groups: nests for hatching monitoring and nests for emergence hatchlings monitoring. Departing of monitoring of the period (days) between the oviposition and the hatchlings hatching and the period (days) between the oviposition and the emergence, was established the difference between the oviposition-hatching and the oviposition-emergence duration. Was observed that the hatchlings takes on average 1.52 days to leave the eggshell and that eggs

located in the top of the egg chamber were the first to hatch. The number of eggs within the nest influenced the interval (in days) between the first and the last hatched hatchling in the same nest. Most of the hatchlings emerged from its nest in the same night. The nests close to the vegetation and late nests presented superior period (days) between the oviposition and the emergence. Was obtained a difference between the oviposition-hatched and the oviposition-emergence duration of 10.99 days in 2007 and 7.31 in 2009, showing that exist a pattern in which the hatchlings remain for several days inside the nest before emerging. This study contributed for the determination of the hatching and emergence pattern and of the physical and environmental features responsible for the hatching and emergence of *P. unifilis* hatchlings, being still necessary related studies to the nest incubation temperature to a better comprehension of these patterns.

KEY-WORDS. — Testudines; Podocnemididae; *Podocnemis unifilis*; hatchlings hatching and emergence; amazon floodplain; Brazil

INTRODUÇÃO

Nos répteis, eventos de eclosão e emergência de filhotes em um mesmo ninho podem ser sincronizados ou serem separados por dias, semanas ou mesmo meses (Andrews, 2004). Diversos fatores promovem variações no período de incubação dentro do mesmo ninho, incluindo as diferenças no tamanho da ninhada e na ordem de disposição de ovos, conseqüentemente, na ordem de eclosão em função do desenvolvimento embrionário diferenciado dos filhotes (Andrews, 2004).

A sincronia no período de nascimento de filhotes tem evoluído em várias espécies animais (O'Donoghue e Boutin, 1995), mas o desenvolvimento em espécies ovíparas, como o

caso dos quelônios, depende das condições micro-ambientais (Colbert *et al*, 2010). Estas condições podem afetar tanto o padrão de eclosão e emergência quanto o intervalo entre a eclosão dos ovos e a emergência dos filhotes, uma etapa do desenvolvimento embrionário que ainda não foi bem estudada em quelônios (Godfrey e Mrosovsky, 1997). As implicações desta espera dos filhotes na câmara de ovos é pouco conhecida, e podem ter influência direta na probabilidade de predação, na perda de energia durante a espera dentro da câmara de ovos e na infestação de dípteros dentro da câmara de ovos (Godley e Kelly, 1996; Hays *et al*, 1992; McGowan *et al*, 2001).

Emergências diurnas de filhotes de quelônios geralmente não ocorrem (Miller *et al*, 2003). Os filhotes normalmente emergem do ninho ao mesmo tempo, e tal sincronização pode ocorrer porque a incubação é mais ou menos simultânea ou porque a saída do ninho é adiada até que todos os ovos eclodam para minimizar as probabilidades individuais de predação ou para facilitar a escavação até a superfície (Carr e Hirth, 1961; Andrews, 2004). As condições ambientais, no entanto, podem criar gradientes de temperatura e umidade, por exemplo, que podem resultar em uma eclosão dentro de um mesmo ninho ao longo de vários dias ou mais (Andrews, 2004).

A cronologia de eclosão e os padrões de eclosão e emergência em *Podocnemis unifilis* não foram estudados anteriormente. Esta espécie, localmente conhecida como *tracajá*, está distribuída por toda a Bacia Amazônica e os rios da Bacia Tocantins-Araguaia. Este trabalho objetiva avaliar os padrões de eclosão e emergência de filhotes de *P. unifilis* em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, estado do Pará, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo. — A várzea amazônica é uma área úmida periodicamente inundada pelo transbordamento dos rios e lagos (Ribeiro, 2007) e apresentam freqüentemente processos de

erosão e deposição, com formação de bancos de areia e destruição das margens e das praias de rios e lagos, fenômenos conhecidos localmente como *terras caídas* e *terras crescidas* (Irion *et al.*, 1997). O período mais úmido na região varia entre os meses de abril a julho e o de menor pluviosidade, de outubro a dezembro (dados cedidos pela CPRM-Belém/PA). A vegetação de várzea é composta principalmente por campos que são alagados em determinadas estações do ano, embora localmente ocorram áreas de floresta e os solos encontrados nessas áreas são aluviais, ricos em nutrientes e matéria orgânica depositados pelas inundações (Ribeiro, 2007). O presente estudo foi desenvolvido em área localizada na várzea do baixo rio Amazonas, conhecida como *Taboleiro da Água Preta* (2° 09' 12.5" S e 54° 37' 51.7" W), grande área de desova de quelônios, próxima à confluência dos rios Tapajós e Amazonas, nas margens de um lago de várzea (Figura 1). O *taboleiro* situa-se no nordeste do estado do Pará, Brasil, distante 32 km do município de Santarém, e os próprios moradores da comunidade do entorno realizam a proteção deste taboleiro.

Coleta de dados. — Monitoramos ninhos de *P. unifilis* no Taboleiro da Água Preta (339.98 ha) nas estações reprodutivas dos anos de 2007 e 2009, ao longo do canal do Lago da Água Preta, no local com maior quantidade de ninhos. Em 2007 utilizamos uma área de 25.60 ha e em 2009 uma área de 29.68 ha para este estudo.

Para a localização dos ninhos a praia foi percorrida diariamente nas primeiras horas da manhã durante o período de desova, sendo reconhecidos pelo solo recentemente perturbado e pelos rastros das fêmeas. Marcamos os ninhos com estacas numeradas e foi anotada a sua data de postura e a localização geográfica (com auxílio de um GPS Etrex H - Garmin ®). Para cada ninho, foram mensuradas as seguintes variáveis: distância do ninho à margem do rio (m), distância do ninho à vegetação (m) e altura do ninho em relação ao nível do canal do Lago da Água Preta (cm), medidas estas tomadas no dia da desova. A porcentagem de cobertura vegetal acima da superfície dos ninhos foi determinada com um esferodensímetro Modelo C

(Lemmon, 1956) e a inclinação da superfície do substrato utilizado pelas fêmeas para desova foi mensurada utilizando um clinômetro.

