



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA**

**CRISTIANE COSTA CARNEIRO**

**INFLUÊNCIA DO AMBIENTE DE NIDIFICAÇÃO SOBRE A TAXA DE ECLOSÃO,  
A DURAÇÃO DA INCUBAÇÃO E A DETERMINAÇÃO SEXUAL EM  
*PODOCNEMIS* (REPTILIA, PODOCNEMIDIDAE) NO TABULEIRO DO  
EMBAUBAL RIO XINGU, PARÁ**

**BELÉM, PA  
2012**

CRISTIANE COSTA CARNEIRO

**INFLUÊNCIA DO AMBIENTE DE NIDIFICAÇÃO SOBRE A TAXA DE ECLOSÃO,  
A DURAÇÃO DA INCUBAÇÃO E A DETERMINAÇÃO SEXUAL EM  
*PODOCNEMIS* (REPTILIA, PODOCNEMIDIDAE) NO TABULEIRO DO  
EMBAUBAL RIO XINGU, PARÁ**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Juarez Carlos Brito Pezzuti

BELÉM, PA  
2012

---

Carneiro, Cristiane Costa, 1983-

Influência do ambiente de nidificação sobre a taxa de eclosão, a duração da incubação e a determinação sexual em Podocnemis (Reptilia, Podocnemididae) no Tabuleiro do Embaubal Rio Xingu, Pará / Cristiane Costa Carneiro. - 2012.

Orientador: Juarez Carlos Brito Pezzuti.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Belém, 2012.

1. Quelônio - Xingu, Rio (Pa). 2. Quelônio - Reprodução. 3. Vida selvagem - Conservação. I. Título.

CDD 22. ed. 597.92098115

---

CRISTIANE COSTA CARNEIRO

**INFLUÊNCIA DO AMBIENTE DE NIDIFICAÇÃO SOBRE A TAXA DE  
ECLOSÃO, A DURAÇÃO DA INCUBAÇÃO E A DETERMINAÇÃO SEXUAL  
EM *PODOCNEMIS* (REPTILIA, PODOCNEMIDIDAE) NO TABULEIRO DO  
EMBAUBAL RIO XINGU, PARÁ**

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Ecologia Aquática e Pesca da  
Universidade Federal do Pará,  
como requisito parcial para a  
obtenção do grau de Mestre em  
Ecologia Aquática e Pesca.

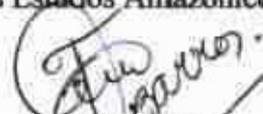
Conceito: Excelente

Data da aprovação: 14/05/2012

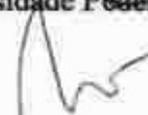
Banca examinadora:



Prof. Dr. Juarez Pezzuti - Orientador  
Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, UFPA



Prof. Dr. Flávio Bezerra Barros - Membro  
Universidade Federal do Pará - UFPA



Prof. Dr. Ronaldo Borges Barthem - Membro  
Universidade Federal do Pará - UFPA



Prof. Dr. Tommaso Giarrizzo - Membro  
Universidade Federal do Pará - UFPA

Esta dissertação é dedicada a minha família.  
Pelo apoio incondicional de sempre...

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à minha família que sempre me apoiou e não mediu esforços para que eu corresse atrás dos meus sonhos. Tudo isto não seria possível se não fosse vocês.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado. Agradeço à Universidade Federal do Pará – Altamira e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Senador José Porfírio pelo apoio logístico.

Agradeço ao meu orientador Dr. Juarez Pezzuti, pelas oportunidades, por toda dedicação e ajuda, pela amizade e por compartilhar comigo todo seu conhecimento sobre os quelônios.

A Dr<sup>a</sup>. Daniely Félix-Silva (Dany), por todos os ensinamentos e ajuda, pelos conselhos, pelas horas não disponíveis que me foram concedidas na reta final desta dissertação, pela hospedagem de primeira classe e pela companhia dos seus filhos tão especiais.

Agradeço aos professores Dr<sup>a</sup> Victoria Issac e Dr. Ronaldo Barthem pelas críticas construtivas e as valiosas sugestões para a finalização desta dissertação.

Agradeço a toda equipe de quelônios: Aderson, Paula, Juca, Dany, Manú, Luana, Jackson, Adriano, Clara, Mira, Beta, Rafa, Adna, Lobão, Cynara, Jorginho, todos os barqueiros e ajudantes de campo, por toda ajuda na coleta de dados e amizade.

Ao professor Dr. Paulo Dias Ferreira Júnior pelas análises dos sedimentos.

Agradeço aos alunos de graduação de Ciências Biológicas de Universidade Federal do Pará - Altamira, pela ajuda na coleta de dados.

Aos professores da Universidade Federal do Pará – Altamira: Dr Hermes Medeiros, Dr Plácido Magalhães, Dr Ricardo Neri, Dr Rainério Meireles e Dr Rosemar Luz, pelos conselhos e apoio logístico.

Agradeço as minhas companheiras de coleta de dados por toda ajuda e amizade: Viviane Souza, Mirian Rosa, Luana Fernades e Ana Paula.

A equipe da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Senado José Porfírio pelo companheirismo e amizade durante todo o trabalho, pois não conseguiria sem vocês: Luiz, Alda, Naldo, André e Leandro.

Agradeço a Saloma Mendes, secretária de Meio Ambiente de Senador José Porfírio, uma guerreira, que não mede esforços para proteger as tartarugas e o rio Xingu. Sou muito grata pela sua amizade e por todo ensinamento.

Agradeço ao Tarcísio Feitosa e Dr Emério Mendes, companheiros de luta em favor das tartarugas.

Agradeço a minha família do tabuleiro: Dona Alda, Luiz, Seu Naldo, Andre, Leandro, Seu Gato, Seu Pirananboia, Seu Tuica, Dona Itelvina, Dona Raimundinha e minha cachorrinha Vitoria. Obrigado por todo carinho e amizade, vocês moram no meu coração.

As minhas “irmãzinhas”: Pri, Manú, Paulete e Marina. Muitos campos e muitas tartarugas para todas nós.

Aos meus “irmãos” Rossano e Emil, por todos os conselhos e amizade.

Ao Xeno, Jade, Chica, Amora, Pepê e Jack companheiros inseparáveis.

As minhas amigas de Altamira por todo carinho e apoio: Vivi, Alany, Maysa, Marcia, Debora, Mirian e Lucimar.

Às pessoas especiais que estiveram do meu lado no momento mais difícil desta pesquisa: vivi, Alcir, Demilson, Willas, Jessé, Mario, Mirian, Cristina, Reinaldo e minha mãe.

Ao meu querido professor Dr. Flavio Bezerra Barros, o grande culpado pela minha paixão pela biologia, exemplo de pesquisador e ser humano. Muito obrigada pelas valiosas sugestões para a finalização desta dissertação e por todos os conselhos.

Agradeço ao professor Dr. Maurício Camargo Zorro pelas orientações e oportunidades.

Agradeço ao professor Dr. Tommaso Giarrizzo pelas oportunidades durante toda a vida acadêmica. Pelas críticas construtivas e as valiosas sugestões para a finalização desta dissertação.

Aos amigos que fiz em Belém, que tornaram este mestrado muito mais prazeroso: Tanatos, Edipo, Sheiloca, Lu Recife, Cris, Danizinha, Paulo, Leo, Rory, Lulu molusco, Sarita, Brenda, Pampam, Vanessinha e Allan.

Aos companheiros de Império Amazônico: Tanatos, Edipo, Cássio, Amanda e Alany. Muitas risadas juntos e muitas noites em claro. Vocês tornaram minha vida em Belém perfeita.

Aos funcionários do Ibama Altamira: Walber Feijor, Sr. Cícero e Tiago pelos conselhos e orientações, pelos materiais bibliográficos e por estarem sempre disponível em me atender e orientar. E a Tathiana Chaves do ICMBio Altamira, pelo apoio logístico.

E, finalmente, agradeço ao meu querido rio Xingu e todas as forças superiores que imperam sobre ele.

## SUMÁRIO

Introdução geral .....	1
Objetivo geral .....	4
Objetivos específicos.....	4
Referências .....	5
Artigo: Influência do ambiente de nidificação sobre a taxa de eclosão, a duração de incubação e a razão sexual em <i>Podocnemis</i> (Reptilia, Podocnemididae) no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará .....	9
Resumo.....	9
Abstract .....	10
Introdução .....	11
Material e Método .....	12
Resultados .....	17
Discussão .....	20
Considerações Finais.....	26
Agradecimentos .....	27
Referências .....	28
Tabela .....	34
Figuras .....	40

## INTRODUÇÃO GERAL

A conservação dos quelônios amazônicos é especialmente importante, pelo papel histórico e atual destes animais como recurso alimentar para as populações ribeirinhas (Vogt, 1994; Rebêlo & Lugli, 1996).

Entretanto, diversas outras intervenções humanas vêm paulatinamente agravando o quadro para este grupo antigo e evolutivamente bem sucedido de animais. Tanto numa escala global quanto em escala regional, as populações de quelônios, milenarmente exploradas como alimento, atualmente enfrentam o desafio de sobreviver em meio à destruição sistemática dos ambientes naturais aquáticos e terrestres (Klemens, 2000; Moll & Moll, 2004).

Nesse contexto, as espécies aquáticas estão sujeitas a severos impactos que incluem desmatamento em larga escala, poluição, canalização e barramentos para os mais diversos fins, principalmente para geração de energia (Moll & Moll, 2004). No caso específico dos barramentos, estes provocam fragmentação das populações, impedem movimentos migratórios, transformam ambientes lóticos em lênticos, interferem na dinâmica das áreas alagadas utilizadas para alimentação e das áreas utilizadas para reprodução. Quanto a este último aspecto, as áreas utilizadas para desova na região do reservatório desaparecem, enquanto que as praias a jusante ficam comprometidas tanto pela retenção de sedimento quanto pela liberação de silte (Moll & Moll, 2004).

Considerando as barragens já existentes, as dezenas de grandes e as centenas de pequenas centrais hidrelétricas (PCH), projetadas ou em construção para a maioria dos afluentes do Amazonas, é fundamental coligir informações pretéritas sobre os aspectos ecológicos que interferem na reprodução e no sucesso reprodutivo dos quelônios.

Para que se possam implementar medidas eficazes de proteção e manejo sustentável deste recurso, e também de mitigação frente aos referidos impactos de barragens, são indispensáveis estudos acerca da biologia e ecologia reprodutiva das espécies (Vogt & Bull, 1982; Alho *et al*, 1984).

Um dos aspectos mais importantes que deve ser levado em consideração no manejo de quelônios é a influência dos ambientes de nidificação sobre a sobrevivência, o desenvolvimento e o sexo dos embriões (Souza & Vogt, 1994; Pezzuti & Vogt, 1999; Félix-Silva, 2009; Pantoja-Lima *et al*, 2009; Pignati, 2011).

Os répteis possuem dois principais mecanismos de determinação do sexo: determinação sexual dependente da temperatura de incubação (DST) e determinação sexual genotípica (DSG) (Bull & Charnov, 1988; Valenzuela, 2004; Ferreira Júnior, 2009). A DST é

o mecanismo mais frequente entre os quelônios, mas, em algumas espécies a determinação sexual independe da temperatura de incubação (Ferreira Júnior, 2009). Nas espécies com determinação do sexo pelo ambiente, os primeiros passos da diferenciação sexual das gônadas dependem da temperatura de incubação dos ovos (Pieau & Dorizzi, 2004), sendo sensíveis às mudanças no ambiente durante o período crítico do desenvolvimento embrionário (Pieau *et al*, 1999). Para os *Podocnemis*, tal período corresponde ao segundo terço do desenvolvimento embrionário (Bull & Vogt, 1979). A temperatura experimentada pelos ovos, antes e depois deste período termo-sensitivo, pode afetar a taxa de desenvolvimento e a sobrevivência dos embriões, mas não terá efeito sobre a definição do sexo dos mesmos (Ferreira Júnior, 2009). Em geral, determinada faixa de temperatura induz o desenvolvimento de machos (baixas temperaturas), enquanto que outro intervalo leva à produção de fêmeas (altas temperaturas) (Godfrey *et al*, 1999). Separando essas faixas termais, existe uma zona de transição onde são gerados machos e fêmeas (Ferreira Júnior, 2009), denominada de temperatura pivotal (Bull, 1980). A temperatura pivotal pode variar entre espécies e, na mesma espécie, em regiões distintas. Em estudo desenvolvido na Colômbia, por Valenzuela *et al* (1997) registrou-se uma temperatura pivotal de 32.5° C para *Podocnemis expansa*, bem menor quando comparada aos 34.5° C registrados para a população desta espécie no rio Trombetas, no estado do Pará (Alho *et al*, 1984).

A temperatura de incubação influencia a sobrevivência, o tamanho dos filhotes ao nascer, o crescimento, a emergência do ninho, o desempenho locomotor dos filhotes e a termorregulação dos juvenis e adultos (Mrosovsky, 1980; Marcovaldi *et al*, 1997; Janzen, 1993; Rhen *et al*, 1999; Packard, 1999; Andrews, 2004).

Todas as relações acima citadas são afetadas pelas propriedades térmicas do microambiente selecionado pela fêmea para nidificar (Pezzuti, 1998). As características físicas do sítio de nidificação (granulometria do sedimento e perfil da praia) e do ninho (altura e profundidade do ninho) e as propriedades do clima (temperatura do ar e precipitação) determinam as temperaturas de incubação dos ovos durante o desenvolvimento embrionário (Mortimer, 1990; Mrosovsky & Provancha, 1992; Souza & Vogt, 1994; Wilson, 1998; Naro-Maciel *et al*, 1999; Valenzuela, 2001; Malvasio *et al*, 2002a; Matsuzawa *et al*, 2002; Ferreira Júnior, 2003a; Ferreira Júnior & Castro, 2003b; Margaritoulis, 2005; Booth & Freeman, 2006; Santidrián Tomillo *et al*, 2009; Rafferty *et al*, 2011).

Entre as espécies do *Podocnemis*, estudos sobre a ecologia térmica dos ninhos foram desenvolvidos com *P. expansa* (Valenzuela *et al*, 1997; Ferreira Júnior & Castro, 2006), *P. sextuberculata* (Pezzuti, 1998) e *P. unifilis* (Souza & Vogt, 1994; Páez & Bock, 1998;

Ferreira-Júnior & Castro, 2006; Bonach *et al*, 2011; Pignati, 2011). Tais estudos evidenciaram a influência do ambiente térmico sobre o desenvolvimento, a sobrevivência dos embriões e a razão sexual dos filhotes.

Assim, mudanças na composição do sedimento, bem como alterações climáticas têm um poder potencialmente devastador sobre o ciclo reprodutivo dos quelônios amazônicos.

*Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), conhecida popularmente como tartaruga ou tartaruga-da-amazônia, tem a sua distribuição ao longo das bacias hidrográficas dos rios Orinoco e Amazonas (Pritchard & Trebbau, 1984). Esta espécie apresenta comportamento reprodutivo complexo (Alho *et al*, 1982), com as fêmeas depositando os seus ovos de forma gregária, em agrupamentos frequentemente numerosos, em praias localmente conhecidas como *tabuleiros* (Vanzolini, 2003).

