



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO



**ATIVIDADE E TERMORREGULAÇÃO DE TATU PEBA (*EUPHRACTUS SEXCINCTUS*)
E TATU GALINHA (*DASYPUS NOVEMCINCTUS*) NA NHECOLÂNDIA, PANTANAL,
BRASIL**

Thiago Bernardes Maccarini

Campo Grande – MS
Janeiro de 2010

**ATIVIDADE E TERMORREGULAÇÃO DE TATU PEBA (*EUPHRACTUS SEXCINCTUS*)
E TATU GALINHA (*DASYPUS NOVEMCINCTUS*) NA NHECOLÂNDIA, PANTANAL,
BRASIL**

Thiago Bernardes Maccarini

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação, área de concentração ECOLOGIA.

Orientador: Guilherme Mourão

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Campo Grande – MS

2010

E eu, o que faço com estes números?

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente aos meus pais, Lígia e Marciano, que sempre me incentivaram e me apoiaram nos estudos. Sem eles não poderia ter este trabalho.

Ao meu orientador Guilherme, por me ensinar mais sobre ciência do que poderia pedir e por passar vários dias ao meu lado buscando a melhor maneira de analisar os dados e de apresentar o trabalho. Agradeço também a sua amizade, críticas e honestidade.

À minha família corumbaense: Hugo, Pâmela e Luiz Gustavo. Corumbá foi uma cidade mais divertida na presença de vocês. Agradeço também as idéias e ajuda no campo. O censo me perguntou se éramos uma república, respondi prontamente que éramos uma família. Agradeço também à saudosa Araudite e ao jovem e destemido Mutreta.

Aos amigos corumbaenses: Nilo, Dedé, Jú, Will, Grasi, Carol Cheida (só via ela em Corumbá, logo, ela só pode ser corumbaense) e Walfrido. Um agradecimento especial a sempre presente Alessandra, pelas tardes de tereré e pela ajuda que ela deu quando chegamos à Corumba.

À Embrapa pela ajuda na logística de campo e laboratório e à Fazenda Nhumirim pela ajuda em diversas etapas. Um agradecimento especial para: seu Armindo, Cleomar, Marcos José, Dona Janice, Dona Divina, seu Henrique, Zairo e Aquino.

Aos meus grandes amigos da turma de mestrado de 2009: Zé CaRlos e Débora, Gabs, Olívia, Fabí e Maurício. Também agradeço aos outros colegas da turma com quem tive menos contato, mas estavam juntos na caminhada: Iuba, Massao, Éder, Panamá, Alessandra, FeR e Marcelle.

Aos meus grandes amigos da UFMS: Nandinho e Raulzito. Agradeço as diversas discussões proveitosas e nem tão proveitosas, mas extremamente divertidas. Agradeço ainda aos outros amigos da UFMS (ou ex-UFMS): Limão, Bahia e Paulera.

Aos grandes amigos de Floripa, que mesmo longe e raramente os vendo contribuíram de forma indispensável na confecção desta dissertação. Vocês sabem quem vocês são.

Aos amigos que nos receberam tão bem em Campo Grande e fizeram nos sentir bem vindos desde o começo: Fera, Inara, Petúnia e Déia. Um agradecimento especial ao

Bife, Cássio e Neto que agüentaram a mim e ao Hugo por um mês antes de nos mudarmos. Um mês cheio de Counter Strike e futebol. Um mês glorioso alguns diriam.

Aos ladrões que invadiram a minha casa e roubaram meu notebook no dia em que eu ia entregar a dissertação. Agradeço por terem deixado meu pen drive ou não estaria escrevendo esses agradecimentos agora. A esses sou profundamente grato.

Aos amigos que fiz na Fazenda Nhumirim: Di, Peter, Miquéias e Erika. Muitas tardes divertidas, cheias de tereré e calor na casa da fauna.

A todos que me ajudaram de qualquer forma no trabalho de campo. São muitos e todos se encaixam em alguma das categorias de amigo que criei para essa seção, por isso não ou mencionar nomes, mas para estes sou eternamente grato.

À Rose, por toda sua ajuda na burocracia e pelas divertidas manhas e tardes que ela ficava me incomodando. E a Thana por nunca entender nada o que eu falo. Sempre falei rápido.

Aos grandes amigos que fiz no curso de campo: Gáucho, Dani Girl e Maringá.

Ao CNPq pela bolsa que me proporcionou estudar e à UFMS pela oportunidade de fazer mestrado em sua instituição. Sou particularmente grato ao professor Gustavo Graciolli por seus ensinamentos e conversas casuais.

Ao meu grande amigo Hugo, que embarcou comigo no ônibus e na aventura de fazer mestrado em outro estado. Sua companhia me fez me sentir sempre em casa. Agradeço as várias coisas idiotas e todas as inteligentes que fizemos. Discussões e brigas fazem parte do pacote e por elas também sou grato.