Foram estabelecidos dois grupos de ninhos: ninhos para monitoramento da eclosão dos filhotes e ninhos para monitoramento da emergência dos filhotes, nos dois anos de pesquisa. Os dois grupos de ninhos foram selecionados em pares de ninhos no mesmo ambiente, tomando o cuidado para que os ninhos estivessem sob condições semelhantes, tanto do ponto de vista físico quanto ambiental. O número de ovos foi contabilizado logo após a desova da fêmea para os ninhos cuja eclosão foi monitorada. Para os ninhos cuja emergência foi monitorada, o número de ovos foi contabilizado após a emergência dos filhotes do ninho, a partir do número de ovos não eclodidos somado ao número de cascas de ovos encontrados na câmara de ovos.

O período (em dias) entre a postura e a eclosão dos filhotes, definido aqui como o intervalo, em dias, entre a oviposição e a eclosão do primeiro filhote, foi monitorado em 98 ninhos (20 ninhos em 2007 e 78 ninhos em 2009). A partir de 40 dias de incubação estes ninhos foram monitorados diariamente para verificar a eclosão dos filhotes. A data de eclosão do ninho foi estabelecida como a data de saída do primeiro filhote da casca do ovo, de acordo com Godfrey *et al.* (1996).

No ano de 2009 foi monitorada também a cronologia de eclosão, onde 69 ninhos foram selecionados para monitorar o dia exato da eclosão e checar se a eclosão ocorre ao longo de vários dias ou simultaneamente em um mesmo ninho. Os ninhos foram abertos a partir de 50 dias de incubação dos ovos, baseando-se na duração de incubação média de 60 dias para a espécie (Souza e Vogt, 1994), e inspecionados diariamente durante as primeiras horas da manhã. Foram registrados, diariamente, o número ovos não eclodidos, de filhotes eclodindo (rompendo a casca dos ovos) e de filhotes eclodidos.

Durante 2007 e 2009 outros 46 ninhos (19 ninhos em 2007 e 27 em 2009) foram selecionados para analisar o período (dias) entre a incubação e a emergência (*incubation-to-emergence period*) (IEP), definido aqui como o intervalo, em dias, entre a oviposição e a emergência dos filhotes à superfície da praia. A partir de 50 dias de incubação, estes ninhos foram monitorados diariamente, sem a menor interferência ou manipulação, até que os filhotes saíssem normalmente, verificando rastros e a abertura escavada pelos filhotes para emergir do ninho. Verificada a emergência, a câmara de ovos era cuidadosamente examinada para confirmar se ocorreu a emergência de todos os filhotes no ninho, ou se haviam ovos não eclodidos, filhotes mortos e vivos. Para determinação da taxa de emergência por ninho foi subtraído o número de filhotes ainda na câmara de ovos do número de cascas de ovos, dividindo esta diferença pelo tamanho total da ninhada.

A partir dos dados da duração de incubação (período, em dias, entre a desova e a eclosão dos filhotes) e do período (dias) entre a incubação e a emergência dos diferentes grupos de ninhos analisados, estabelecemos a diferença entre duração da postura-eclosão e postura-emergência.

Os dados de cobertura vegetal dos ninhos foram convertidos para sua raiz do arcoseno antes das análises estatísticas. A influência do número de ovos e do número de dias após o início das desovas sobre o intervalo (dias) de eclosão do primeiro ao último filhote foi testada através de regressões lineares simples para as variáveis com distribuição normal e através de Correlações de Spearman para as variáveis com distribuição não normal. A influência das características dos ninhos avaliadas (distância ao rio, distância à vegetação, altura, inclinação, porcentagem de cobertura vegetal e número de dias após o início das desovas) sobre o período, em dias, entre a desova e a emergência foi testada através de regressões múltiplas, para os dois anos de monitoramento.

RESULTADOS

Durante os dois anos de monitoramento reprodutivo foram contabilizados os números de desovas de *P. unifilis*, sendo 106 ninhos em 2007 e 167 em 2009. No ano de 2007 foram identificados e marcados 29 ninhos para o monitoramento de eclosão e 19 ninhos para o monitoramento de emergência. Em 2009 foram identificados e marcados 78 ninhos para o monitoramento de eclosão, sendo 69 destes monitorados quanto à cronologia de eclosão, e 27 quanto à emergência.

No ano de 2007 o período de desova monitorado ocorreu de 4 de outubro a 1 de novembro e o período de eclosão dos ninhos foi de 26 de novembro a 26 de dezembro. O intervalo médio, em dias, entre a postura e a eclosão do primeiro filhote foi de $58,8 \pm 3,6$ dias ($N = 29$), variando de 54 a 66 dias. O período de emergência dos filhotes foi de 2 de dezembro de 2007 a 7 de janeiro de 2008, totalizando 37 dias (Figura 2a). Já para o ano de 2009 o período de desova monitorado ocorreu de 21 de setembro a 20 de outubro e o período de eclosão dos filhotes foi de 12 de novembro a 25 de dezembro. O intervalo médio, em dias, entre a oviposição e a eclosão foi 60,8 dias ($\pm 5,23$; 51-74; $N = 78$). O período de emergência dos filhotes foi de 25 de novembro a 27 de dezembro de 2009, totalizando 32 dias (Figura 2b).

A partir do monitoramento da cronologia de eclosão dos ninhos no ano de 2009 ($N = 69$ ninhos), verificamos que os ovos localizados na parte superior do ninho (topo da câmara de ovos) eclodiram (ruptura da casca do ovo) antes dos localizados na parte inferior da câmara de ovos (base da câmara de ovos). Os primeiros filhotes demoram em média 1,52 dias ($\pm 1,41$; 0-9 dias) para eclodirem totalmente após o rompimento da casca do ovo, sendo que a maioria dos ovos eclodiram gradualmente ao longo dos dias, ou seja, os filhotes não eclodiram no mesmo dia. Encontramos um intervalo médio de $4,00 \pm 2,41$ dias ($N = 69$) entre

o primeiro e o último filhote eclodido nestes ninhos, com um mínimo de 1 dia e máximo de 11 dias para eclosão de todos os filhotes em um mesmo ninho. A maioria dos filhotes (51,66%) eclodiu logo no primeiro dia, sendo que a porcentagem de filhotes eclodidos foi gradativamente diminuindo ao longo dos dias, como apresentada na Figura 3, que mostra a evolução de eclosão dos filhotes a cada dia para estes ninhos monitorados.