*Podocnemis sextuberculata*, conhecida na região amazônica como pitiú ou iaça (Cornalia, 1849), tem sua distribuição restrita à bacia Amazônica (Pritchard & Trebbau, 1984). Ao contrário da tartaruga, esta espécie não tem o comportamento de desovas gregárias e costuma nidificar nos pontos mais altos das praias que surgem na estação seca (Pezzuti & Vogt, 1999).

*Podocnemis unifilis*, conhecida como tracajá (Troschel, 1848), é a espécie de quelônio aquático de mais ampla distribuição, que abrange toda bacia amazônica. Assim como *P. sextuberculata*, as fêmeas desta espécie não desovam em grupos, e depositam seus ninhos em diferentes ambientes ao longo dos rios, lagos, igarapés e demais corpos d'água ao longo da bacia (Escalona & Fa, 1998; Fachín-Terán & Von Mühlhen, 2003) (Figura 1).

O Tabuleiro do Embaubal está localizado na região do baixo rio Xingu, entre os municípios de Vitória do Xingu e Senador José Porfírio. A região abriga uma das maiores populações do gênero *Podocnemis* da bacia amazônica. Contudo, não há até o momento, trabalhos sobre as características do ambiente de nidificação e sua relação com o desenvolvimento, a sobrevivência e a razão sexual dos filhotes, embora os esforços de proteção tenham se iniciado em 1979, com mais de dez milhões de filhotes produzidos (Figura 2). Para a adoção de qualquer prática de conservação e manejo desses animais, é imprescindível a investigação dos aspectos mais elementares da ecologia das espécies, sobretudo quanto ao processo reprodutivo (Pezzuti *et al*, 2008). Desta forma, o presente trabalho pretendeu compreender tais interações na região, para melhor subsidiar as práticas de manejo que vêm sendo aplicadas na região, assim como estabelecer uma base para a futura avaliação dos impactos causados pela implementação do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte.

## OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Avaliar os efeitos das características dos sítios de nidificação sobre a taxa de eclosão, a duração de incubação e a razão sexual em ninhos naturais das espécies de *Podocnemis*, no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, em três estações reprodutivas.

### Objetivos específicos

- Avaliar se as características físicas dos ninhos (altura do ninho com relação ao nível do rio, temperatura média do ninho e número de horas/grau acima de 32° C) diferiram entre os anos;
- Avaliar se as variáveis biológicas (taxa de eclosão, duração de incubação e a razão sexual) diferiram entre os anos;
- Relacionar as características do ambiente do sítio de nidificação (data da postura, altura do ninho em relação á cota do rio, profundidade final do ninho, temperatura média de incubação número de horas-grau acima de 32° C e fração granulométrica do sedimento) com a taxa de eclosão, a duração de incubação e a razão sexual, em ninhos naturais;

## REFERÊNCIAS

- 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 J. Zoology* 60:97-103.
- 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.
- Andrews, R.M. 2004. Patterns of embryonic development. In: Deeming, D.C. (Eds.). *Reptilian Incubation: Environment, Evolution and Behaviour*. Nottingham: Nottingham University Press, pp. 75-102.
- Bonach, K., Malvasio, A., Matushima, E. R., Verdade, L. M. 2011. Temperatura-sex determination in *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae). *Iheringia, Série Zoologia* 101:151-155.
- Booth, D.T., Freeman, C. 2006. Sand and nest temperatures and an estimate of hatchling sex ratio from the Heron island green turtle (*Chelonia mydas*) rookery, southern Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 25:629-633.
- Bull, J. J., Charnov, E. L. 1988 How fundamental are Fisherian sex ratios? *Oxford Surveys in evolutionary biology* 5:96-135.
- Bull, J. J., Vogt, R. C. 1979. Temperature-Dependent Sex Determination in Turtles. *Science* 205:1186-1188.
- Bull, J.J. 1980. Sex determination in reptiles. *Quarterly Review of Biology* 55:3-21.
- 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 Müller, 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.
- 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. 2003. Influência dos processos sedimentológicos e geomorfológicos na escolha das áreas de nidificação de *Podocnemis expansa* (tartaruga-da-amazônia) e *Podocnemis unifilis* (tracajá), do Rio Araguaia. Tese de doutorado, Fundação Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 296pp.
- Ferreira Júnior, P.D. 2009. Efeitos de fatores ambientais no processo reprodutivo das tartarugas. *Acta Amazonica* 39:319-334.

- 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.
- 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.
- Janzen, F.J. 1993. The influence of incubation temperature and family on eggs, embryos, and hatchlings of the smooth softshell turtle (*Apalone mutica*). *Physiol. Zool.* 66:349-373.
- Klemens, M. W. 2000. *Turtle Conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington D. C. pp.334.
- Malvasio, A., Souza, A. M., Ferreira Júnior, P.D., Arruda S F.A., Reis, S.E. 2002. Temperatura de incubação dos ovos e granulometria dos sedimentos das covas relacionadas a determinação sexual em *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) e *P. unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Pelomedusidae). *Publicações avulsas do Instituto Pau Brasil de História Natural* 5:11-25.
- 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.
- Margaritoulis, D. 2005. Nesting activity and reproductive output of loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, over 19 seasons (1984–2002) at Laganas Bay, Zakynthos, Greece: the largest rookery in the Mediterranean. *Chelonian Conservation and Biology* 4:916-929.
- Matsuzawa, Y., K. Sato, W. Sakamoto., K.A. Bjorndal. 2002. Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. *Marine Biology* 140:639-646.
- Moll, D., Moll, E.O. 2004. *The ecology, exploitation, and conservation of river turtles*. Oxford University Press. New York, pp.393.
- 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., 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. 1980. Thermal biology of sea turtle. *American Zoologist* 20:531-547.
- Naro-Maciel, E., Mrosovsky, N., Marcovaldi, M.A. 1999. Thermal profiles of sea turtle hatcheries and nesting areas at Praia do Forte, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 3:407-413.
- Packard, G.C. 1999. Water relations of chelonian eggs and embryos: is wetter better? *American Zoologist* 39:289-303.

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. 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., Dorizzi, M. 2004. Oestrogens and temperature-dependent sex determination in reptiles: all is in the gonads. *Journal of Endocrinology* 181:367-377.

Pieau, C., Dorizzi, M., Richard-Mercier, N. 1999. Temperature-dependent sex determination and gonadal differentiation in reptiles. *CMLS Cell and Molecular Life Science* 55:887-900.

Pignati, M. T., 2011. Ecologia reprodutiva de *Podocnemis unifilis* troschel, 1848 (Testudines: Podocnemididae) em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Universidade Federal do Pará.

Pritchard, P.C.H., Trebbau, P. 1984. *The Turtles of Venezuela*. Athens: Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 403 pp.

Rafferty, A. R., Tomillo, S. P., Spotila, J. R., Paladino, F. V., Reina, R. D. 2011. Embryonic Death Is Linked to Maternal Identity in the Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*). *PLoS One* 6:1-7.

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.

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.

Santidrián Tomillo, P., J. S. Suss, B. P. Wallace, K. D. Magrini, G. Blanco, F. V. Paladino, and J. R. Spotila. 2009. Influence of emergence success on the annual reproductive output of leatherback turtles. *Marine Biology* 156:2021–2031.

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.

- Valenzuela, N. 2001. Constant, shift and natural temperature effects on sex determination in *Podocnemis expansa* turtles. *Ecology* 82: 3010–3024.
- Valenzuela, N. 2004. Temperature-dependent sex determination. *In* Deeming D.C. (Eds.). *Reptilian Incubation: Environment & Behaviour*. Nottingham University Press, pp.211-227.
- Valenzuela, N., Botero, R., Martinez, E. 1997. Field study of sex determination in *Podocnemis expansa* from colombian amazonia. *Herpetologica* 53:390-398.
- Vanzolini, P.E. 2003. On clutch size and hatching success of the south American Turthes *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *P. unifilis* Troschel, 1848 (Testudine, Podocnemididae). *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 75:415-430.
- 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. 1982. Temperature controlled sex determination in turtles: cological and behavioral aspects. *Herpetologica* 38:156-164.
- Wilson, D. 1998. Nest-site selection: microhabitat variation and its effects on the survival of turtle embryos. *Ecology* 79:1884-1892.

Artigo a ser formatado e submetido à revista Copeia.

Influência do ambiente de nidificação sobre a taxa de eclosão, a duração de incubação e a razão sexual em *Podocnemis* (Reptilia, Podocnemididae) no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará

## RESUMO

Nos quelônios, as características do ambiente de nidificação têm forte influência sobre a temperatura de incubação dos ovos e, conseqüentemente, sobre o sucesso reprodutivo. Foram investigados o efeito do ambiente de nidificação sobre a taxa de eclosão, a duração de incubação e a determinação sexual dos filhotes de *Podocnemis expansa*, *Podocnemis unifilis* e *Podocnemis sextuberculata* no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, estado do Pará, Brasil, em 2007, 2008 e 2010. As praias foram monitoradas entre setembro e janeiro, com o acompanhamento dos ninhos marcados desde o dia de postura, em cada ciclo reprodutivo. As seguintes variáveis foram mensuradas: dia da desova, a profundidade final, a altura do ninho em relação ao nível da água no dia da desova a granulometria e a temperatura de incubação. A taxa de eclosão diferiu entre os anos para as três espécies. A duração de incubação variou entre anos apenas para *P. sextuberculata*. A razão sexual de *P. expansa* em 2007 foi 0.08 e em 2008 e 2010 todos os filhotes produzidos foram fêmeas. Para *P. sextuberculata* a razão sexual em 2007 foi 0.34, e em 2008 e 2010 foi 0.06. A razão sexual de *P. unifilis* em 2007 foi de 0.41, 0.65 em 2008 e 0.02 em 2010. Todas estas diferenças foram estatisticamente significativas. A altura do ninho com relação ao nível do rio apresentou correlação positiva com a taxa de eclosão das três espécies em 2008 e uma relação negativa com a taxa de eclosão de *P. sextuberculata* em 2010. O número de dias após o início das desovas influenciou a duração de incubação de *P. sextuberculata* e *P. unifilis* em 2008. A temperatura média, o número de horas/grau acima de 32°C e o tamanho do sedimento influenciou a razão sexual de *P. expansa*. Os resultados atestam para a variação no sucesso de eclosão, no desenvolvimento embrionário e na proporção sexual produzida entre os anos. Ainda, observou-se que a influência de variáveis microclimáticas dos sítios selecionados para desova, embora influenciem nas características térmicas e nas variáveis de interesse, podem variar de ano para outro. Recomenda-se o monitoramento continuado dos referidos parâmetros nas principais áreas onde se investe na proteção de sítios reprodutivos de quelônios.

**PALAVRAS CHAVE:** Podocnemis, rio Xingu, ambiente termal, variação climática.

## ABSTRACT

In turtles, the characteristics of the nesting environment have a strong influence on the incubation temperature of eggs and, consequently, on the reproductive success. The effects of the environment of nesting on the hatching rate, the duration of incubation and the sexual determination of the nestlings of *Podocnemis expansa*, *Podocnemis unifilis* and *Podocnemis sextuberculata* in the Embaubal nesting beach, Xingu River, Pará State, Brazil, in 2007, 2008 and 2010 were investigated. Nesting beaches were continuously visited between September and January, in order to monitor nests marked in the first day after oviposition, in each reproductive season. The following features were measured: day of spawning, depth to the first egg, the nest's height in relation to the river level, granulometry and temperatures of incubation. The hatching rate differed between years for the three species. The duration of incubation varied only between years for *P. sextuberculata*. The sex ratio of *P. expansa* in 2007 was 0.08 and in 2008 and 2010 all the nestlings were females. In *P. sextuberculata* sex ratio in 2007 was 0.34, and in 2008 and 2010 was 0.06. The sex ratio of *P. unifilis* in 2007 was 0.41, 0.65 in 2008 and 0.02 in 2010. All of these differences were significant statistically. The nest's height in relation to the river level presented positive correlation with the hatching rate of the three species in 2008 and a negative relation with the hatching rate of *P. sextuberculata* in 2010. The number of days after the beginning of the spawnings influenced the duration of incubation of *P. sextuberculata* and *P. unifilis* in 2008. The average temperature, the number of hours/degree above of 32°C and the size of the sediment influenced the sex ratio of *P. expansa*. The results attest to the variation in hatching success, embryo development and sex ratio produced between years. Still, it was observed that the influence of microclimatic variables of the selected sites for nesting in nesting success and sex ratio varied between years, which is a clear evidence that climatic conditions play a major role and causes changes in the parameters examined throughout a nesting season and between nesting seasons in subsequent years. It is recommended the continued monitoring of the related parameters in the main areas which invest the protection of the reproductive sites of turtles.

**KEYWORDS:** *Podocnemis*, Xingu River, thermal environment, climate change.

## INTRODUÇÃO

A seleção do sítio de nidificação constitui um aspecto crucial na reprodução dos quelônios (Kamel & Mrosovsky, 2004). O local selecionado pelas fêmeas para depositar os seus ovos afetará diretamente nas condições físico-químicas de incubação durante todo o desenvolvimento embrionário (Bull, 1983; Pezzuti & Vogt, 1999; Valenzuela, 2001), com reflexos na taxa de sobrevivência (Mrosovsky, 1980; Marcovaldi *et al*, 1997; Pignati, 2011), no tamanho do filhote ao nascer (Packard, 1999; Andrews, 2004), no crescimento posterior (Mrosovsky, 1980; Spencer & Janzen, 2011) e no sexo dos filhotes (Yntema, 1976; Mrosovsky, 1980; Bull, 1983; Alho *et al*, 1984; Souza & Vogt, 1994).

As variáveis microclimáticas do ambiente, como temperatura e umidade do substrato, estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento embrionário (Ackerman, 1997). Estas variáveis podem diferir entre as áreas de nidificação disponíveis em função de características físicas do local, como o perfil da praia (Ferreira Júnior, 2003), a profundidade dos ninhos (Wilson, 1998; Valenzuela, 2001; Booth & Freeman, 2006), a granulometria do substrato (Mortimer, 1990; Souza & Vogt, 1994; Naro-Maciél *et al*, 1999; Malvasio *et al*, 2002a) e a cobertura vegetal (Janzen, 1994; Wilson, 1998; Serafine *et al*, 2009). Estes fatores também podem variar entre as estações reprodutivas, devido à variação nas condições climáticas entre os anos (Mrosovsky & Provancha, 1992; Matsuzawa *et al*, 2002; Margaritoulis, 2005; Santidrián Tomillo *et al*, 2009; Rafferty *et al*, 2011). Desta forma, o ambiente termal e o local escolhido pela fêmea influenciará no sucesso de eclosão, na duração de incubação e na razão sexual dos embriões, bem como em diferentes parâmetros dos desenvolvimentos futuro dos indivíduos, como o desempenho locomotor dos filhotes e a termorregulação dos juvenis e adultos (Janzen, 1993; Rhen *et al*, 1999).