Agradeço a Lili, especialmente, por aturar todas as minhas manias, loucuras e grosserias e por me apoiar integralmente sempre. Minha maior conquista no Mato Grosso do Sul. O mestrado chegou perto, mas ficou em segundo.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iv
SUMÁRIO.....	vi
APRESENTAÇÃO	8
CAPÍTULO 1.....	9
“MONITORAMENTO DE TEMPERATURA PARA INFERIR A ATIVIDADE DE MAMÍFEROS SEMI-FOSSORIAIS”	9
RESUMO.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
ÁREA DE ESTUDO.....	11
MÉTODOS.....	12
RESULTADOS.....	14
DISCUSSÃO.....	15
IMPLICAÇÕES NO MANEJO.....	19
REFERÊNCIAS.....	19
FIGURAS.....	24
“MONITORING TEMPERATURE TO INFER THE ACTIVITY OF BURROWING MAMMALS”	26
ABSTRACT.....	26
INTRODUCTION.....	27
STUDY AREA.....	28
METHODS.....	29
RESULTS.....	31
DISCUSSION.....	32
MANAGEMENT IMPLICATIONS.....	36

LITERATURE CITED.....	36
FIGURES.....	41
CAPÍTULO 2.....	43
<i>“INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO HORÁRIO DE INÍCIO DE ATIVIDADE E NO PERÍODO DE ATIVIDADE DE DUAS ESPÉCIES DE TATUS EM UMA GRANDE ÁREA INUNDÁVEL, O PANTANAL, BRASIL”</i>	43
RESUMO.....	43
INTRODUÇÃO.....	44
MÉTODOS.....	45
ÁREA DE ESTUDO.....	45
COLETA DE DADOS E ANÁLISES.....	46
RESULTADOS.....	48
DISCUSSÃO.....	48
REFERÊNCIAS.....	52
FIGURAS.....	57
<i>“INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE ACTIVITY ONSET AND TEMPORAL ACTIVITY RANGE OF TWO SPECIES OF ARMADILLOS IN A LARGE WETLAND AREA, THE PANTANAL, BRAZIL”</i>	59
ABSTRACT.....	59
INTRODUCTION.....	60
METHODS.....	61
STUDY AREA.....	61
DATA COLLECTION AND ANALYSIS.....	61
RESULTS.....	64
DISCUSSION.....	64
REFERENCES.....	68
FIGURES.....	73

APRESENTAÇÃO

O presente estudo foi organizado em dois capítulos que seguem o formato de periódicos científicos com algumas exceções para facilitar a leitura da banca. O primeiro segue as normas do periódico 'The Journal of Wildlife Management' enquanto o segundo capítulo segue as normas do periódico 'Journal of Zoology'.

Monitoramento de Temperatura para Inferir a Atividade de Mamíferos Semi-fossoriais

THIAGO BERNARDES MACCARINI¹, *Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, CP 549, Campo Grande-MS, 79070-900, Brasil*

GUILHERME MOURÃO, *Embrapa Pantanal, CP 109, Corumbá-MS, 79320-900, Brazil*

RESUMO Monitoramento em tempo integral é importante para aprimorar a compreensão sobre a partilha de recursos entre espécies e para prover informações que possam guiar estudos que incluem captura ou observações diretas. Apesar de existirem vários métodos para monitorar a atividade da vida silvestre elas apresentam algumas restrições na quantidade e qualidade de dados. Nós desenvolvemos uma técnica de baixo custo monetário que monitora de forma integral a atividade de espécies semi-fossoriais. Nós monitoramos a temperatura do ambiente registrada na superfície do corpo, enquanto este estava dentro ou fora da toca, de 2 espécies de tatus no Brasil (*Euphractus sexcinctus* e *Dasypus novemcinctus*), mais a temperatura do ar e a temperatura da toca independentemente. As tocas bem isoladas funcionaram como amortecedores de temperatura e nós pudemos determinar quando um tatu estava ativo sobrepondo os dados de temperatura dos três ambientes. Nossa técnica pode ser útil para complementar estudos que utilize GPS e transmissores VHF.

Palavras chave atividade, tatu, semi-fossorial, *data logger*, *Dasypus novemcinctus*, *Euphractus sexcinctus*, Pantanal, radiotelemetria.