O número de ovos influenciou significativamente e positivamente o intervalo (dias) de eclosão do primeiro ao último filhote no ano de 2009 (Regressão Simples, $F = 4.8003$; $N = 69$; $GL = 1$; $p = 0.0300$; Figura 4). Ninhos com maior número de ovos apresentaram maior intervalo (dias) entre a eclosão do primeiro e o último filhote. O número de dias após o início das desovas não exerceu influencia significativa sobre o intervalo (dias) entre o primeiro e último filhote eclodido (Correlação de Spearman, $r_s = 0.0196$; $N = 69$; $p = 0.8727$).

No ano de 2007 o intervalo entre a postura e a emergência dos filhotes (IEP) foi $69,89 \pm 6,44$ dias ($N = 19$). Na maioria dos ninhos os filhotes não eclodiram durante uma noite apenas, permanecendo alguns filhotes ainda no ninho e emergindo após sucessivas noites. No monitoramento do ano de 2009 o período médio (dias) entre a postura e emergência dos filhotes (IEP) foi $68,11$ dias ($\pm 4,97$; 58-78; $N = 27$) e o sucesso da emergência foi $0,74$ ($\pm 0,30$; 0,00-1,00; $N = 30$). Na maioria dos ninhos monitorados em 2009 (92,59%) todos os filhotes emergiram na mesma noite, e apenas em 2 ninhos (7,41%) alguns filhotes ainda permaneceram no ninho após a emergência dos demais, emergindo com 24h de diferença.

Em 2007 a distância à vegetação influenciou negativamente o período, em dias, entre a desova e a emergência dos filhotes, enquanto o número de dias após o início das desovas afetou positivamente esta variável nos dois anos de estudo (Tabela 1). Ninhos mais próximos à vegetação e ninhos mais tardios apresentaram o período (dias) entre a postura e a emergência mais extenso nos dois anos avaliados (Figura 5 e Figura 6). As outras variáveis

analisadas não exerceram influencia significativa sobre o intervalo entre a desova e a emergência (Tabela 1).

Foi observado um intervalo entre a duração da postura-eclosão e a duração da postura-emergência (para os dois grupos de ninhos analisados) de 10,99 dias no ano de 2007 e 7,31 dias em 2009, existindo assim um padrão no qual os filhotes permanecem por vários dias dentro do ninho antes de emergirem.

DISCUSSÃO

Neste estudo foram apresentados os padrões de eclosão e emergência de ninhos individuais de *P. unifilis* em uma área de várzea amazônica. Estudos relacionados ao entendimento da eclosão e emergência de filhotes são mais difundidos em tartarugas marinhas que em quelônios de água doce (Doody *et al*, 2001; Spencer *et al*, 2001). Segundo Ferguson (1985), em répteis a transição de um embrião vivo dentro do ovo para um recém-nascido pode variar de algumas horas a alguns dias, pois os indivíduos permanecem parcialmente dentro da casca do ovo por vários dias. Colbert *et al* (2010) sugere que a sincronia de eclosão pode não ocorrer em ninhos de quelônios aquáticos visto que o período de incubação pode diferir significativamente entre os ovos localizados no topo e na base da câmara de ovos. Em estudo com a espécie dulcícola *Emydura macquarii* no Lago Bonney, Barmera, sul da Austrália, Thompson (1988) observou que ovos situados no topo do ninho estão sob influencia de temperaturas mais elevadas, o que resulta em aumento das taxas de desenvolvimento e redução do período de incubação em relação aos ovos próximos à porção inferior da câmara, ocorrendo assim eclosão assincrônica. A maioria dos ovos de *P. unifilis* eclodiram sincronicamente em um mesmo ninho em um período de poucos dias na Amazônia colombiana, no Parque Nacional Cahuinarí (Páez e Bock, 1998). Estudos com ninhos de

Chrysemys picta em Thomson, Illinois, USA, demonstraram que, em um mesmo ninho, embriões com estágio de desenvolvimento mais lento têm seu desenvolvimento acelerado para eclodirem com os demais embriões (Colbert *et al*, 2010). Para estes autores, é provável que a incubação dos ovos de maneira síncrona seja uma característica ancestral em quelônios e que tem como uma de suas características evitar predadores em todas as espécies.

Depois de eclodirem, os filhotes de *P. expansa* se deslocam para a parte superior da câmara de ovos à espera de condições ambientais favoráveis para o abandono do ninho (Alho *et al*, 1979; Alho e Pádua, 1982; Soini e Soini, 1995a). Este estágio é importante para os filhotes, pois possibilita mais tempo para o fechamento do plastrão e a absorção do resíduo do saco vitelínico (Godfrey e Mrosovsky, 1997). Neste estudo obtivemos uma diferença maior, em dias, entre a duração da postura-eclosão e postura-emergência nos diferentes ninhos monitorados em 2007 quando comparado com 2009. No final do mês de novembro de 2007 o nível do rio subiu ininterruptamente, o que pode ter acarretado a diminuição da temperatura de incubação destes ninhos com consequência sob a taxa de desenvolvimento nestes últimos ninhos depositados, permitindo assim que os filhotes permanecessem mais tempo dentro da câmara de ovos antes de emergirem. Na mesma época em 2009 o nível da água continuou diminuindo, o que pode ter ocasionado um aumento na temperatura de incubação destes ninhos permitindo assim uma emergência mais acelerada dos filhotes, o que pode ter resultado esta diferença em relação ao ano de 2009. Dados sobre o intervalo entre a eclosão e emergência de quelônios são escassos, sendo uma temática ainda pouco estudada. Godfrey e Mrosovsky (1997) estimaram um intervalo de 4.1 dias entre a eclosão e a emergência dos filhotes de *Caretta caretta*. Soini e Soini (1995b) observaram que filhotes de *P. unifilis* na Reserva Nacional Pacaya-Samiria, Peru, permanecem nos ovos por 2 a 7 dias após o rompimento da casca do ovo e aguardam cerca de 2 semanas no ninho antes de emergir. Segundo Miller *et al* (2003), geralmente os filhotes de quelônios emergem para a superfície

em 2 dias ou mais após eclodirem, e o intervalo (dias) entre a eclosão e a emergência depende da profundidade do ninho e da compactação do sedimento. Observamos que, para os ninhos das espécies de quelônios amazônicos, mesmo depois de eclodidos, os filhotes permanecem por no mínimo uma semana enterrados, absorvendo completamente o vitelo exposto e emergem somente após a completa absorção do mesmo, corroborando o que também foi observado por Soini e Soini (1995b) para *P. unifilis* e sugerido por Alho *et al* (1979) e Alho e Pádua (1982) para *P. expansa*.