Entre as espécies do gênero *Podocnemis*, estudos sobre ecologia térmica dos ninhos foram desenvolvidos com *Podocnemis expansa* Schweigger, 1812 (Valenzuela *et al*, 1997; Ferreira Júnior & Castro, 2006) *Podocnemis sextuberculata* Cornalia, 1849 (Pezzuti, 1998) e *Podocnemis unifilis* Troschel, 1848 (Souza & Vogt, 1994; Páez & Bock, 1998; Ferreira Júnior & Castro, 2006; Bonach *et al*, 2011; Pignati, 2011). Ambos os estudos evidenciaram a influência do ambiente térmico sobre o desenvolvimento e a sobrevivência dos embriões. Além disto, *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* apresentam determinação sexual dependente das condições ambientais (Alho *et al*, 1984; Souza & Vogt, 1994; Valenzuela *et al*, 1997; Pezzuti & Vogt, 1999; Valenzuela, 2001; Félix-Silva, 2009; Bonach *et al*, 2011;

Pignati, 2011). Isto significa que a determinação do sexo dos embriões será influenciada pelas condições do ambiente durante o desenvolvimento embrionário.

A sobrevivência, o desenvolvimento e a razão sexual são um produto das características do local, da variação anual do clima, da sobrevivência dos filhotes e da temperatura crítica a que os embriões estão submetidos (Souza & Vogt, 1994; Páez & Bock, 1998; Pezzuti, 1998; Ferreira Júnior & Castro, 2006; Pignati, 2011). Portanto, conhecer como as características físicas do ninho podem influenciar o ambiente térmico ao longo do período de incubação, é fundamental para identificar sítios de nidificação estratégicos para o ciclo reprodutivo das espécies (Félix-silva, 2009), de modo que se assegure a sobrevivência e uma proporção de sexo condizente com a manutenção da população (Ferreira Júnior, 2009).

*P. expansa* (tartaruga-da-amazônia), *P. unifilis* (tracajá) e *P. sextubercula* (pitiú) apresentam uma ampla distribuição geográfica na América do Sul, ocupando os principais rios e afluentes da região amazônica (Pritchard & Trebbau, 1994). *P. expansa* e *P. sextubercula* nidificam nos bancos arenosos mais altos que surgem na estação seca (Alho & Pádua, 1982; Pezzuti & Vogt, 1999; Haller & Rodrigues, 2006; Pantoja-Lima *et al*, 2009), enquanto *P. unifilis* utiliza praias e barrancos, e suas desovas podem ser associadas à presença de vegetação (Escalona & Fa, 1998; Fachín-Terán & Von Mülhen, 2003; Ferreira Júnior & Castro, 2003a; Félix-Silva, 2009; Pantoja-Lima *et al*, 2009; Pignati, 2011). A compreensão das relações entre características do microambiente dos ninhos e sucesso reprodutivo é imprescindível para estabelecer práticas de manejo e conservação. Desta forma, este trabalho investiga o efeito do ambiente de nidificação sobre a duração de incubação, a taxa de eclosão e a determinação sexual dos filhotes de *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata*, no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, estado do Pará, Brasil, em três temporadas reprodutivas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

Os dados foram obtidos no Tabuleiro do Embaubal, localizado no Baixo rio Xingu, entre os municípios de Vitória do Xingu e Senador José Porfírio (2°41'S; 52°47'W), sudoeste do estado do Pará, Brasil (Figura 1). Na região do tabuleiro, o rio apresenta-se largo e forma um ambiente com características semelhantes às de um lago, denominado Lago de Ria (Sioli, 1991), a influência da maré se faz sentir em praticamente todo o trecho até o início das cachoeiras, depois da localidade conhecida como Belo Monte. É uma região fracamente

navegável e sua declividade é baixa e semelhante à do rio Amazonas (Perota e Botelho, 1994). Nos anos de 2007, 2008 e 2010 o nível máximo do rio Xingu, na região do Tabuleiro do Embaubal, oscilou entre 779 a 677 cm e o nível mais baixo ficou entre 138 a 142 cm (Figura 2). Os maiores índices de pluviosidade foram registrados entre março e maio e os menores entre julho e setembro, conforme dados obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA) (Figura 3).

A vegetação na região do baixo rio Xingu é composta principalmente de floresta ombrófila densa e floresta ombrófila aluvial, que se modificam conforme a sua distribuição espacial (Ivanauskas *et al*, 2008). Entre as espécies mais comuns no estrato de terra firme estão a castanheira (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), o amarelão (*Apuleia mollaris*, Caesalpinaceae) e a seringueira (*Hevea brasiliensis*, Euphorbiaceae). Na área aluvional a floresta é rica em palmeiras jauari (*Astrocaryum jauari*), açáí (*Euterpe oleracea*) e caranã (*Mauritiella armata*), além disto, ao longo da faixa marginal do rio, em áreas permanentes inundadas, pode ser encontrado extensa formação arbustiva conhecida por “aningal”, dominada pela espécie *Montrichardia arborecens* Schott., (Perota e Botelho, 1994; Salomão *et al*, 2007; Watrin, 2009). Evidenciam-se ainda, neste trecho, expressivas áreas de campos naturais inundados, compostas de formações herbáceas ou arbustivo/herbáceas, presentes em continuidade com as florestas de transição (Watrin, 2009).

As atividades de manejo e proteção aos quelônios na região tiveram início em 1979, com o Projeto Quelônios da Amazônia (PQA, atualmente denominado Programa Quelônios da Amazônia). Durante o período de 1979 a 2009 estimou-se uma produção total de 8.447.957 filhotes de quelônios (dados cedidos pelo RAN-GO). Esta área abriga uma das maiores populações do gênero *Podocnemis* de toda a região Amazônica, que se reproduz num conjunto de praias da região.

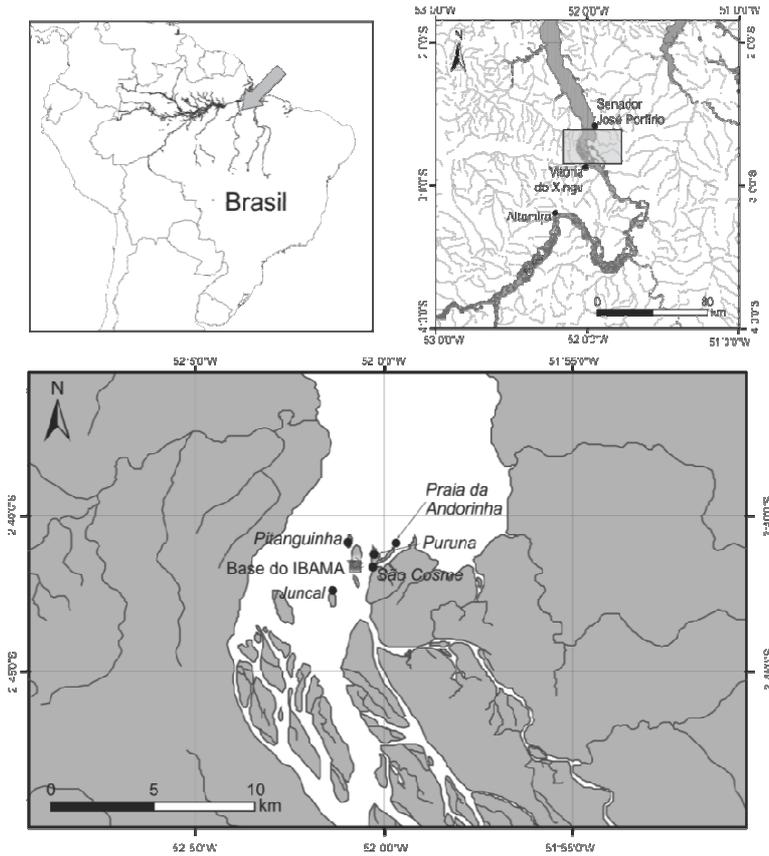


Fig. 1. Localização da área de estudo, no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará.

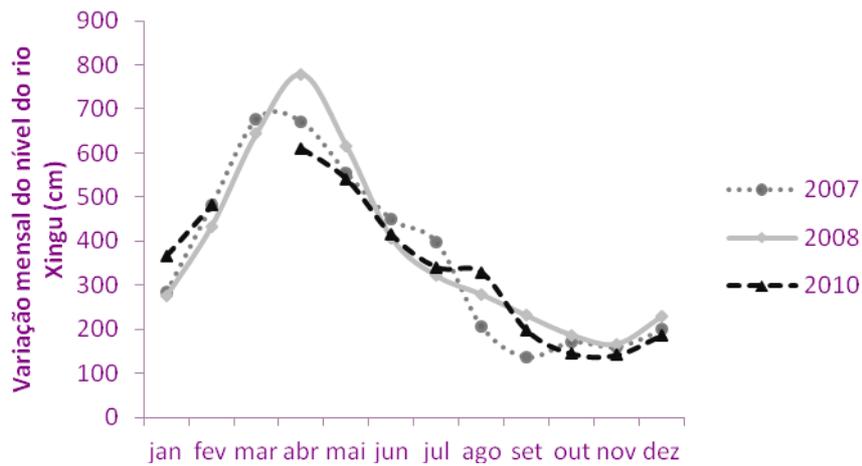


Fig. 2. Variação mensal do nível do rio Xingu (cm) no município de Senador José Porfírio região do Tabuleiro do Embaubal, durante 2007, 2008 e 2010. Dados obtidos no site da Agência Nacional de Águas – ANA.

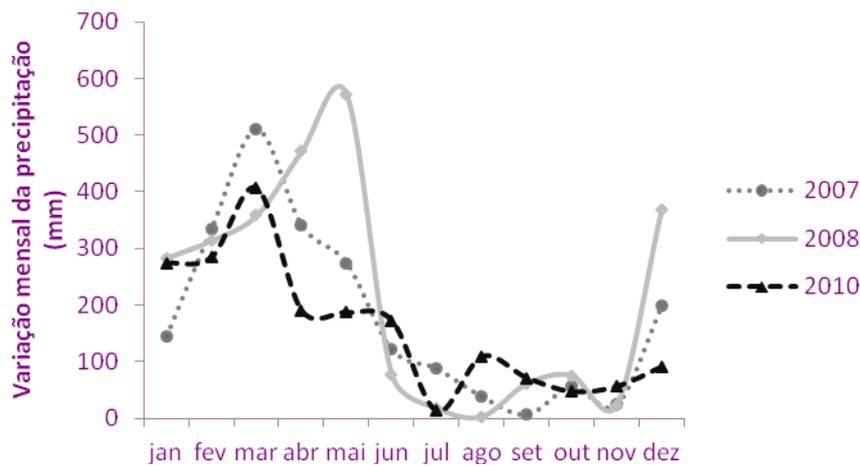


Fig. 3. Variação mensal da precipitação (mm) no município de Senador José Porfírio durante 2007, 2008 e 2010. Dados obtidos no site da Agência Nacional de Águas – ANA.

### Coleta de Dados

O monitoramento da desova em 2007 ocorreu de 25 de setembro a 28 de outubro e do período de eclosão dos filhotes ocorreu de 15 de novembro a 22 de dezembro. Em 2008 o monitoramento do período de desova ocorreu de 4 a 25 de outubro e do período de eclosão dos filhotes ocorreu de 7 a 22 de dezembro. O monitoramento da desova de 2010 ocorreu de 9 a 16 de outubro e do período de eclosão dos filhotes ocorreu de 6 a 22 de dezembro. Nesse período as principais praias de desova foram inspecionadas diariamente, para detecção das eventuais desovas ocorridas durante a madrugada. Houve a necessidade de visitas diárias aos locais de postura, pois a localização visual dos ninhos só é possível com o solo recentemente perturbado, estando nítidos os rastros deixados no dia anterior pelas fêmeas e os ninhos cobertos externamente com material úmido, removido pelas mesmas (Souza & Vogt 1994; Fachín-Terán, 1992; Pezzuti & Vogt, 1999). Cada ninho teve a sua posição marcada com uma estaca numerada e foi georeferenciado utilizando-se um aparelho de GPS. Para cada ninho encontrado, foram registradas a data de oviposição, a profundidade final (distância entre a superfície e a base da câmara de ovos) medida em milímetros e a altura do ninho em relação ao nível da água no dia da desova (em milímetros), com auxílio de régua. Foram analisadas amostras de sedimento para verificar a composição granulométrica de 26 ninhos de *P. expansa*, 26 ninhos de *P. unifilis* e 19 ninhos de *P. sextuberculata*. As análises granulométricas dos sedimentos foram realizadas a partir de amostras de 300g de sedimento coletado dentro do ninho após a eclosão dos filhotes. Os sedimentos foram classificados nas frações : lama, areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa, areia muito grossa,

grânulo e seixo, segundo a escala de Folk/Wentworth descrita em Folk (1974). A temperatura de incubação foi monitorada em 18 ninhos de *P. expansa*, sendo três ninhos em 2007, seis em 2008 e nove em 2010. Para *P. unifilis* foram monitorados a temperatura de dois ninhos em 2007, três ninhos em 2008 e dois ninhos em 2010. Para *P. sextuberculata* foram registrados as temperaturas apenas em 2007 e 2008, com dois ninhos monitorados em cada ano. Os coletores remotos de temperatura (*data-loggers*) foram mantidos nos ninhos durante todo o período de incubação, sendo enterrados exatamente ao lado da câmara de ovos, de forma que os sensores de medição permanecessem junto com os ovos (Pezzuti, 1998; Félix-Silva, 2004; Ferreira Júnior & Castro 2006), e programados para registrar a temperatura a cada hora .. Para cada ninho monitorado foi obtida a média da temperatura de incubação e o número de horas-grau acumulado acima de 32 °C, seguindo metodologia descrita por Souza & Vogt (1994). Para os três anos foram contabilizados, o número de filhotes vivos por ninho, o número de embriões mortos, o número de ovos não fecundados e o número de ovos atrésicos (ovos fecundados, mas sem desenvolvimento), possibilitando assim o cálculo da taxa de eclosão (número de filhotes eclodidos vivos em cada ninho divididos pelo número de ovos totais do mesmo). Para o cálculo da duração de incubação considerou-se o número de dias entre a desova e a eclosão do primeiro ovo (Godfrey *et al*, 1996; Pezzuti, 1998; Félix-Silva, 2009).

Foram tomados ao acaso 88 ninhos para a análise da razão sexual. Para as análises de 2007 foram coletados filhotes de 10 ninhos de *P. expansa*, 12 ninhos de *P. unifilis* e 10 ninhos de *P. sextuberculata*. Em 2008 foram coletados filhotes de nove ninhos de *P. expansa*, 10 ninhos de *P. unifilis* e nove ninhos de *P. sextuberculata*. Em 2010 foram coletados filhotes de 11 ninhos de *P. expansa*, nove ninhos de *P. unifilis* e oito ninhos de *P. sextuberculata*. Destes, foram coletados cinco filhotes de *P. unifilis* e *P. sextuberculata*, e 10 filhotes para *P. expansa*, por ninho, para verificação do sexo. Os filhotes foram mortos com injeção de 0,1ml de Nembutal e fixados em solução de formol tamponada (1L de formol a 10%, 4 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>). O sexo foi determinado pelo exame das gônadas, com auxílio de um microscópio óptico de acordo com Malvasio *et al*, (2002b). A razão sexual foi determinada como sendo a proporção de machos na ninhada.