Em filhotes de quelônios o período e o padrão de emergência são cruciais para determinar a sobrevivência de um ninho (Glen *et al*, 2005). No presente estudo ninhos mais próximos à vegetação e ninhos mais tardios apresentaram maior período (dias) entre a incubação e a emergência nos dois anos avaliados. Os ninhos mais próximos à vegetação podem ter apresentado menores taxas de desenvolvimento pelo fato dos ovos terem experimentado menores temperaturas de incubação, como sugerido por Escalona & Fa (1998). Os ninhos mais tardios estavam sob influência do início do período chuvoso, o que pode ter acarretado uma diminuição na taxa de desenvolvimento nestes últimos ninhos depositados.

A emergência de filhotes dentro de uma única noite no Tabuleiro da Água Preta corrobora com Bujes e Verrastro (2009) para a espécie *Phrynops hilarii* no Parque Estadual do Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil, e Koch *et al* (2008) para a espécie *Natator depressus* na Austrália. A emergência durante a noite de filhotes deve ocorrer em função das ameaças as quais os filhotes estão sujeitos durante o dia, como potenciais temperaturas letais e predadores (Miller *et al*, 2003). Para *P. expansa*, a saída dos filhotes para a superfície é normalmente coletiva e ocorre preferencialmente em noites chuvosas (Alho *et al*, 1979; Alho e Pádua, 1982; Soini e Soini, 1995a). Dos 26 ninhos de *Apalone mutica* monitorados em Arkansas, USA, em 24 ninhos todos os filhotes emergiram na mesma noite e nos outros dois

ninhos um filhote de cada ninho emergiu na noite seguinte (Plummer, 2007). Uma vantagem óbvia da sincronia na eclosão é a facilidade de escavarem juntos o caminho para a superfície: para ninhadas que estão profundamente enterradas ou que estão em solos compactados (Carr e Hirth, 1961; Andrews, 2004). Embriões menos desenvolvidos dentro de uma cova aceleram o seu desenvolvimento ou eclodem prematuramente para emergirem em grupo com os outros filhotes, diluindo também os riscos da predação (Spencer *et al*, 2001). Uma clara vantagem de emergência síncrona é uma redução no gasto de energia através da facilitação social, mas que poderia acarretar, também, em desvantagens resultantes da redução dos estoques de energia se os filhotes tem que permanecer por muitos dias no ninho (Carr e Hirth, 1961). De acordo com Congdon *et al* (1983), 45% dos filhotes de *Emydoidea blandingi* emergiram sincronicamente (todos os filhotes na mesma noite) e 55% assincronicamente (emergiram durante mais de uma noite) no sudeste de Michigan, USA. Glen *et al* (2005) encontraram emergência assincrônica para filhotes de espécies marinhas na República do Cyprus, no Mediterrâneo oriental: filhotes de *Chelonia mydas* emergiram durante 1 a 4 noites em 1997 e 1 a 7 noites em 1998; filhotes de *Caretta caretta* emergiram durante 1 a 7 noites em 1997 e 1 a 6 noites em 1999. Em estudos com ninhos de *Caretta caretta* na ilha grega de Kefalonia, observou-se que os filhotes demoram em média 6 noites para emergirem do ninho, variando de 1 a 12 noites (Houghton e Hays, 2001). De maneira geral, não foi encontrado, de acordo com o presente estudo e com a literatura, um padrão na emergência dos filhotes de quelônios, tanto para espécies marinhas quanto de água doce. Isto mostra que apesar de a emergência em massa facilitar a escavação do caminho para a superfície e também poder diminuir a pressão de predação, não há um padrão na emergência dos filhotes de quelônios nos diversos estudos observados.

No Tabuleiro da Água Preta encontramos uma diferença nos padrões observados entre os anos de monitoramento, tanto no que se refere aos padrões de eclosão e emergência quanto às variáveis ambientais que influenciam estes padrões. Isso significa claramente a influência

da variação anual nas condições de temperatura, umidade e pluviosidade. Trabalhos abordando a temática da cronologia de eclosão, o intervalo entre a eclosão e emergência e emergência de filhotes de quelônios são pouco difundidos na literatura científica e acadêmica. Diante disto, este trabalho contribuiu para o conhecimento básico dos padrões de eclosão e emergência de quelônios e para a determinação das características físicas e ambientais responsáveis pela eclosão e emergência de filhotes, sendo ainda necessários estudos futuros relacionados ao ambiente térmico (temperatura de incubação) dos ninhos para melhor compreensão destes padrões.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é parte integrante da dissertação de mestrado em Zoologia de Marina T. Pignati que agradece à Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) pelo suporte logístico e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa (processo 133325/2009-1). Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) pelo suporte financeiro e ao Instituto de Pesquisas Ambientais da Amazônia (IPAM) pelo suporte logístico durante o projeto na coleta de dados. Marina T. Pignati agradece especialmente a Priscila S. Miorando e Renata C. Vieira pela ajuda no trabalho de campo.

LITERATURA CITADA

Alho, C.J.R., Pádua, L.F.M. 1982. Reproductive parameters and nesting behavior of the Amazon turtle *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae) in Brazil. Canadian Journal of Zoology 60:97-103.

- Alho, C.J.R., Carvalho, A.G., Pádua, L.F.M. 1979. Ecologia da Tartaruga da Amazônia e avaliação de seu manejo na Reserva Biológica de Trombetas. *Brasil Florestal* 9:29-47.
- Andrews, R.M. 2004. Patterns of embryonic development. In: Deeming, D.C. (Ed.) *Reptilian Incubation: Environment, Evolution and Behaviour*. Nottingham: Nottingham University Press, pp. 75-102.
- Bujes, C.S., Verrastro, L. 2009. Nest Temperature, Incubation Time, Hatching, and Emergence in the Hilaire's Side-Necked Turtle (*Phrynops hilarii*). *Herpetological Conservation and Biology* 4:306-312.
- Carr, A.F., Hirth, H. 1961. Social facilitation in green turtle siblings. *Animal Behavior* 9:68-70.
- Colbert, P.L., Spencer, R.J., Janzen, F.J. 2010. Mechanism and cost of synchronous hatching. *Functional Ecology* 24:112-121.
- Congdon, J.D., Tinkle, D.W., Breitenbach, G.L., Van Loben Sels, R.C. 1983. Nesting ecology and hatchling success in the turtle, *Emydoidea blandingi*. *Herpetologica* 39:417-429.
- Doody, J.S., Georges, A., Young, J.E., Pauza, M., Pepper, A.L., Alderman, R.L., Welsh, M.A. 2001. Embryonic aestivation and emergence behavior in the pig-nosed turtle, *Carettochelys insculpta*. *Canadian Journal of Zoology* 79:1062-1072.
- Escalona, T., Fa, J.E. 1998. Survival of nests of the terecay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare - Tawadu Rivers, Venezuela. *Journal of Zoology* 244:303-312.
- Ferguson, M.W.J. 1985. Reproductive biology and embryology of the crocodylians. In: Gans, C., Billet, F. e Maderson, P.F.A. (Eds.). *Biology of the Reptilia, Volume 14, Development*. New York: JohnWiley, pp. 329-491.