## **Análises**

Os valores da taxa de eclosão e da razão sexual foram convertidos para arcoseno antes da realização dos testes. Para avaliar se as características dos ninhos (data da postura, altura do ninho com relação ao nível do rio, profundidade final, fração granulométrica do sedimento,

temperatura média do ninho e número de horas/grau acima de 32° C) e as variáveis biológicas (taxa de eclosão, tempo de incubação e a razão sexual) diferiram entre os anos, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis e o teste de Mann-Whitney. A influência das características dos sobre o tempo de incubação, a razão sexual e a taxa de eclosão dos embriões, nos três anos de estudo, foi testado através de Correlações de Spearman. Para avaliar a influência da fração granulométrica dos diferentes tipos de sedimento sobre a taxa de eclosão, o tempo de incubação e a razão sexual, também foi utilizada a Correlação de Spearman. Todas as análises estatísticas foram realizadas de acordo com Zar (2008) e os programas estatísticos utilizados para a realização das análises foram o Systat 10.0 (Wilkinson, 1990) e o Bioestat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007).

## RESULTADOS

### Duração de Incubação

A duração média do período de incubação dos ovos de *P. unifilis* em 2008 foi de 61±5.5 dias e em 2010 foi de 61±3.6 dias, não diferindo significativamente entre os dois anos (Mann-Whitney,  $U = 334.50$ ;  $p = 0.4904$ ; Tabela 1). Das variáveis analisadas em 2008, somente o número de dias entre o início do período reprodutivo afetou negativamente a duração de incubação ( $r_s = -0.5595$ ;  $N = 56$ ;  $p = < 0.0001$ ; Figura 7). Portanto, os ninhos do início da estação reprodutiva apresentaram maior duração da incubação quando comparados com os ninhos depositados ao final da estação reprodutiva, naquele ano. A duração de incubação em 2010 não foi afetada pelas variáveis consideradas (Tabela 3).

Para *P. sextuberculata* a duração média do período de incubação dos ovos em 2008 foi de 55.3±5.2 dias, e em 2010 foi de 60±6 dias, diferindo significativamente entre os anos de monitoramento (Mann-Whitney,  $U = 104.00$ ;  $p = 0.0145$ ). Das variáveis analisadas em 2008, somente o número de dias entre o início do período reprodutivo afetou negativamente a duração de incubação ( $r_s = -0.6705$ ;  $N = 38$ ;  $p = < 0.0001$ ; Figura 8). Desta forma, os ninhos do início da estação reprodutiva apresentaram maior duração da incubação quando comparados com os ninhos depositados ao final da estação reprodutiva, naquele ano. A duração de incubação em 2010 não foi afetada pelas variáveis consideradas (Tabela 3).

Para *P. expansa* a duração do período de incubação não foi analisada pela falta de dados precisos quanto à data de eclosão do primeiro ovo.

## Taxa de Eclosão

A taxa de eclosão diferiu significativamente entre os anos para *P. expansa* (Kruskal-Wallis,  $H = 33.5104$ ;  $GL = 2$ ;  $p = < 0.0001$ ). Durante o monitoramento de 2007 a taxa de eclosão foi de  $0.81 \pm 0.18$  e não foi afetada por nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 3). Em 2008 a taxa de eclosão média foi de  $0.23 \pm 0.28$ , das variáveis analisadas à altura dos ninhos em relação à cota do rio ( $r_s = 0.5665$ ;  $N = 48$ ;  $p = < 0.0001$ ; Figura 4a) e a profundidade final ( $r_s = -0.2980$ ;  $N = 48$ ;  $p = 0.0396$ ), apresentou correlação com a taxa de eclosão. Neste ano, os ninhos mais baixos e mais profundos apresentaram uma menor taxa de eclosão. Em 2010 a taxa de eclosão foi  $0.40 \pm 0.22$  e foi afetada apenas pela profundidade final ( $r_s = 0.3557$ ;  $N = 34$ ;  $p = 0.0389$ ). Neste ano, os ninhos mais profundos apresentaram uma maior taxa de eclosão. A análise das correlações dos sedimentos dos ninhos e a taxa de eclosão mostraram uma correlação negativa com as frações granulométricas do tipo grânulo ( $r_s = -0.5014$ ;  $N = 26$ ;  $p = 0.009$ ; Figura 4d), areia muito grossa ( $r_s = -0.5137$ ;  $N = 26$ ;  $p = 0.0070$ ; Figura 4e), areia grossa ( $r_s = -0.5795$ ;  $N = 26$ ;  $p = 0.0019$ ; Figura 4f) e positiva com areia média ( $r_s = 0.4531$ ;  $N = 26$ ;  $p = 0.0200$ ; Figura 4g). Desta forma, ninhos com sedimentos mais grossos mostraram uma menor taxa de eclosão.

A taxa de eclosão diferiu significativamente entre os anos para *P. unifilis* (Kruskal-Wallis,  $H = 8.7537$ ;  $GL = 2$ ;  $p = 0.0126$ ). Durante o monitoramento de 2007 a taxa de eclosão foi de  $0.48 \pm 0.43$  e não foi afetada por nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 3). Em 2008 a taxa de eclosão média foi de  $0.73 \pm 0.35$  e foi afetada apenas pela altura dos ninhos em relação à cota do rio ( $r_s = 0.3569$ ;  $N = 57$ ;  $p = 0.0064$ ; Figura 5). Portanto, neste ano os ninhos mais altos apresentaram um maior sucesso de eclosão. Em 2010 a taxa de eclosão foi  $0.55 \pm 0.43$  e não foi afetada por nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 3).

A taxa de eclosão diferiu significativamente entre os anos para *P. sextuberculata* (Kruskal-Wallis,  $H = 14.2059$ ;  $GL = 2$ ;  $p = 0.0008$ ; Tabela 1). Durante o monitoramento de 2007 a taxa de eclosão foi de  $0.65 \pm 0.36$  e não foi afetada por nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 3). Em 2008 a taxa de eclosão média foi de  $0.69 \pm 0.38$  e foi afetada apenas pela altura dos ninhos em relação à cota do rio ( $r_s = 0.2855$ ;  $N = 53$ ;  $p = 0.0382$ ; Figura 6b). Portanto, neste ano os ninhos mais altos apresentaram um maior sucesso de eclosão. Em 2010 a taxa de eclosão foi  $0.30 \pm 0.40$  e assim como em 2008 a altura dos ninhos apresentou correlação com a taxa de eclosão ( $r_s = -0.6046$ ;  $N = 12$ ;  $p = 0.0372$ , Figura 6a), mas ao contrário de 2008, os ninhos mais altos apresentaram uma menor taxa de eclosão.

## Razão Sexual

Para *P. expansa* a razão sexual diferiu significativamente entre os anos de monitoramento (Kruskal-Wallis,  $H = 6.9708$ ;  $GL = 2$ ;  $p = 0.0306$ ). Em 2007 a razão sexual média foi 0.08 com 40% (N=4) dos ninhos compostos exclusivamente por fêmeas e 60% (N=6) com filhotes de ambos os sexos. Os ninhos monitorados nos anos de 2008 e 2010 foram compostos exclusivamente por fêmeas, evidenciando um desvio acentuado para a produção de fêmeas nos três anos monitorados. Das variáveis analisadas a altura dos ninhos em relação à cota do rio ( $r_s = -0.5134$ ;  $N = 30$ ;  $p = 0.0037$ ; Figura 9b), a porcentagem de sedimento do tipo areia grossa ( $r_s = -0.5622$ ;  $N = 21$ ;  $p = 0.0079$ ; Figura 9e), a temperatura média ( $r_s = -0.6056$ ;  $N = 14$ ;  $p = 0.0217$ ; Figura 9c) e o número de horas/grau acima de 32°C ( $r_s = -0.6022$ ;  $N = 14$ ;  $p = 0.0226$ ; Figura 9d) apresentaram correlação com a razão sexual. Desta forma, ninhos mais altos, com sedimentos mais grossos, com maior temperatura e número de horas/grau acima de 32°C apresentam uma menor proporção de filhotes do sexo masculino por ninho.

A razão sexual de *P. unifilis* foi significativamente diferente entre os anos de monitoramento (Kruskal-Wallis,  $H = 13.4277$ ;  $GL = 2$ ;  $p = 0.0012$ ). Em 2007, a razão sexual média foi 0.41 com 25% (N=3) dos ninhos compostos exclusivamente por fêmeas e 75% (N=9) com filhotes de ambos os sexos. Em 2008, a razão sexual média foi 0.65 com 40% (N=4) dos ninhos compostos exclusivamente por machos, 10% (N=1) exclusivamente por fêmeas e 50% (N=5) com filhotes de ambos os sexos. Em 2010, a razão sexual média foi 0.02 com 88.9% (N=8) dos ninhos compostos exclusivamente por fêmeas e 11.1% (N=1) com filhotes de ambos os sexos. Das variáveis analisadas a altura dos ninhos em relação à cota do rio ( $r_s = -0.3855$ ;  $N = 31$ ;  $p = 0.0321$ ; Tabela 3; Figura 10a), a porcentagem de seixo ( $r_s = -0.6500$ ;  $N = 16$ ;  $p = 0.0064$ ; Figura 10b) e areia muito grossa ( $r_s = -0.5009$ ;  $N = 16$ ;  $p = 0.0480$ ; Figura 10c) apresentaram correlação negativa com a razão sexual. Portanto, ninhos mais altos e com sedimentos mais grossos mostraram uma menor proporção de filhotes do sexo masculino.

Não houve diferença significativa na razão sexual entre os anos (Kruskal-Wallis,  $H = 3.9624$ ;  $GL = 2$ ;  $p = 0.1379$ ). Para *P. sextuberculata*, em 2007, a razão sexual média foi 0.34 com 20% (N=2) dos ninhos compostos exclusivamente por machos, 40% (N=4) exclusivamente por fêmeas e 40% (N=4) com filhotes de ambos os sexos. Em 2008, a razão sexual média foi 0.06 com 67% (N=6) dos ninhos compostos exclusivamente por fêmeas e 33% (N=3) com filhotes de ambos os sexos. Em 2010, a razão sexual média foi 0.06 com

87.5% (N=7) dos ninhos compostos exclusivamente por fêmeas e 12.5% com filhotes de ambos os sexos (N=1). Nenhuma das variáveis analisadas apresentou correlação com razão sexual.

Tabela 1: Sumário estatístico com as variáveis dos ninhos de *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2007, 2008 e 2010. Médias  $\pm$  desvio padrão (tamanho da amostra; amplitude). Resultados das análises estatísticas (Kruskal-Wallis - *H* / Mann-Whitney - *U*) das diferenças das variáveis dos ninhos entre os anos. Valores de *P* significativos em negrito.

Espécie	2007	2008	2010	H/U	P
<i>P. expansa</i>					
Taxa de eclosão (%)	0,81 $\pm$ 0,18 (n=14; 0,32-0,99)	0,23 $\pm$ 0,28 (n=49; 0-1)	0,40 $\pm$ 0,22 (n=34; 0-0,83)	33.5104	< <b>0.0001</b>
Razão sexual (%)	0,08 $\pm$ 0,11 (n=10; 0-0,3)	0 $\pm$ 0 (n=9; 0-0)	0 $\pm$ 0 (n=11; 0-0)	6.9708	<b>0.0306</b>
<i>P. unifilis</i>					
Taxa de eclosão (%)	0,48 $\pm$ 0,43 (n=35; 0-1)	0,73 $\pm$ 0,35 (n=63; 0-1)	0,55 $\pm$ 0,43 (n=20; 0-1)	8.7537	<b>0.0126</b>
Duração de incubação (dias)	-	61 $\pm$ 5,5 (n=56; 48-75)	61 $\pm$ 3,6 (n=12; 57-67)	334.50	0.4904
Razão sexual (%)	0,41 $\pm$ 0,34 (n=12; 0-0,95)	0,66 $\pm$ 0,35 (n=10; 0-1)	0,02 $\pm$ 0,06 (n=9; 0-1)	13.4277	<b>0.0012</b>
<i>P. sextuberculata</i>					
Taxa de eclosão (%)	0,65 $\pm$ 0,36 (n=79; 0-1)	0,69 $\pm$ 0,38 (n=63; 0-1)	0,30 $\pm$ 0,40 (n=22; 0-1)	14.2059	<b>0.0008</b>
Duração de incubação (dias)	-	55,3 $\pm$ 5,2 (n=38; 47-70)	60 $\pm$ 6 (n=10; 53-71)	104.00	<b>0.0145</b>
Razão sexual (%)	0,34 $\pm$ 0,38 (n=10; 0-1)	0,06 $\pm$ 0,1 (n=9; 0-0,2)	0,06 $\pm$ 0,17 (n=8; 0-0,5)	3.9624	0.1379

## DISCUSSÃO

### Duração de Incubação

A duração de incubação de *P. sextuberculata* no Tabuleiro do Embaubal variou entre as temporadas reprodutivas de 2008 e 2010. Em 2008 os ovos permaneceram incubados por 55 dias, período similar ao registrado no rio Trombetas, estado do Pará, entre os anos de 2000 e 2001 onde a incubação dos ovos se deu em 57 dias (Haller & Rodrigues, 2006). Em

2010 a duração média do período de incubação foi de 60 dias, similar ao encontrado no rio Japurá, no estado do Amazonas, durante o período reprodutivo de 1996 (Pezzuti & Vogt, 1999) e 1999 (Bernhard, 2001) onde a incubação foi de 63 e 62 dias respectivamente. Para *P. unifilis* a duração média do período de incubação nos dois anos (2008:  $61 \pm 5.5$  dias; 2010:  $61 \pm 3.6$  dias), foi similar ao encontrado por Pignati (2011) no baixo rio Amazonas, no estado do Pará (2007:  $58,9 \pm 3.6$ ; 2009:  $60 \pm 5.2$ ) e inferior à registrada por Félix-Silva (2009) no rio Tocantins, também no estado do Pará (2006:  $71 \pm 8$  dias; 2007:  $68,1 \pm 5,5$  dias) e por Ferreira Júnior & Castro (2010) no rio Javaés, estado do Tocantins ( $79,8 \pm 6,4$  dias). Estas diferenças podem ser explicadas por possíveis diferenças nas características dos ninhos, pela variação entre anos também observada no presente estudo, e também por diferenças no clima entre estas regiões. A área de estudo no Javaés, por exemplo, situa-se consideravelmente mais a sul e as temperaturas de incubação certamente são mais frias.

Em 2008, os ninhos de *P. sextuberculata* e *P. unifilis* do final da estação reprodutiva tiveram uma menor duração de incubação. Este resultado sugere que estes ninhos foram expostos a maiores temperaturas, uma vez que o período de incubação diminui à medida que a temperatura aumenta (Ackerman, 1997; Mrosovsky *et al*, 1999) e acelera o desenvolvimento do embrião (Yntema, 1979; Bull *et al*, 1982). Resultado semelhante foi registrado para *P. sextuberculata* no Amazonas (Pezzuti & Vogt, 1999), *P. expansa* em Goiás (Ferreira Júnior & Castro 2003a) e *C. caretta* no Espírito Santo (Ferreira Júnior *et al*, 2008). No baixo rio Amazonas, Pignati (2011) observou uma relação inversa para *P. unifilis*, quando os ninhos do início da estação reprodutiva apresentaram um desenvolvimento mais rápido. Para este autor, os ninhos mais tardios estavam sob ação do início do período chuvoso, o que levou a uma diminuição na taxa do desenvolvimento embrionário. Nossos resultados sugerem que ninhos do início do período de oviposição foram submetidos a índices maiores de precipitação, o contrário do que foi observado no baixo Amazonas. Paéz & Bock (1998) no rio Caquetá, na Colômbia, também associou a maior duração do período de incubação de *P. unifilis* com as chuvas frequentes na estação reprodutiva de 1993 e 1994. Diante do exposto, ambos os estudos indicam que os índices de precipitação ao longo do período de incubação dos ovos têm forte influência sobre a duração do desenvolvimento embrionário.