- Glen, F., Broderick, A.C., Godley, B.J., Hays, G.C. 2005. Patterns in the emergence of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) turtle hatchlings from their nests. *Marine Biology* 146:1039-1049.
- Godfrey, M.H., Mrosovsky, N. 1997. Estimating the time between hatching of sea turtles and their emergence from the nest. *Chelonian Conservation and Biology* 2:581-585.
- Godfrey, M.H., Barreto, R., Mrosovsky, N. 1996. Estimating past and present sex ratios of sea turtles in Suriname. *Canadian Journal of Zoology* 74:267-277.
- Godley, B.J., Kelly, A. 1996. Glasgow University conservation expedition to northern Cyprus. Expedition report. Department of Veterinary Anatomy, University of Glasgow Veterinary School, Glasgow.
- Hays, G.C., Speakman, J.R., Hayes, J.P. 1992. The pattern of emergence by loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings on Cephalonia, Greece. *Herpetologica* 48:396-401.
- Houghton, J.D.R., Hays, G.C. 2001. Asynchronous emergence by loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings. *Naturwissenschaften* 88:133-136.
- Irion, G., Junk, W.J., Mello, J.A.S.N. 1997. The large Central Amazonian River floodplains near Manaus: Geological, climatological, hydrological and geomorphological aspects. In: Junk, W.J. (Ed.). *The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System*. Berlin: Springer, pp. 23-46.
- Koch, A.U., Guinea, M.L., Whiting, S.D. 2008. Asynchronous Emergence of Flatback Seaturtles, *Natator depressus*, from a Beach Hatchery in Northern Australia. *Journal of Herpetology* 42:1-8.

- Lemmon, P.E. 1956. A Spherical densiometer for estimating forest overstory density. *Forest Science* 2:314-320.
- McGowan, A., Broderick, A.C., Deeming, J., Godley, B.J., Hancock, E.J. 2001. Dipteran infestation of loggerhead (*Caretta caretta*), and green (*Chelonia mydas*), sea turtle nests in northern Cyprus. *Journal of Natural History* 35:573-581.
- Miller, J.D., Limpus, C.J., Godfrey, M.H. 2003. Nest site selection, oviposition, eggs, development, hatching, and emergence of loggerhead turtles. In: Bolten, A.B. e Witherington, B.E. (Eds.) *Loggerhead Sea Turtles*. Washington: Smithsonian Books, pp. 125-143.
- O'Donoghue, M., Boutin, S. 1995. Does reproductive synchrony affect juvenile survival rates of northern mammals? *Oikos* 74:115-121.
- Páez, V.P., Bock, B.C. 1998. Temperature effect on incubation period in the yellow-spotted river turtle, *Podocnemis unifilis*, in the Colombian Amazon. *Chelonian Conservation and Biology* 3:31-36.
- Plummer, M.V. 2007. Nest Emergence of Smooth Softshell Turtle (*Apalone mutica*) Hatchlings. *Herpetological Conservation and Biology* 2:61-64.
- Ribeiro, N.V. 2007. *Atlas da várzea: Amazônia Brasil*. Manaus: Ibama, 132 pp.
- Soini, P., Soini, M. 1995a. Estudio y conservación de la charapa (*Podocnemis expansa*), 1984. In: Soini, P., Tovar, A. e Valdez, U. (Eds.). *Reporte Pacaya-Samiria*. Lima: Pro Naturaleza/CDC-UNALM.
- Soini, P., Soini, M. 1995b. Ecología reproductiva de la taricaya (*Podocnemis unifilis*) y sus implicaciones en el manejo de la especie. Informe n° 9. In: Soini, P., Tovar, A. e Valdez,

U. (Eds.). Investigaciones en la Estación Biológica Cahuana. Reporte Pacaya-Samiria. Lima: Pro Naturaleza/CDC-UNALM.

Souza, R.R., Vogt, R.C. 1994. Incubation temperature influences sex and hatchling size in the neotropical turtle *Podocnemis unifilis*. *Journal of Herpetology* 28:453-464.

Spencer, J.R., Thompson, M.B., Banks, P.B. 2001. Hatch or wait? A dilemma in reptilian incubation. *Oikos* 93:401-406.

Thompson, M.B. 1988. Influence of incubation temperature and water potential on sex determination in *Emydura macquarii* (Testudines: Pleurodira). *Herpetologica* 44:86-90.

TABELAS:

Tabela 1: Influência das variáveis ambientais sobre o período (dias) entre a incubação e a emergência dos filhotes de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas durante 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil. Valores de P significativos em negrito. (Ninhos em 2007: R múltiplo = 0.882, R múltiplo² = 0.777, R múltiplo² ajustado = 0.726; Ninhos em 2009: R múltiplo = 0.677, R múltiplo² = 0.458, R múltiplo² ajustado = 0.329). Legenda: Coeff. = coeficiente da regressão múltipla; S.D. = erro padrão; t = estatística do teste t; P = probabilidade.

Ano	Variáveis	N	Coeff.	S.D.	t	P.
2007	Constantes	17	39.858	9.58	4.161	0.001
	Distância ao rio		0.006	0.024	0.254	0.803
	Distância à vegetação		-3.674	1.329	-2.764	0.016
	Número de dias após o início das desovas		0.431	0.088	4.914	0.000
2009	Constantes	27	41.654	6.689	6.227	0.000
	Distância ao rio		-0.019	0.028	-0.659	0.517
	Altura em relação à linha d'água		-1.262	1.715	-0.736	0.470
	Inclinação		-0.097	0.115	-0.845	0.408
	Cobertura vegetal (%)		0.54	2.775	0.195	0.848
	Número de dias após o início das desovas		0.361	0.088	4.095	0.001

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Área de estudo, na várzea do baixo rio Amazonas, município de Santarém, Pará, Brasil, evidenciando a área monitorada (em laranja) 112
- Figura 2: Número de ninhos de *Podocnemis unifilis* depositados, eclodidos e emergidos na várzea do baixo rio Amazonas, durante os ciclos reprodutivos de 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil: 2a) ciclo reprodutivo de 2007; 2b) ciclo reprodutivo de 2009 113
- Figura 3: Porcentagem de filhotes de *Podocnemis unifilis* que eclodiram em cada dia na várzea do baixo rio Amazonas durante 2009, Santarém, Pará, Brasil .. 114
- Figura 4: Relação entre o número de ovos e o intervalo (dias) entre o primeiro e o último filhote eclodido de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas durante 2009, Santarém, Pará, Brasil (Regressão Simples, $F = 4.8003$; $N = 69$; $GL = 1$; $p = 0.0300$) 115
- Figura 5: Relação entre a distância à vegetação dos ninhos (m) e o período (dias) entre a postura e a emergência dos filhotes de *Podocnemis unifilis* durante 2007, Santarém, Pará, Brasil 116
- Figura 6: Relação entre o número de dias após o início das desovas e o período (dias) entre a postura e a emergência dos filhotes de *Podocnemis unifilis* durante 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil: 6a) ano de 2007; 6b) ano de 2009 117

FIGURAS:

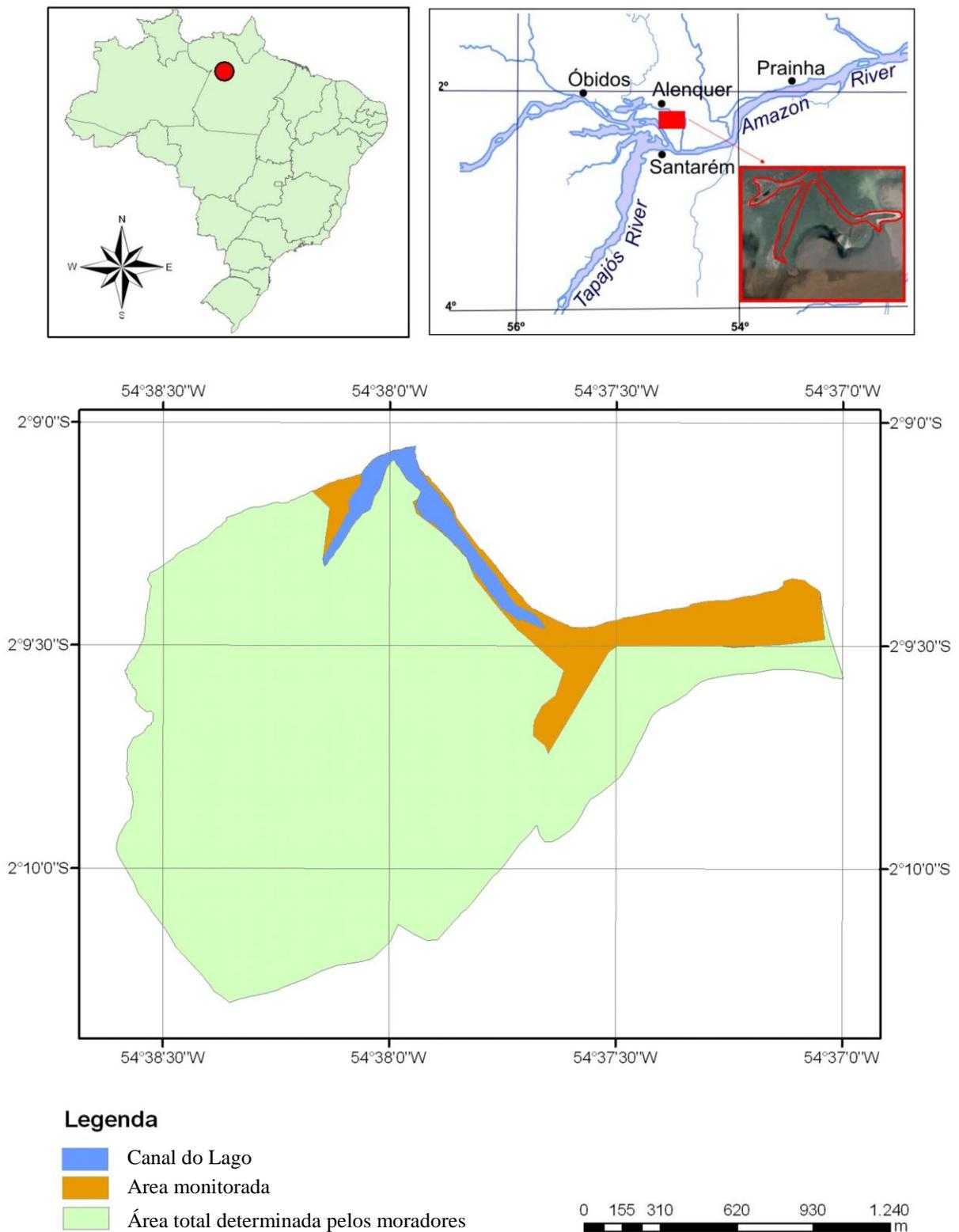


Figura 1: Área de estudo, na várzea do baixo rio Amazonas, município de Santarém, Pará, Brasil, evidenciando a área monitorada (em laranja).