### **Taxa de Eclosão**

A temporada reprodutiva de 2008 foi caracterizada por oscilações no regime pluviométrico, onde os meses de outubro e dezembro apresentaram chuvas prolongadas,

fortes repiquetes e, conseqüentemente, o nível do rio Xingu apresentou a maior cota quando comparado aos outros anos de monitoramento. Por outro lado, 2010 foi um ano sensivelmente mais quente, marcado por um período de estiagem durante a incubação dos ovos e com a menor cota do rio Xingu entre os três anos de monitoramento.

A taxa de eclosão das populações de *Podocnemis* no Tabuleiro do Embaubal diferiu entre as estações reprodutivas, e o efeito das variáveis coletadas foi diferente entre as espécies estudadas e os anos de monitoramento. Algumas variáveis foram importantes apenas para determinada espécie e em um dado ano. Os ninhos de *P. unifilis*, *P. sextuberculata* e *P. expansa* localizados nos pontos mais altos apresentaram maiores taxas de eclosão em 2008. Relação inversa à observada na temporada reprodutiva de 2010, quando ninhos de *P. sextuberculata*, localizados nos pontos mais altos tiveram menores taxas de eclosão.

Do mesmo modo, a profundidade final dos ninhos influenciou de forma contrária os dois anos, quando ninhos de *P. expansa*, mais profundos, apresentaram uma menor taxa de eclosão em 2008 e ninhos de *P. sextuberculata*, mais rasos, apresentaram um menor sucesso de eclosão em 2010. O efeito da profundidade sobre a temperatura é inverso, sendo que quanto mais profundo menor é a temperatura média e também a variação diária da mesma ao longo do dia e da noite. Conseqüentemente, a taxa de eclosão tende a ser maior nos ninhos mais rasos, pois temperaturas altas tendem a influenciar positivamente no desenvolvimento. Entretanto, picos de temperatura, sobretudo nos ninhos mais rasos, podem alcançar limites letais para os embriões. Isto pode explicar o porquê destes resultados aparentemente contraditórios, inclusive porque 2010 aparentemente foi um ano mais quente, afetando negativamente na eclosão dos ninhos poucos profundos da espécie menor.

Em geral, ninhos depositados em pontos mais altos apresentaram maiores taxas de eclosão como observado em 2008, sugerindo que a seleção de pontos mais altos para a nidificação pelas fêmeas tem um efeito importante sobre a sobrevivência dos embriões (Alho & Pádua, 1982; Fachín-Terán, 1992). No entanto, nossos resultados sugerem que em temporadas reprodutivas mais quentes (resultantes de secas prolongadas e poucas chuvas) os ninhos de espécies menores como *P. sextuberculata*, depositados em pontos mais altos, estão mais sujeitos a grandes oscilações diárias da temperatura pois, como exposto logo acima, tratam-se de ninhos rasos (Wilson, 1998). Possivelmente os ninhos de *P. unifilis* não apresentaram o mesmo padrão por estarem frequentemente associados à presença de vegetação, podendo refletir em uma estratégia das fêmeas para diminuir a exposição dos ninhos às altas temperaturas que poderiam ser letais (Félix-Silva, 2009), já que ninhos localizados em ambientes com maior cobertura vegetal tendem a apresentar temperaturas de

incubação menores (Kolbe & Janzen, 2002). Além disso, a casca rígida dos ovos de *P. unifilis* possibilita uma proteção aos extremos de temperatura e umidade (Ferreira Júnior, 2003). Ninhos de *P. expansa* são mais profundos e menos suscetíveis às oscilações térmicas, pois as variações diárias da temperatura são pequenas em maiores profundidades (Booth & Freman, 2006). Segundo Ferreira Júnior (2003), a capacidade de troca de água dos ovos com casca flexível de *P. expansa* e os ovos com casca rígida de *P. unifilis* compensam as diferenças do ambiente hídrico e termal decorrentes da escolha do local de desova pelas fêmeas. O estudo desenvolvido por Packard (1999) mostrou que os ninhos de *Chelydra serpentina* (que possui ovo com casca rígida), mais profundos, apresentaram uma maior proteção quanto a perdas de embriões em situação de estresse hídrico e temperaturas extremas do que os ninhos de *Chelydra picta* (casca do ovo flexível), mais rasos.

Entre as principais praias utilizadas por *P. sextuberculata* e *P. unifilis* para nidificarem estão às praias do Puruna, Pterussú, Pitanguinha, Carão, Andorinha, Cipó-pitanga e Embaubal. Para *P. expansa* as praias do Embaubal, Cipó-pitanga, Puruna e Juncal foram os principais sítios de nidificação durante estes 32 anos de monitoramento. Contudo, desde 2004 as fêmeas de *P. expansa* vêm concentrando suas desovas na praia do Juncal. Esta seleção pode ocorrer devido ao fato de que as demais praias não propiciam a altura adequada para a incubação dos ovos e para evitar o alagamento dos ninhos pela enchente do rio. Entretanto, as equipes responsáveis pelo manejo da área têm registrado altíssimas taxas de perda de ninhos por alagamento provocado pelas marés de sizígia, sobretudo em novembro e dezembro. Como medida mitigatória, vem sendo conduzido o alteamento da praia, através da dragagem da areia do canal do rio com o auxílio de balsas, e do lançamento desta areia sobre a praia aumentando a altura total do tabuleiro com este procedimento. Tal medida foi adotada pela última vez em 2009, quando foi realizado o alteamento da praia do Juncal.

A granulometria da praia utilizada por *P. expansa* para nidificação variou entre os anos de 2007 e 2010, e isto se deve ao alteamento da praia que foi realizado em 2009. Diversos estudos associam o aumento da temperatura dos ninhos ao tamanho da granulometria do sedimento (Naro-Maciel *et al*, 1999; Malvasio *et al*, 2002a; Ferreira Júnior & Castro, 2010; Pignati, 2011). Sedimentos mais finos retêm umidade (Mortimer, 1990), permitem menores trocas de calor e, conseqüentemente, menores temperaturas (Souza & Vogt, 1994). Diversos estudos demonstraram que ninhos localizados em ambientes com sedimentos mais finos tiveram maior sucesso de eclosão, em *P. expansa* (Ferreira Júnior & Castro, 2010), *P. unifilis* (Souza & Vogt, 1994; Pignati, 2011), *Caretta caretta* (Naro-Maciel *et al*, 1999) e *Chelonia mydas* (Mortimer, 1990). Da mesma forma, nosso estudo encontrou

uma menor taxa de eclosão em ninhos de *P. expansa*, em ambientes com sedimentos mais grossos. Entretanto, a granulometria do substrato em que os ovos desta espécie foram incubados foi modificada com o processo do alteamento, pois a areia depositada sobre o tabuleiro, como já mencionado, foi dragada do canal onde a correnteza tende a carrear os sedimentos mais finos, ficando apenas a areia mais pesada. Recomenda-se, desta forma, extrema cautela antes de se decidir por repetir este procedimento, pois o mesmo pode comprometer a viabilidade dos ovos. O ideal seria conduzir inicialmente um manejo em caráter experimental, alterando-se apenas parte da praia e realizando comparações. Vale ressaltar que o alteamento pode ser feito com areia de outras partes da praia, e não com o cascalho grosso do fundo do canal, mas também com cautela e verificação do efeito do procedimento na viabilidade e também na razão sexual dos filhotes produzidos.

Apesar da temperatura de incubação não apresentar correlação estatisticamente significativa com a taxa de eclosão, nossos resultados apontaram que em 2010 a temperatura média de incubação dos ovos foi 35.9°C, com máximas de 36.9°C e mínimas de 34.5°C, quando temperaturas acima de 37 °C ou abaixo de 28 °C são letais para os embriões de *P. expansa* (Lubiana & Ferreira Júnior, 2009). Além disso, quando a temperatura de incubação se aproxima dos limites de tolerância térmica, leva a diminuição no sucesso de eclosão (Steyermark & Spotila, 2001; Patino-Martinez *et al*, 2011), como relatado também para as tartarugas marinhas (Godley *et al*, 2001; Garrett *et al*, 2010; Valverde *et al*, 2010).

## **Razão Sexual**

No tabuleiro do Embaubal a razão sexual dos filhotes de *P. expansa* e *P. unifilis* variou entre os anos, assim como as variáveis que afetam este processo. Estes resultados indicam que a combinação de características do ambiente e variações climáticas anuais podem influenciar a determinação do sexo em um dado ano (Souza & Vogt, 1994; Ferreira Júnior & Castro, 2003).

Alguns fatores já descritos afetam a temperatura dos ninhos e, conseqüentemente, a razão sexual de espécies com o sexo dependente das características do ambiente como o comportamento materno, a profundidade do ninho, o sombreamento, o tipo de sedimento, a precipitação, a data da postura e mudanças sazonais da temperatura (Bull *et al*, 1982; Vogt & Flores-Villela, 1986; Valenzuela *et al*, 1997; Pezzuti & Vogt, 1999; Valenzuela, 2001; Broderick *et al*, 2000; Godley *et al*, 2002; Houghton *et al*, 2007; Pignati, 2011).

Nossos resultados apontaram que ninhos mais profundos de *P. expansa* tiveram uma menor proporção de machos na ninhada. Relação inversa foi observada em outros estudos com *P. expansa* (Valenzuela *et al*, 1997; Valenzuela, 2001), *Dermochelys coriacea* (Patino-Martinez, 2011) e *Caretta caretta* (Chu *et al*, 2008), quando geralmente, com o aumento da profundidade e diminuição da temperatura há maior produção de machos. Nosso resultado deve ser analisado com cautela, uma vez que a análise incluiu todas as temporadas reprodutivas. Dois parâmetros devem ser considerados, o primeiro é que apenas ninhos da estação reprodutiva de 2007 apresentaram filhotes machos na ninhada, com produção exclusiva de fêmeas nos demais anos. Em segundo lugar, os ninhos de 2007 apresentaram as menores médias de profundidade dos três anos de monitoramento. Por isto, quando os dados foram analisados separadamente, este efeito desapareceu. De qualquer forma, tanto em 2008 quanto em 2010 temos temperaturas bem elevadas, com evidências de que as mesmas chegaram a comprometer a viabilidade de ao menos parte dos ovos. Os ovos mais superficiais são justamente os que tendem a produzir fêmeas, e o nosso resultado pode estar sendo, portanto, reflexo de mortalidade diferencial entre os sexos a temperaturas demasiadamente elevadas, inclusive como produto da interferência nas condições térmicas dos ninhos como consequência do alteamento.

Por outro lado, como já mencionado, a altura e a composição granulométrica do sedimento exercem forte influência no ambiente termal dos ninhos. Ninhos de *P. expansa* e *P. unifilis* localizados nos pontos mais altos e com sedimentos mais grossos apresentaram maior proporção de fêmeas na ninhada, e ninhos com sedimento mais fino tiveram maior proporção de machos. Desta forma, nossos resultados corroboram as relações entre granulometria de sedimento, temperatura de incubação e razão sexual, sugerida por diversos autores (Mortimer, 1990; Souza & Vogt, 1994; Naro-Maciel *et al*, 1999; Malvasio *et al*, 2002a; Ferreira Júnior, 2003a; Félix-Silva, 2009).

Estudos realizados com a temperatura controlada mostraram uma variação na temperatura pivotal de *Podocnemis expansa* de 33,5 °C para a população da Ilha do Bananal (Lubiana & Ferreira Júnior, 2009), 34,5 °C para uma população do Rio Trombetas no Pará (Alho *et al*, 1984) e 32,5°C para uma população da Colômbia (Valenzuela *et al*, 1997). Em espécies com ampla distribuição geográfica a temperatura pivotal deve ser analisada em mais de uma região, pois estas espécies compensam os efeitos das variações do clima através de diferenças na temperatura pivotal (Ewert *et al*, 1994). Nossas temperaturas médias de incubação em 2010 foram superiores à temperatura pivotal mais alta relatada para a espécie,

confirmando nossa observação de predominância de fêmeas de *P. expansa* neste ano. Além disto, nossos resultados mostram que a média da temperatura de incubação e o número de horas/grau acima de 32°C influenciaram na razão sexual desta espécie, com apenas fêmeas sendo produzidas a temperaturas mais altas.

A razão sexual de *P. expansa*, *P. sextuberculata* e *P. unifilis* apresentou o mesmo padrão para as temporadas reprodutivas de 2007 e 2010, com predominância de fêmeas na ninhada. Em 2008, *P. unifilis* apresentou predominância de machos e *P. expansa* e *P. sextuberculata* predominância de fêmeas. As diferenças entre o comportamento das fêmeas na seleção do ambiente de desova possuem forte influência sobre as temperaturas de incubação dos ovos durante o desenvolvimento embrionário. *P. unifilis* apresenta maior versatilidade, utilizando vários ambientes para nidificação com distintas condições térmicas (Escalona e Fa, 1998; Fachín-Terán e Von Mülhen, 2003; Ferreira Júnior e Castro, 2003a; Félix-Silva, 2009; Pignati, 2011). *P. expansa* e *P. sextuberculata* depositam seus ninhos em locais mais expostos, como bancos de areia sem cobertura vegetal que possuem uma temperatura de incubação maior (Pezzuti & Vogt, 1999; Ferreira Júnior & Castro, 2003a; Pantoja-Lima *et al*, 2009). Além disto, em anos mais quentes, a produção de filhotes pode ser desviada para fêmeas e anos mais frios e chuvosos podem produzir mais machos (Souza & Vogt, 1994). Desta forma, a razão sexual anual está diretamente relacionada às características do ambiente de nidificação que os ovos estão submetidos e à variação anual do clima durante a incubação dos ovos (Vogt & Bull, 1982; Souza & Vogt, 1994; Pezzuti, 1998; Félix-Silva, 2009; Pignati, 2011).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

*P. expansa* aparentemente se mostra mais vulnerável às mudanças do ambiente e às flutuações do clima na região. A falta de praias naturais protegidas, com altura suficiente para a incubação dos ovos, pode estar acarretando uma produção acentuada de fêmeas há alguns anos, se levarmos em consideração que as fêmeas concentram suas desovas nesta praia alteada com composição granulométrica mais grossa desde 2004, quando foi levada a cabo a primeira interferência desta natureza. Nossos resultados indicam que é necessária maior cautela na adoção de medidas de manejo, e da adoção de experimentos monitorados quanto à razão sexual produzida.

Considerando que o Tabuleiro do Embaubal abriga uma das maiores populações do gênero *Podocnemis* da bacia Amazônica, enfatizamos a importância de práticas de manejo adequadas para a conservação destas espécies, levando em consideração o comportamento reprodutivo e a biologia reprodutiva.

Nossos resultados indicam que variáveis distintas têm impactos diferentes sobre as espécies que se reproduzem na região, e ainda que o efeito destas tende a variar entre anos. O efeito de diferenças climáticas entre anos aparentemente sobrepuja as diferenças microclimáticas sobre os ninhos, e as variações climáticas ao longo do período de incubação podem provocar diferenças nas taxas de eclosão e na razão sexual ao longo de um mesmo período reprodutivo. Estas interações também variam entre as espécies, em função da profundidade dos ninhos que escavam e da plasticidade de comportamento na escolha do local de desova.