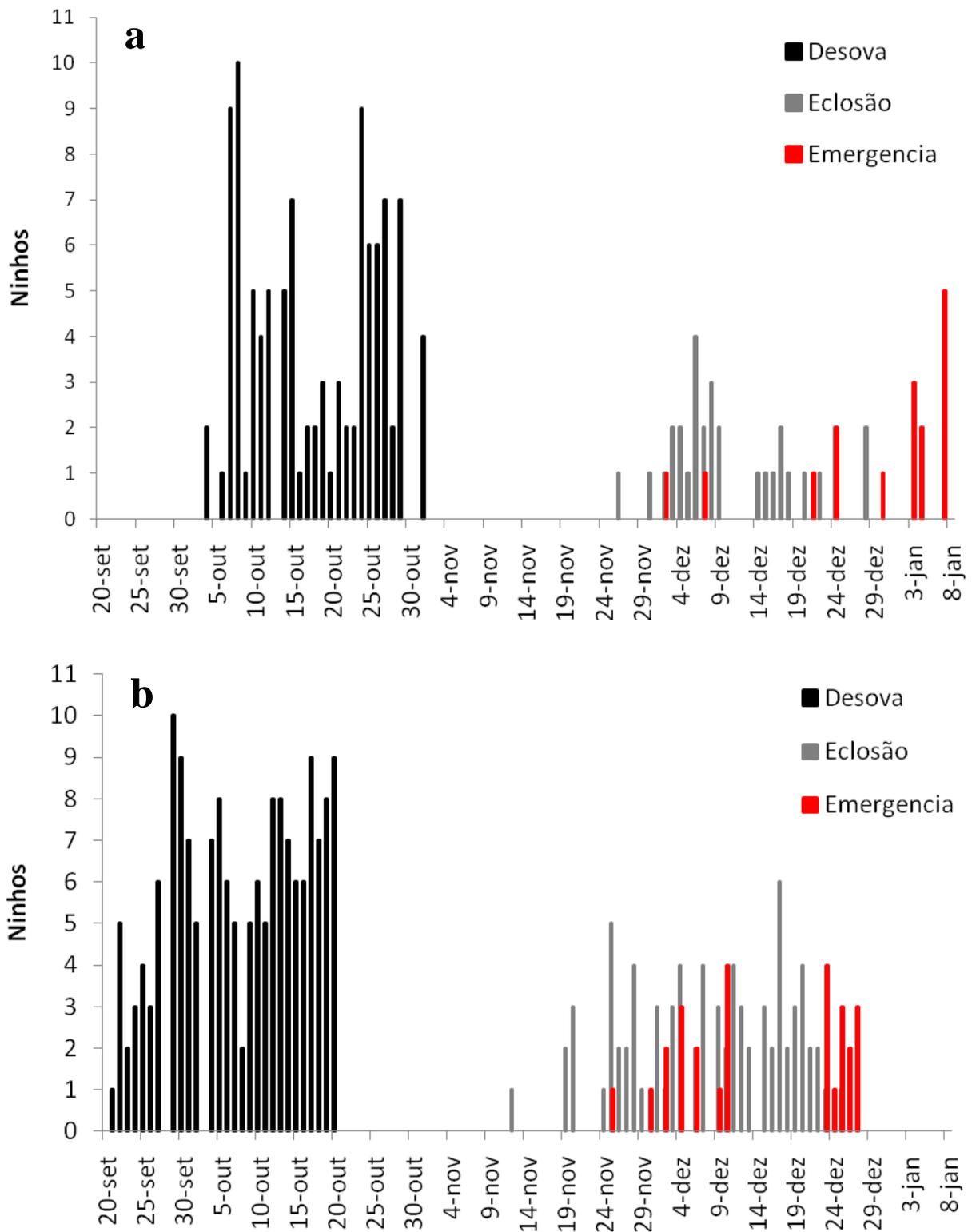


Figura 2: Número de ninhos de *Podocnemis unifilis* depositados, eclodidos e emergidos na várzea do baixo rio Amazonas, durante os ciclos reprodutivos de 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil: 2a) ciclo reprodutivo de 2007; 2b) ciclo reprodutivo de 2009.



Figura 3: Porcentagem de filhotes de *Podocnemis unifilis* que eclodiram em cada dia na várzea do baixo rio Amazonas durante 2009, Santarém, Pará, Brasil.

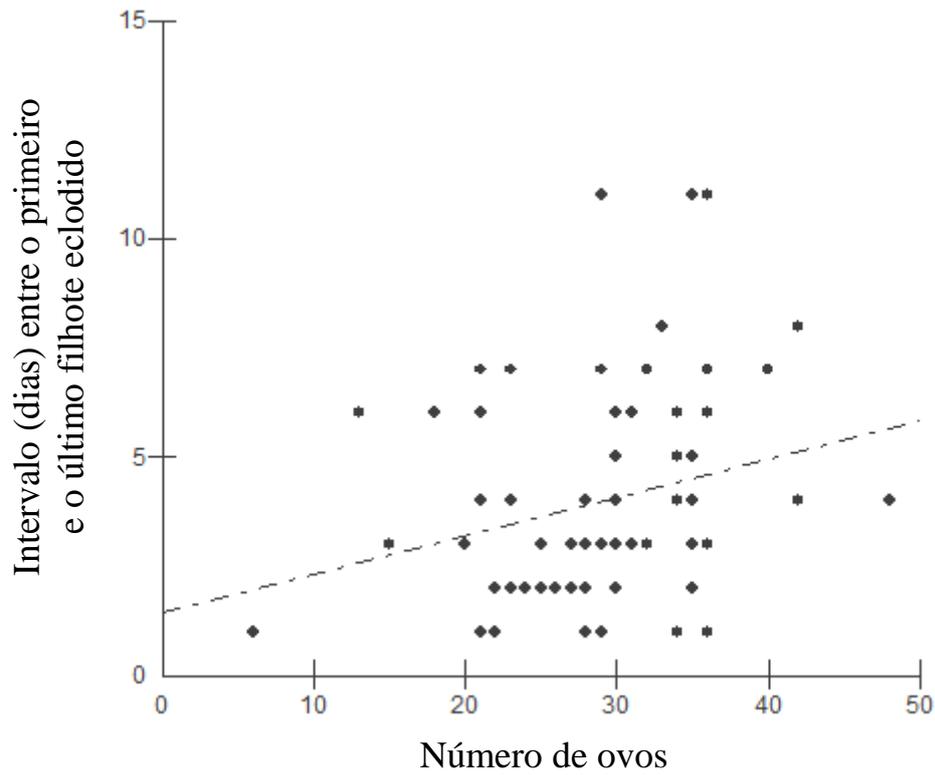


Figura 4: Relação entre o número de ovos e o intervalo (dias) entre o primeiro e o último filhote eclodido de *Podocnemis unifilis* na várzea do baixo rio Amazonas durante 2009, Santarém, Pará, Brasil (Regressão Simples, $F = 4.8003$; $N = 69$; $GL = 1$; $p = 0.0300$).