Adicionalmente, os esforços de proteção atuais se restringem a apenas uma das praias do extenso arquipélago e dos inúmeros outros sítios de desova. Em consequência, apenas *P. expansa* se beneficia da proteção, ficando os ninhos e as fêmeas das outras espécies completamente à mercê dos coletores de ovos.

A proteção das áreas de desova não deve ser restrita ao sítio de postura principal, sendo importante abranger praias menores, mas com altura suficiente para garantir a incubação completa e a eclosão dos ovos, e também para abranger sítios reprodutivos importantes para as três espécies. Estas praias podem apresentar características térmicas peculiares que podem afetar o sucesso reprodutivo destas espécies e desempenhar um importante papel para a manutenção da população de *P. expansa*. Desta forma, enfatizamos a importância do monitoramento continuado do ciclo reprodutivo das espécies de *Podocnemis* no Baixo Xingu, e de garantir a proteção de outras praias, a serem igualmente monitoradas.

## **AGRADECIMENTOS**

A CAPES pela concessão da bolsa. À Universidade Federal do Pará – Altamira e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Senador José Porfírio pelo apoio logístico. À Eletronorte pelo suporte financeiro. Aos pescadores pela ajuda no trabalho de campo.

## REFERÊNCIAS

Ackerman R.A. 1997. The nest environment and the embryonic development of sea turtles. In: Lutz P.L., Musick, J.A. (Eds.). The biology of sea turtles. CRC, Boca Raton, pp. 83-106.

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.

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 J. Zoology 60:97-103.

Andrews, R.M. 2004. Patterns of embryonic development. In: Deeming, D.C. (Eds.). Reptilian Incubation: Environment, Evolution and Behaviour. Nottingham: Nottingham University Press, pp. 75-102.

Ayres, M., Ayres J.R., Ayres, M., D.L. & Santos, A.S. 2007. Biostat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil Mamirauá - Belém, MCT-CNPq – Brasília. 364 p.

Bernhard, R. 2001. Biologia reprodutiva de *Podocnemis sextuberculata* (Testutines, Pelomedusidae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil, 52 pp..

Bonach, K., Malvasio, A., Matushima, E. R., Verdade, L. M. 2011. Temperatura-sex determination in *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae). Iheringia, Série Zoologia 101:151-155.

Booth, D.T., Freeman, C. 2006. Sand and nest temperatures and an estimate of hatchling sex ratio from the Heron island green turtle (*Chelonia mydas*) rookery, southern Great Barrier Reef. Coral Reefs 25:629-633.

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.

Bull, J.J., Vogt, R.C., Mccoy, C.J. 1982. Sex determining temperatures in turtles: a geographic comparison. Journal of Experimental Zoology 256:339-341.

Bull, J.J. 1983. Evolution of sex determining mechanisms. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California, USA.

Chu, C.T., Booth, D.T., Limpus, C.J. 2008. Estimating the sex ratio of loggerhead turtle hatchlings at Mon Repos rookery (Australia) from nest temperatures. Australian Journal of Zoology 56:57-64.

- 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-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., Von Müller, 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, 274pp.
- 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 do Rio Araguaia. Tese de doutorado, Fundação Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 296pp.
- Ferreira Júnior, P.D. 2009. Efeitos de fatores ambientais no processo reprodutivo das tartarugas. *Acta Amazonica* 39:319-334.
- Ferreira Júnior, P.D., Castro, A.Z., Castro, P.T.A. 2007. The importance of nidification environment in the *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* phenotypes (Testudines: Podocnemididae). *S. Amer. J. Herpetol.* 2:39-46.
- Ferreira Júnior, P.D., Castro, P.T.A. 2003a. Geological control of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas in Rio Javaés, Bananal Island, Brazil. *Acta Amazonica* 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., Castro, P.T.A., Addad, L.E., De Lorenzo, M. 2003b. Aspectos fisiográficos das áreas de nidificação da tartaruga marinha *Caretta caretta* na praia da Guanabara, Anchieta, Espírito Santo. *Anais do Instituto Pau Brasil de História Natural* 7:25-40.
- 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.
- Folk, R.L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin: Hemphill Publication Company, 182 pp.

- Garrett, K., Wallace, B.P., Garner, J., Paladino, F.V. 2010. Variations in leatherback turtle nest environments: consequences for hatching success. *Endangered Species Research* 11:147-155.
- 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., 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.
- 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.
- Haller, E.C.P., Rodrigues, M.T. 2006. Reproductive Biology of the Six-Tubercled Amazon River Turtle *Podocnemis sextuberculata* (Testudines: Podocnemididae), in the Biological Reserve of Rio Trombetas, Pará. *Chelonian Conservation and Biology* 5:280-284.
- Houghton, J.D., Myers, A.E., Lloyd, C., King, R.S., Isaacs, C., Hays, G.C. 2007. Protracted rainfall decreases temperature within leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) clutches in Grenada, West Indies: ecological implication for a species displaying temperature dependent sex determination. *Journal of experimental marine biology and ecology* 345:71-77.
- Ivanauskas, N.M., Monteiro, R., Rodrigues, R.R. 2008. Classificação fitogeográfica das florestas do Alto Rio Xingu. *Acta Amazônica* 38:387-402.
- Janzen, F.J. 1993. The influence of incubation temperature and family on eggs, embryos, and hatchlings of the smooth softshell turtle (*Apalone mutica*). *Physiol. Zool.* 66:349-373.
- Janzen, F.J. 1994. Vegetational cover predicts the sex ratio of hatchling turtles in natural nests. *Ecology* 75:593-599.
- 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.
- Lubiana, A., Ferreira Júnior, P.D. 2009. Pivotal temperature and sexual dimorphism of *Podocnemis expansa* hatchlings (Testudines: Podocnemididae) from Bananal Island, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 26:527-533.
- Malvasio, A., Souza, A.M., Ferreira Júnior, P.D., Arruda S F.A., Reis, S.E. 2002a. Temperatura de incubação dos ovos e granulometria dos sedimentos das covas relacionadas a determinação sexual em *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) e *P. unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Pelomedusidae). *Publicações avulsas do Instituto Pau Brasil de História Natural* 5:11-25.

- Malvasio, A., Souza, A.M., Reis, E.S., Farias, E.C. 2002b. 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.
- Margaritoulis, D. 2005. Nesting activity and reproductive output of loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, over 19 seasons (1984–2002) at Laganas Bay, Zakynthos, Greece: the largest rookery in the Mediterranean. *Chelonian Conservation and Biology* 4:916-929.
- Matsuzawa, Y., K. Sato, W. Sakamoto., K.A. Bjorndal. 2002. Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. *Marine Biology* 140:639-646.
- 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., 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., 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.
- Naro-Maciel, E., Mrosovsky, N., Marcovaldi, M.A. 1999. Thermal profiles of sea turtle hatcheries and nesting areas at Praia do Forte, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 3:407-413.
- Packard, G. C. 1999. Water relations of chelonian eggs and embryos: is wetter better? *American Zoologist* 39:289-303.
- 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.
- Patino-Martinez, P., Marco, A., Quinônes, L., Hawkes, L. 2011. A potential tool to mitigate the impacts of climate change to the caribbean leatherback sea turtle. *Global Change Biology* 18:401-411.
- Perota, C., Botelho, W.C. 1994. Os sambaquis do Guará e as variações climáticas no Holoceno. *Revista do departamento de Geografia* 7:49-59.

- Pezzuti, J.C.B. 1998. Ecologia Reprodutiva da Iaçá *Podocnemis sextuberculata* (Testudines: Pelomedusidae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentado Mamirauá, Amazonas, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 82pp.
- 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.
- Pignati, M.T., 2011. Ecologia reprodutiva de *Podocnemis unifilis* troschel, 1848 (Testudines: Podocnemididae) em uma área de várzea do baixo rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará, Bélem, 117pp.
- Pritchard, P.C.H., Trebbau, P. 1984. *The Turtles of Venezuela*. Athens: Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 403 pp.
- Rafferty, A. R., Tomillo, S. P., Spotila, J. R., Paladino, F. V., Reina, R. D. 2011. Embryonic Death Is Linked to Maternal Identity in the Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*). *PLoS One* 6:1-7.
- 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.
- Salomão, R.P., Vieira, I.C.G., Rosa, N.A., Almeida, S.S., Amaral, D.D., Menezes, M.P.M. 2007. As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazonia Oriental. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 2:5-153.
- Santidrián Tomillo, P., Suss, J.S., Wallece, B.P., Magrini, K.D., Blanco, G., Paldino, F.V., Spotila, J.R. 2009. Influence of emergence success on the annual reproductive output of leatherback turtles. *Marine Biology* 156:2021–2031.
- Serafini, T.Z., Lopez, G.B., Rocha, P.L.B. 2009. Nest site selection and hatching success of hawksbill and loggerhead sea turtles (Testudines, Cheloniidae) at Arembepe beach, northeastern Brazil. *Phyllomedusa* 8:3-17.
- Sioli, H. 1991. *Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais*. Vozes, Petropolis, 86p.
- 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.
- Spencer, R.J., Janzen, F.J. 2011. Hatching behavior in turtles. *Integrative and Comparative Biology* 51:100-110.
- Steyermark, A.C., Spotila, J.R. 2001. Effects of maternal identity and incubation temperature on snapping turtle (*Chelydra serpentina*) growth. *Funct. Ecol.* 15:624-632.
- Valenzuela, N. 2001. Constant, shift and natural temperature effects on sex determination in *Podocnemis expansa* turtles. *Ecology* 82:3010–3024.

- Valenzuela, N., Botero, R., Martínez, E. 1997. Field study of sex determination in *Podocnemis expansa* from Colombian Amazonia. *Herpetologica* 53:390-398.
- Valverde, R.A., Wingard, S., Gómez, F., Tordoir, M.T., Orrego, C.M. 2010. Field lethal incubation temperature of olive ridley sea turtle *Lepidochelys olivacea* embryos at a mass nesting rookery. *Endangered Species Research* 12:77-86.
- Vogt, R.C., Bull, J. 1982. Temperature controlled sex determination in turtles: ecological and behavioral aspects. *Herpetologica* 38:156-164.
- 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.
- Watrin, O.S. 2009. Levantamento do uso e cobertura da terra em área da reserva extrativista Verde para Sempre, Porto de Moz, PA. Embrapa Amazônia Oriental 36pp.
- Wilkinson, L. 1990. *Systat: The system for statistics*. Systat Inc., Evanston, Illinois, 822p.
- Wilson, D. 1998. Nest-site selection: microhabitat variation and its effects on the survival of turtle embryos. *Ecology* 79:1884-1892.
- 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 2: Influência das variáveis ambientais sobre a taxa de eclosão dos filhotes de *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2007, 2008 e 2010. Valores de *P* significativos em negrito. Legenda: *rs* = coeficiente de Spearman; *P* = probabilidade.

Espécie	Variáveis	N	<i>Rs</i>	<i>P</i>
<b><i>P. expansa</i></b>				
<b>2007</b>	Profundidade final do ninho	14	-0.1773	0.5442
	Altura do ninho com relação à cota do rio	14	-0.3088	0.2826
<b>2008</b>	Período da postura	48	0.1964	0.1808
	Profundidade final do ninho	48	-0.298	<b>0.0396</b>
	Altura do ninho com relação à cota do rio	48	0.5665	<b>&lt; 0.0001</b>
<b>2010</b>	Período da postura	34	-0.0121	0.9457
	Profundidade final do ninho	34	0.3557	<b>0.0389</b>
	Altura do ninho com relação à cota do rio	34	0.0005	0.9979
<b><i>P. unifilis</i></b>				
<b>2007</b>	Profundidade final do ninho	23	0.2628	0.2256
	Altura do ninho com relação à cota do rio	35	0.007	0.9682
<b>2008</b>	Período da postura	63	-0.1131	0.3776
	Profundidade final do ninho	56	0.0968	0.4640
	Altura do ninho com relação à cota do rio	57	0.3569	<b>0.0064</b>
<b>2010</b>	Período da postura	12	-0.1425	0.6586
	Profundidade final do ninho	15	0.0824	0.7703
	Altura do ninho com relação à cota do rio	20	-0.1736	0.4641
<b><i>P. sextuberculata</i></b>				
<b>2007</b>	Profundidade final do ninho	77	-0.0659	0.5689
	Altura do ninho com relação à cota do rio	78	0.0732	0.5244
<b>2008</b>	Período da postura	54	0.0893	0.5208
	Profundidade final do ninho	52	-0.0759	0.5925
	Altura do ninho com relação à cota do rio	53	0.2855	<b>0.0382</b>
<b>2010</b>	Período da postura	22	-0.3884	0.0740
	Profundidade final do ninho	13	-0.5111	0.0742
	Altura do ninho com relação à cota do rio	12	-0.6046	<b>0.0372</b>

Tabela 3: Influência das variáveis ambientais sobre a duração de incubação dos filhotes de *P. unifilis* e *P. sextuberculata* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2008 e 2010. Valores de *P* significativos em negrito. Legenda: *rs* = coeficiente de Spearman; *P* = probabilidade.

<b>Espécie</b>	<b>Variáveis</b>	<b>N</b>	<b><i>rs</i></b>	<b><i>P</i></b>
<b><i>P. unifilis</i></b>				
<b>2008</b>	Período da postura	56	-0.5595	<b>&lt; 0.0001</b>
	Profundidade final do ninho (cm)	52	0.0755	0.5947
	Altura do ninho com relação à cota do rio (cm)	51	0.0917	0.5221
<b>2010</b>	Período da postura	12	-0.2478	0.4375
	Profundidade final do ninho (cm)	12	0.1514	0.6386
	Altura do ninho com relação à cota do rio (cm)	12	0.1543	0.6321
<b><i>P. sextuberculata</i></b>				
<b>2008</b>	Período da postura	38	-0.6705	<b>&lt; 0.0001</b>
	Profundidade final do ninho (cm)	33	0.1297	0.4720
	Altura do ninho com relação à cota do rio (cm)	37	-0.1186	0.4843
<b>2010</b>	Período da postura	10	0.014	0.9695
	Profundidade final do ninho (cm)	10	-0.0673	0.8535
	Altura do ninho com relação à cota do rio (cm)	10	0.1927	0.5938

Tabela 4: Influência das variáveis ambientais sobre a razão sexual dos filhotes de *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2007, 2008 e 2010. Valores de *P* significativos em negrito. Legenda: *rs* = coeficiente de Spearman; *P* = probabilidade.

<b>Espécie</b>	<b>Variáveis</b>	<b>N</b>	<b><i>rs</i></b>	<b><i>P</i></b>
<b><i>P. expansa</i></b>				
	Período da postura	23	-0.1802	0.4105
	Profundidade final do ninho (cm)	30	-0.4613	<b>0.0102</b>
	Altura do ninho com relação à cota do rio (cm)	30	-0.5134	<b>0.0037</b>
	Temperatura média (° C)	14	-0.6056	<b>0.0217</b>
	Número de horas/grau acima de 32° C	14	-0.6022	<b>0.0226</b>

<i>P. unifilis</i>				
	Período da postura	10	0.0635	0.8616
	Profundidade final do ninho (cm)	30	-0.0694	0.7155
	Altura do ninho com relação à cota do rio (cm)	31	-0.3855	<b>0.0321</b>
<i>P. sextuberculata</i>				
	Período da postura	16	-0.4146	0.1103
	Profundidade final do ninho (cm)	25	0.0167	0.9367
	Altura do ninho com relação à cota do rio (cm)	26	0.2636	0.1931

Tabela 6: Influência das frações granulométricas sobre a taxa de eclosão dos filhotes de *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará durante 2007, 2008 e 2010. . Valores de P significativos em negrito. Legenda: *rs* = coeficiente de Spearman; *P* = probabilidade.