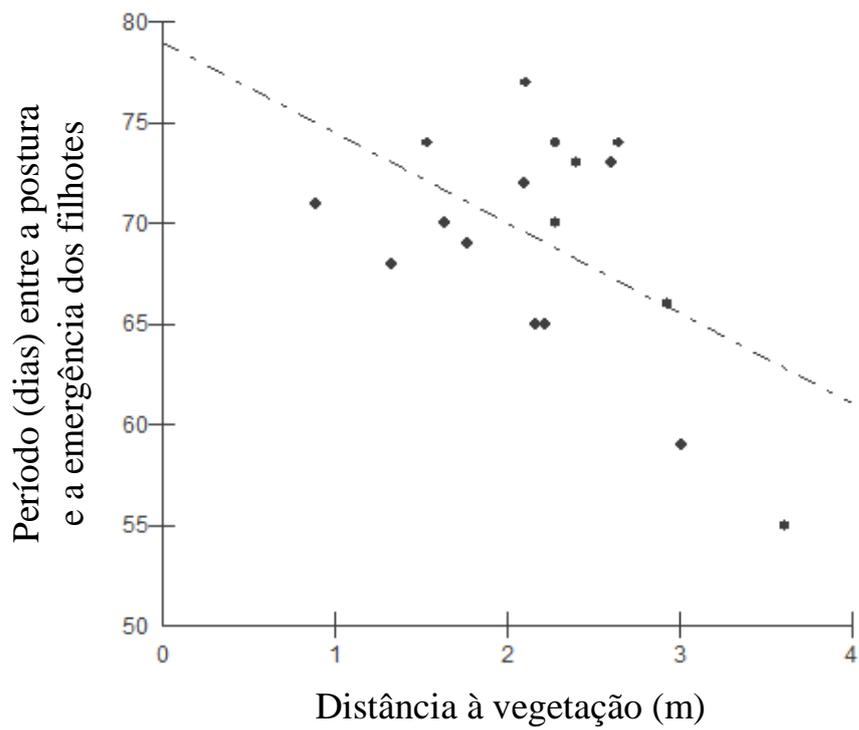


Figura 5: Relação entre a distância à vegetação dos ninhos (m) e o período (dias) entre a postura e a emergência dos filhotes de *Podocnemis unifilis* durante 2007, Santarém, Pará, Brasil (Regressão múltipla, R múltiplo² ajustado = 0.726; $t = -2.764$; $N = 17$; $p = 0.016$).

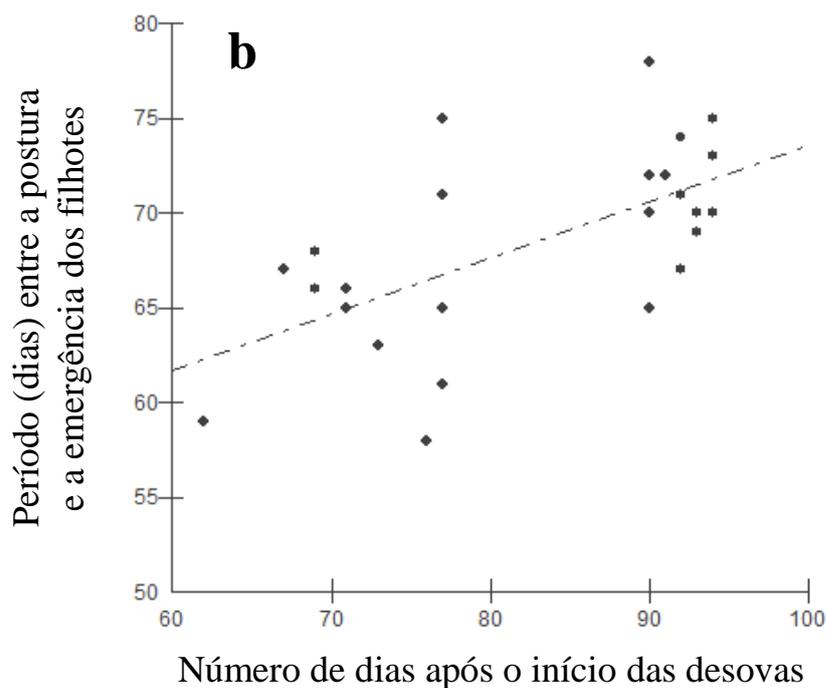
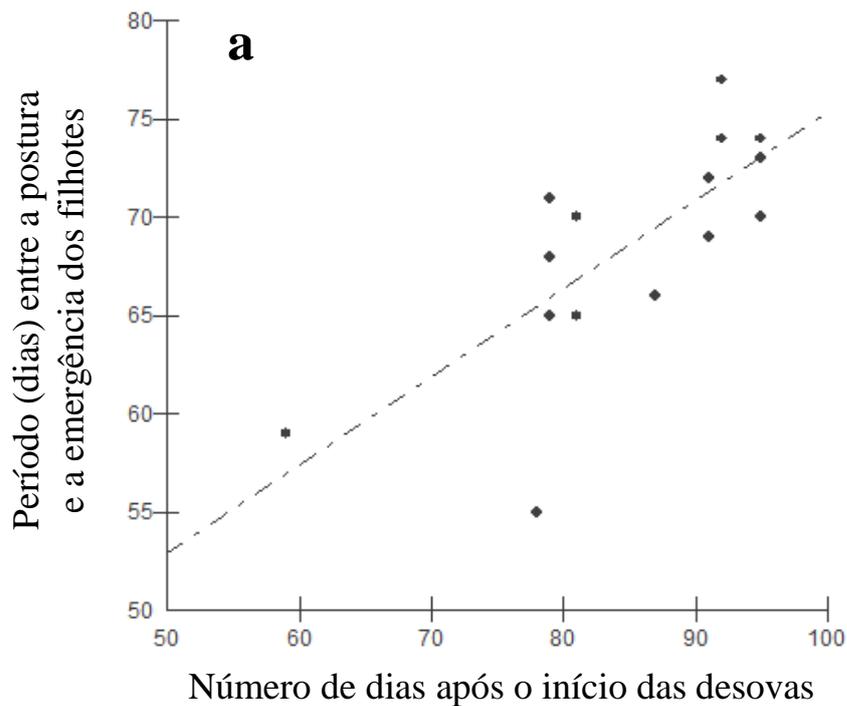


Figura 6: Relação entre o número de dias após o início das desovas e o período (dias) entre a postura e a emergência dos filhotes de *Podocnemis unifilis* durante 2007 e 2009, Santarém, Pará, Brasil: 6a) ano de 2007 (Regressão múltipla, R múltiplo² ajustado = 0.726; $t = 4.914$; $N = 17$; $p = 0.000$); 6b) ano de 2009 (Regressão múltipla, R múltiplo² ajustado = 0.329; $t = 4.095$; $N = 27$; $p = 0.001$).