Espécie	Variáveis	N	<i>rs</i>	<i>P</i>
<i>P. expansa</i>				
	Seixo (%)	26	-0.1213	0.5550
	Grânulo (%)	26	-0.5014	<b>0.0090</b>
	Areia muito grossa (%)	26	-0.5137	<b>0.0072</b>
	Areia grossa (%)	26	-0.5797	<b>0.0019</b>
	Areia média (%)	26	0.4531	<b>0.0200</b>
	Areia fina (%)	26	-0.1984	0.3313
	Areia muito fina (%)	26	-0.2014	0.3237
	Lama (%)	26	-0.3016	0.1342
<i>P. unifilis</i>				
	Seixo (%)	26	0.2915	0.1484
	Grânulo (%)	26	0.2231	0.2732
	Areia muito grossa (%)	26	0.1076	0.6007
	Areia grossa (%)	26	-0.0649	0.7527

Areia média (%)	26	-0.3868	0.0509
Areia fina (%)	26	0.2399	0.2377
Areia muito fina (%)	26	0.0557	0.7868
Lama (%)	26	-0.0459	0.8239
<b><i>P. sextuberculata</i></b>			
Seixo (%)	19	-0.0237	0.9232
Grânulo (%)	19	-0.0214	0.9306
Areia muito grossa (%)	19	-0.2517	0.2985
Areia grossa (%)	19	-0.2837	0.2391
Areia média (%)	19	0.1722	0.4808
Areia fina (%)	19	-0.1374	0.5748
Areia muito fina (%)	19	-0.2694	0.2646
Lama (%)	19	-0.2388	0.3249

Tabela 7: Influência das frações granulométricas sobre a razão sexual dos filhotes de *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2007, 2008 e 2010. Valores de P significativos em negrito. Legenda: rs = coeficiente de Spearman; P = probabilidade.

<b>Espécie</b>	<b>Variáveis</b>	<b>N</b>	<b>rs</b>	<b>P</b>
<b><i>P. expansa</i></b>				
	Seixo (%)	21	-0.1501	0.5161
	Grânulo (%)	21	-0.3398	0.1317
	Areia muito grossa (%)	21	-0.4058	0.0679
	Areia grossa (%)	21	-0.5622	<b>0.0079</b>
	Areia média (%)	21	0.3593	0.1095
	Areia fina (%)	21	-0.0196	0.9329
	Areia muito fina (%)	21	-0.0864	0.7097
	Lama (%)	21	-0.2901	0.2020

<i>P. unifilis</i>				
	Seixo (%)	16	-0.6500	<b>0.0064</b>
	Grânulo (%)	16	-0.4828	0.0581
	Areia muito grossa (%)	16	-0.5009	<b>0.0480</b>
	Areia grossa (%)	16	-0.1649	0.5416
	Areia média (%)	16	-0.0015	0.9955
	Areia fina (%)	16	0.2805	0.2926
	Areia muito fina (%)	16	0.2784	0.2964
	Lama (%)	16	-0.0093	0.9728
<i>P. sextuberculata</i>				
	Seixo (%)	10	0.3945	0.2592
	Grânulo (%)	10	0.0522	0.8861
	Areia muito grossa (%)	10	-0.2461	0.4931
	Areia grossa (%)	10	-0.2759	0.4403
	Areia média (%)	10	0.2461	0.4931
	Areia fina (%)	10	0.0969	0.7899
	Areia muito fina (%)	10	-0.3356	0.3431
	Lama (%)	10	-0.4338	0.2103

Tabela 8: Influência das frações granulométricas sobre a duração de incubação dos filhotes de *P. unifilis* e *P. sextuberculata* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2007, 2008 e 2010. Valores de P significativos em negrito. Legenda: rs = coeficiente de Spearman; P = probabilidade.

Espécie	Variáveis	N	rs	P
<i>P. unifilis</i>				
	Seixo (%)	15	-0.117	0.6779
	Grânulo (%)	15	0.3573	0.1910
	Areia muito grossa (%)	15	0.3178	0.2483

---

Areia grossa (%)	15	-0.1329	0.6369
Areia média (%)	15	-0.0251	0.9291
Areia fina (%)	15	-0.018	0.9494
Areia muito fina (%)	15	-0.0126	0.9645
Lama (%)	15	-0.2244	0.4213

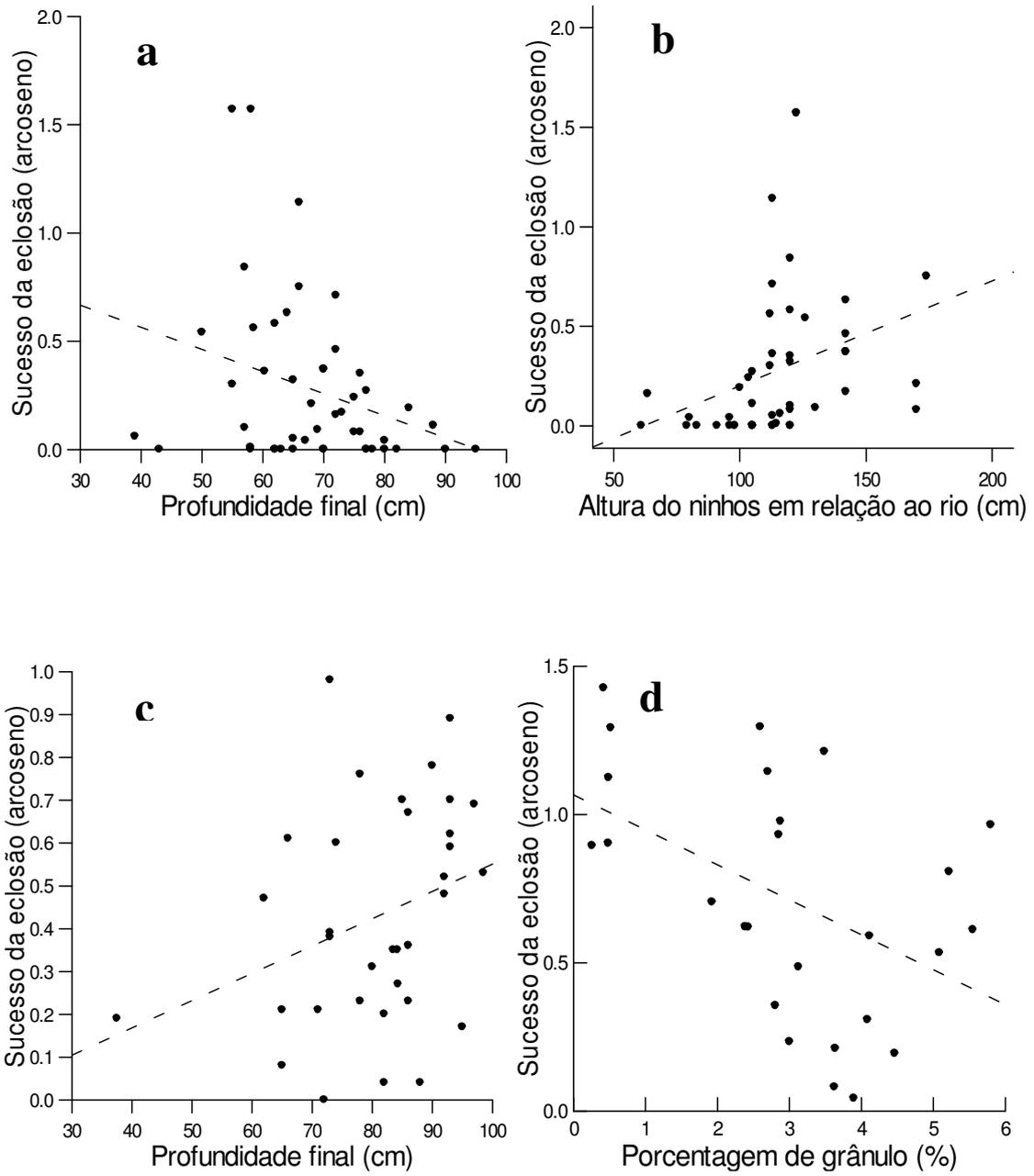
---

***P. sextuberculata***

Seixo (%)	12	0.249	0.4351
Grânulo (%)	12	0.4321	0.1606
Areia muito grossa (%)	12	0.2064	0.5199
Areia grossa (%)	12	0.1866	0.5614
Areia média (%)	12	0.25	0.4332
Areia fina (%)	12	-0.2254	0.4813
Areia muito fina (%)	12	-0.1056	0.7439
Lama (%)	12	-0.4145	0.1803

---

## FIGURAS:



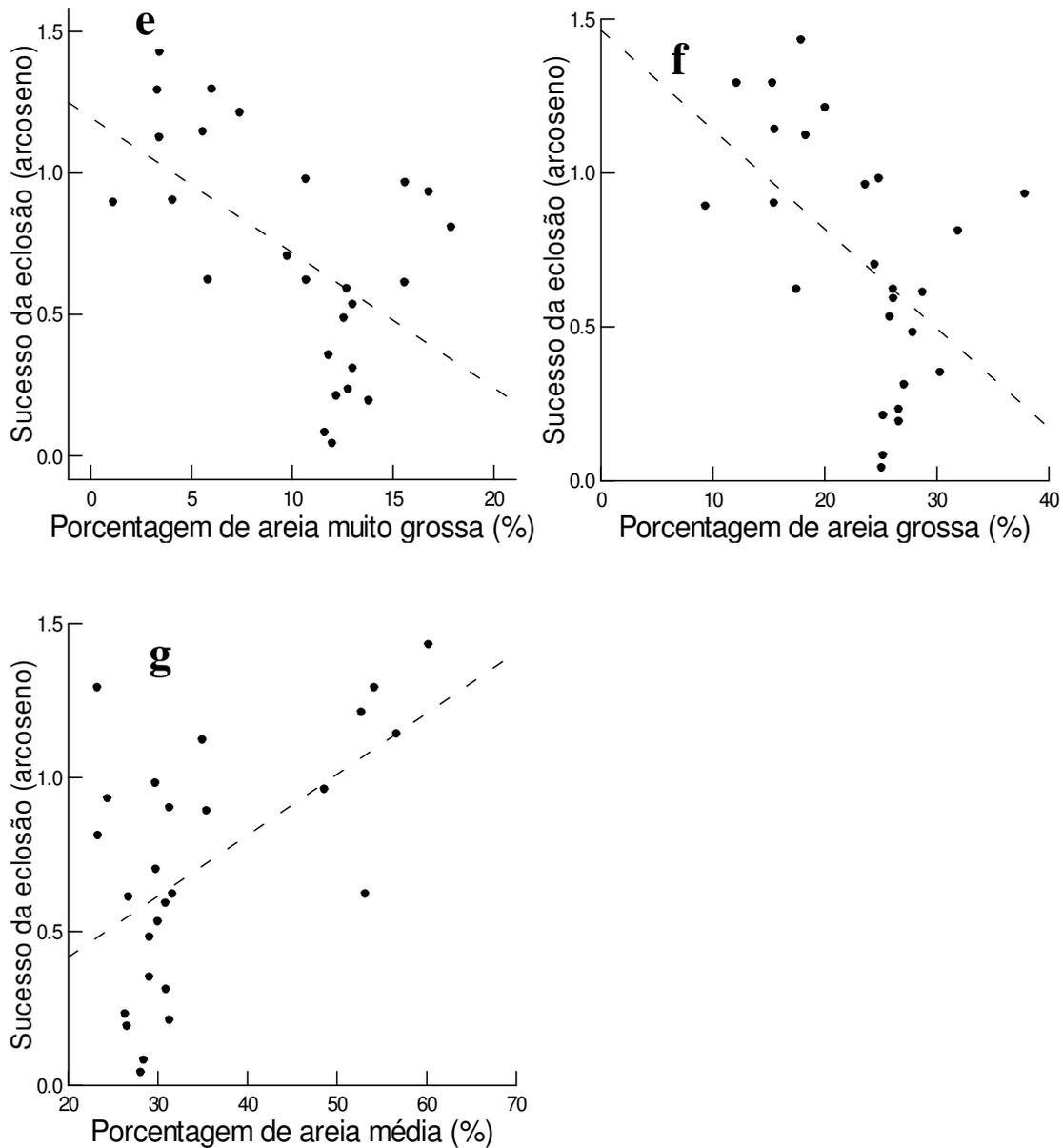


Fig. 4: Relação entre as variáveis ambientais e a taxa de eclosão dos filhotes de *P. expansa* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2007, 2008 e 2010: 4a) Profundidade final do ninho (cm) em 2008 (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.2980$ ;  $N = 48$ ;  $p = 0.0396$ ); 4b) Altura do ninhos com relação ao rio (cm) em 2008 (Coeficiente de Spearman,  $r_s = 0.5665$ ;  $N = 48$ ;  $p = < 0.0001$ ); 4c) Profundidade final do ninho (cm) em 2010 (Correlação de Spearman,  $r_s = 0.3557$ ;  $N = 34$ ;  $p = 0.0389$ ); 4d) Porcentagem de grânulo (%), (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.5014$ ;  $N = 26$ ;  $p = 0.009$ ); 4e) Porcentagem de areia muito grossa (%), (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.5137$ ;  $N = 26$ ;  $p = 0.0070$ ); 4f) Porcentagem de areia grossa (%), (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.5795$ ;  $N = 26$ ;  $p = 0.0019$ ); 4g) Porcentagem de areia média (Correlação de Spearman,  $r_s = 0.4531$ ;  $N = 26$ ;  $p = 0.0200$ ).

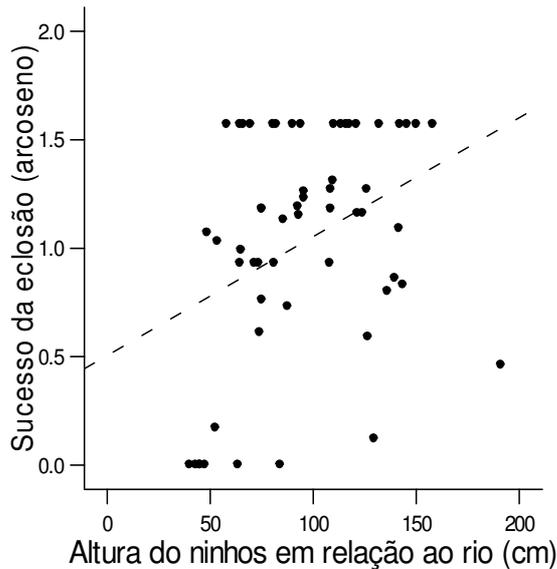


Fig. 5: Relação a altura do ninhos com relação ao rio (cm) em 2008 e a taxa de eclosão dos filhotes de *P. unifilis* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2007 e 2008: (Coeficiente de Spearman,  $r_s = 0.3569$ ;  $N = 57$ ;  $p = 0.0064$ ).

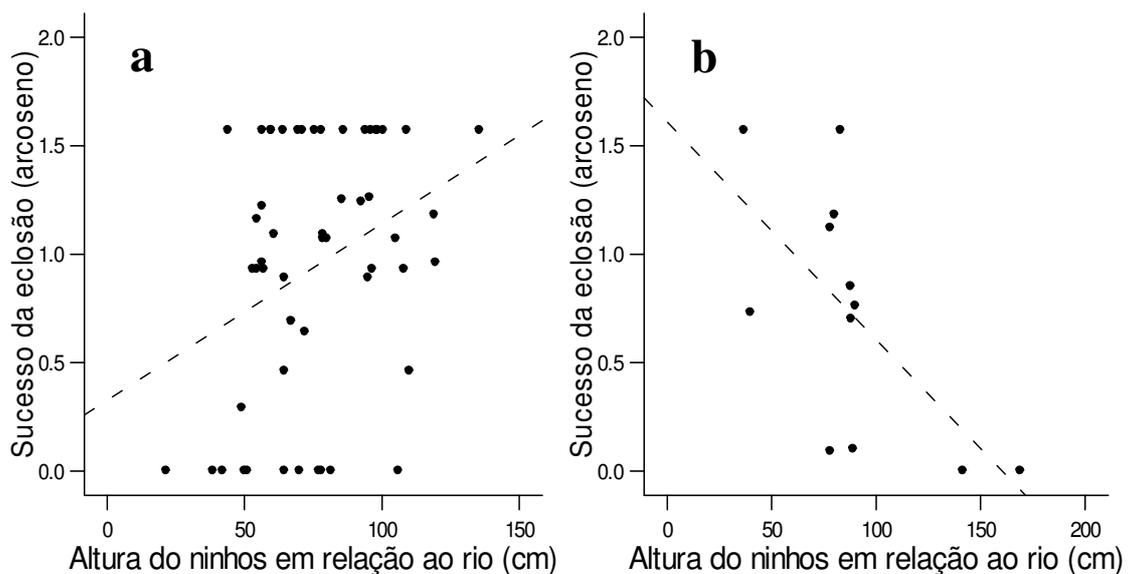


Fig. 6: Relação entre as variáveis ambientais e a taxa de eclosão dos filhotes de *P. sextuberculata* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2008 e 2010: 6a) Altura do ninhos com relação ao rio (cm) em 2008 (Coeficiente de Spearman,  $r_s = 0.2855$ ;  $N = 53$ ;  $p = 0.0382$ ); 6b) Altura do ninhos com relação ao rio (cm) em 2008 (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.6046$ ;  $N = 12$ ;  $p = 0.0372$ ).

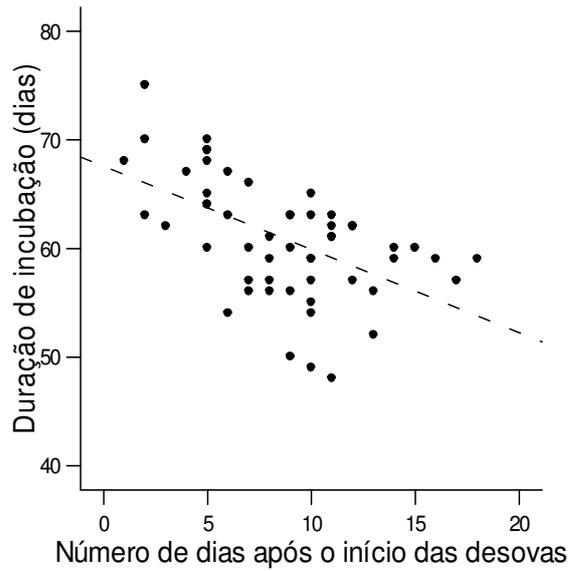


Fig. 7: Relação entre o Período da postura e a duração de incubação dos ninhos de *P. unifilis* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2008: (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.5595$ ;  $N = 56$ ;  $p = < 0.0001$ ).

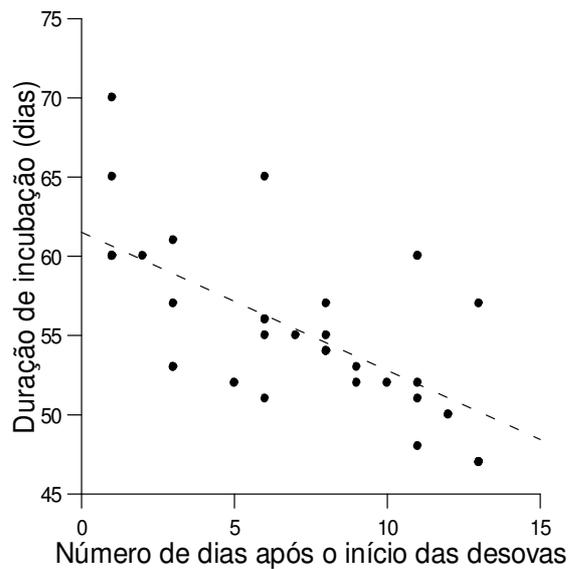
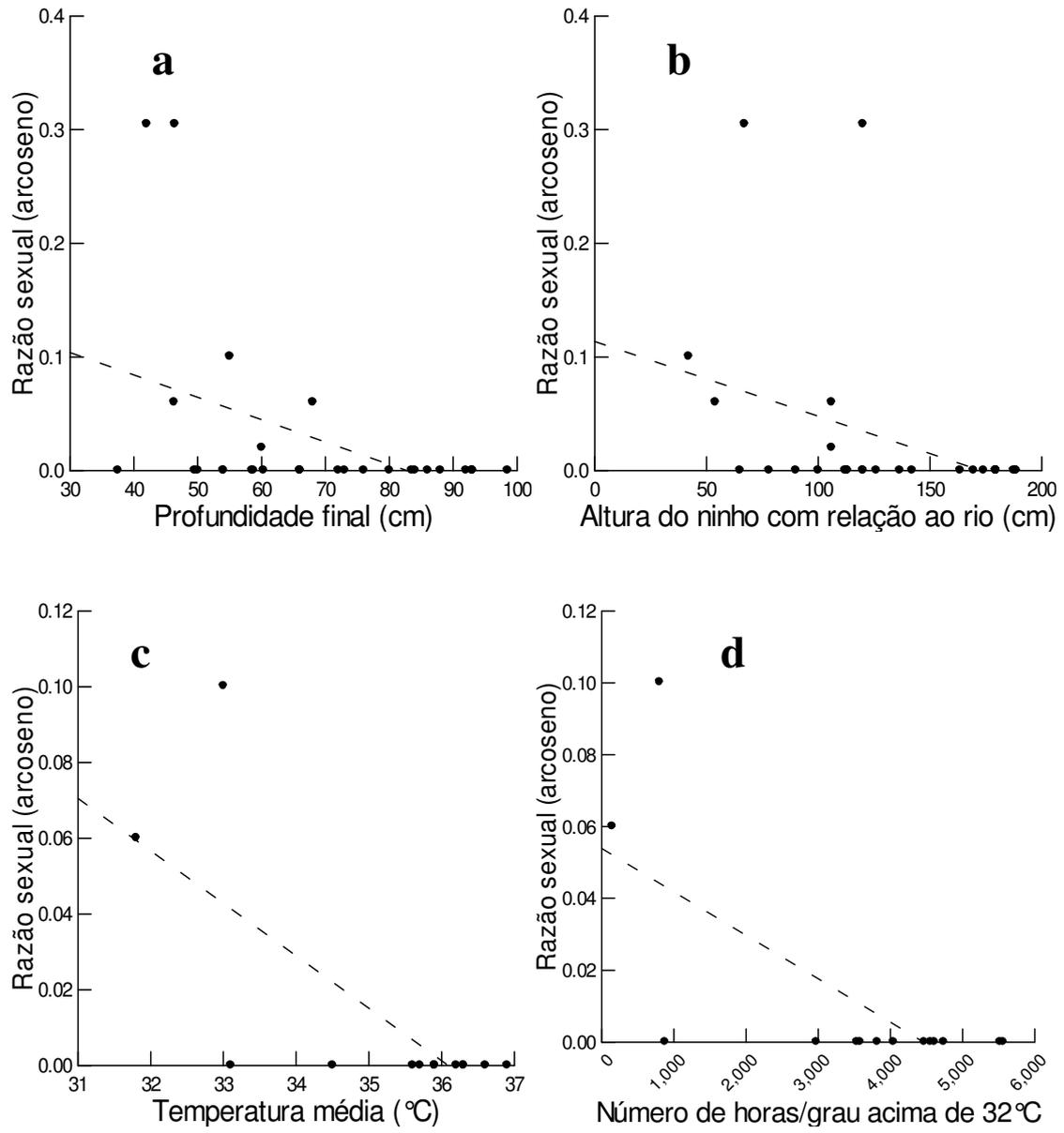


Fig. 8: Relação entre o Período da postura e a duração de incubação dos ninhos de *P. sextuberculata* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2008: (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.6705$ ;  $N = 38$ ;  $p = < 0.0001$ ).



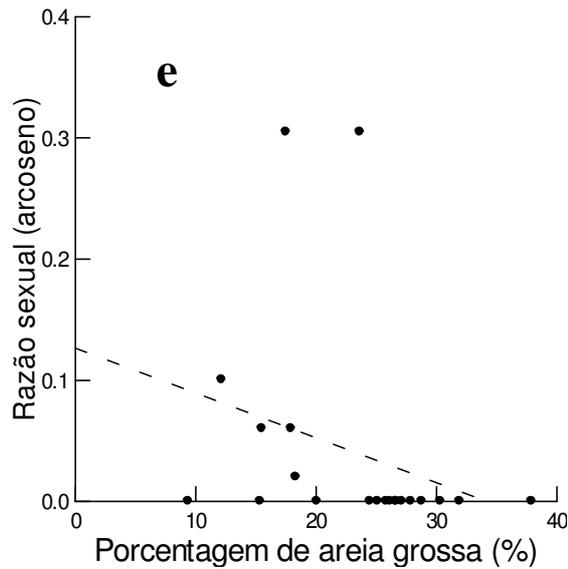


Fig. 9: Relação entre as variáveis ambientais e a razão sexual dos filhotes de *P. expansa* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2007, 2008 e 2010. 9a) Profundidade final do ninho (cm), (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.4613$ ;  $N = 30$ ;  $p = 0.0102$ ); 9b) Altura do ninhos com relação ao rio (cm), (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.5134$ ;  $N = 30$ ;  $p = 0.0037$ ); 9c) Temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ), (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.6056$ ;  $N = 14$ ;  $p = 0.0217$ ); 9d) Número de horas/grau acima de  $32^{\circ}\text{C}$  (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.6022$ ;  $N = 14$ ;  $p = 0.0226$ ); 9e) Porcentagem de areia grossa (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.5622$ ;  $N = 21$ ;  $p = 0.0079$ );

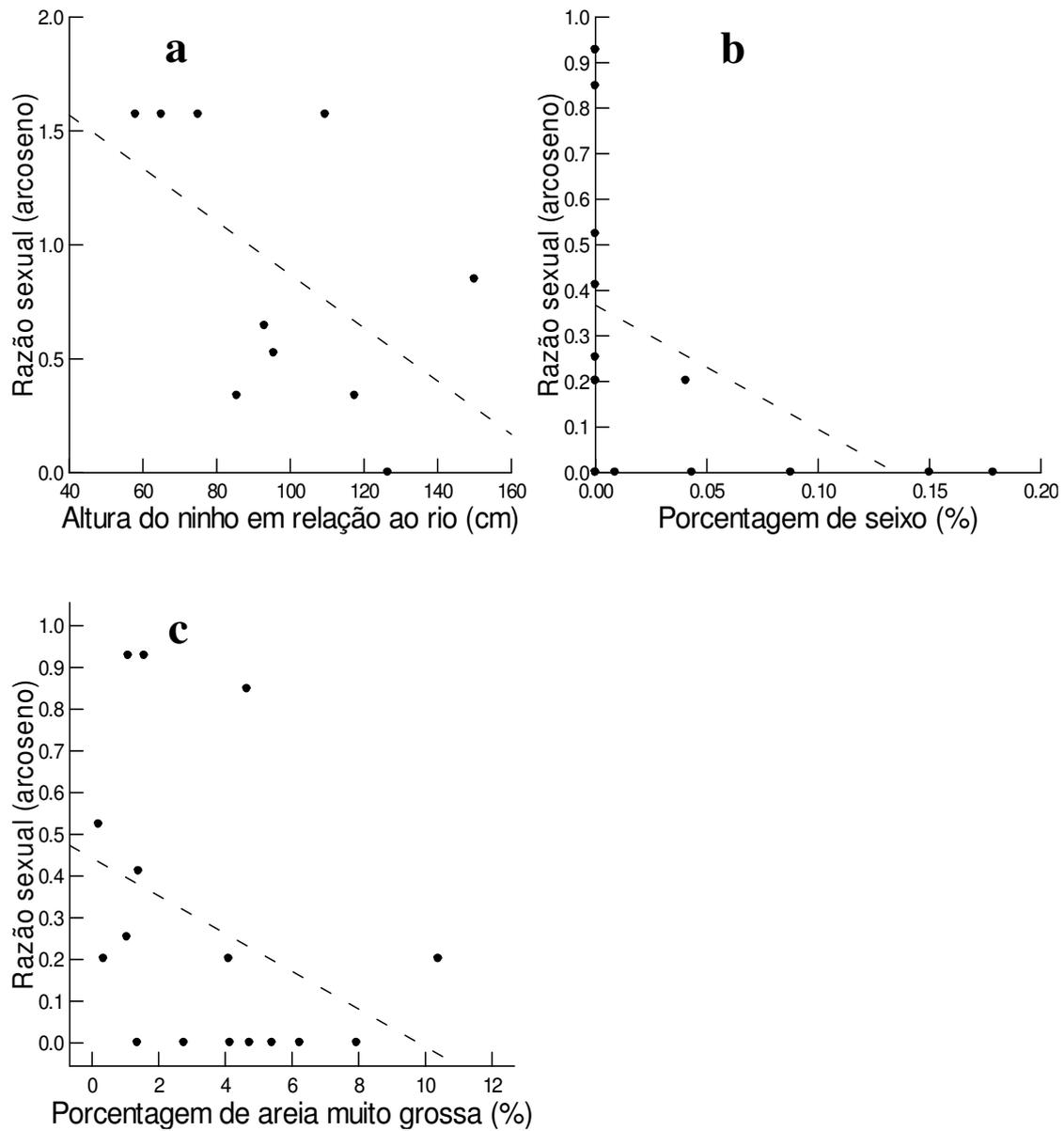


Fig. 10: Relação entre as variáveis ambientais e a razão sexual dos filhotes de *P. unifilis* monitorados no Tabuleiro do Embaubal, rio Xingu, Pará, durante 2007, 2008 e 2010. 10a) Altura do ninho com relação ao nível do rio (cm), (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.3855$ ;  $N = 31$ ;  $p = 0.0321$ ); 10b) Porcentagem de seixo (%), (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.6500$ ;  $N = 16$ ;  $p = 0.0064$ ); 10c) Porcentagem de areia muito grossa (%), (Correlação de Spearman,  $r_s = -0.5009$ ;  $N = 16$ ;  $p = 0.0480$ ).