¹ E-mail: thimacca@gmail.com

INTRODUÇÃO

Métodos diferentes têm sido usados para monitorar a atividade de mamíferos. Dados temporais de armadilhas fotográficas, assim como observações diretas e capturas, têm sido usados amplamente para monitorar a atividade de fauna silvestre ao redor do mundo (e.g., Green e Bear 1990, Theuerkauf et al. 2003, Azlan e Sharma 2006, Mourão e Medri 2007, Bonato et al 2008, Lucherini et al. 2009, Tobler et al. 2009). Apesar de esses métodos funcionarem bem, eles apresentam algumas limitações na quantidade e qualidade de dados. Por exemplo, dados de armadilhas fotográficas podem não representar corretamente o período de atividade porque algumas espécies evitam as armadilhas fotográficas durante a luz do dia (Larrucea et al. 2007). Além disso, se a atividade da espécie varia entre diferentes habitat, então o uso de armadilhas fotográficas poderá resultar na obtenção de dados distorcidos porque a detectabilidade da espécie provavelmente será afetada por características do habitat como, por exemplo, a cobertura vegetal. Em relação aos problemas com radiotelemetria, observações diretas e capturas ainda pode se incluir a grande quantidade de tempo empreendida e a falta de dados de monitoramento em tempo integral, especialmente para animais crípticos e elusivos.

Monitoramento em tempo integral é importante porque fornece um registro completo do período de atividade de indivíduos, sem qualquer lacuna de informação. Dados de monitoramento tão intensivo podem ser úteis para guiar estudos que incluem capturas e observações diretas de indivíduos e para aprimorar a compreensão da partilha de recursos entre as espécies (Schoener, 1974). Além disso, pode prover informações para comparações de interesse como entre sexos de uma espécie (Di Bitetti et al. 2006) e entre espécies de predador e de presa (Weckel et al. 2006).

Entre o equipamento atualmente disponível no mercado para monitoramento integral, os receptores Global Positioning System (GPS) combinados com telemetria tem se tornado um dos favoritos entre biólogos de campo. Entretanto, esse equipamento é caro e pode não ser eficiente em áreas de florestas densas devido à fraca recepção de sinal. Tobler (2009) relatou uma média de sucesso de recepção de sinal de apenas 48,5% em colares GPS em antas. Long et al. (2007) descreveram um método que utilizava colares equipados com transmissores sensíveis à luz em roedores (*Spermophilus parryii*) para monitorar sua atividade, porém o custo ainda era alto e os autores estavam preocupados com a viabilidade de seu método em terreno desvantajoso e em áreas de cobertura vegetal densa.

No presente estudo nós fornecemos um método novo e de alto custo-benefício para monitorar em tempo integral a atividade de animais semi-fossoriais, usando *data loggers* de temperatura e transmissores de alta frequência (VHF).

ÁREA DE ESTUDO

O Pantanal cobre aproximadamente 210.000 km² de uma planície inundável do Rio Paraguai e inclui áreas do Brasil, Bolívia e Paraguai (Mittermeier et al. 2003).

O clima da região é semi-úmido tropical e a temperatura média anual é de 25 °C (Calheiros e Fonseca 1996). Os verões são muito quentes e chuvosos com média pluviométrica de 1.100 mm e temperaturas máximas que excedem os 40 °C. Invernos são secos e quentes com média pluviométrica abaixo de 300 mm e temperatura média de 20 °C, embora frentes frias ocasionais vindas do Sul possam fazer a temperatura chegar a 0 °C (Soriano et al. 1997).

Devido a características geológicas, geomorfológicas e climáticas, o Pantanal pode ser dividido em 10 subregiões (Hamilton et al. 1996). O estudo foi conduzido na

Fazenda Nhumirim (18°59'S and 56°39'W), na sub-região da Nhecolândia, caracterizada por ser um mosaico composto por campos separados por capões de matas semi-caducifólias, cerrados, florestas e baías temporárias e permanentes (Alho et al. 1987).

MÉTODOS

Durante setembro de 2007 e entre fevereiro e maio de 2010, nós capturamos indivíduos de 2 espécies de tatu, o tatu peba (*Euphractus sexcinctus*) e o tatu galinha (*Dasypus novemcinctus*) (licença n° 006/2007B, fornecida pelo IBAMA e licença n° 22906-1, fornecido pelo ICMBio). Nós avistamos os tatus ao percorrer as estradas a pé ou em veículos de tração e os capturamos manualmente, os colocamos em caixas bem ventiladas e os transportamos para o laboratório da fazenda. Lá, nós anestesiámos os tatus através de uma dose intramuscular de Zoletil (4 mg/kg; 1:1 tiletamina e zolazepam; Virbac S. A., Cedex, France) e então os pesamos, medimos e marcamos através de um brinco numerado.

Nós acoplamos um *data logger* de temperatura (registrador de temperatura; StowAway Tidbit; Onset Computer Corporation, EUA; acurácia = $\pm 0,4^{\circ}$ C a 20° C) combinado com um transmissor VHF (modelo R2030, Advanced Telemetry Systems, EUA) equipado com sensor de mortalidade programado para 24 horas e afixamos o conjunto nos tatus. Nós chamamos a temperatura registrada pelo *data logger* no tatu de T_{tatu} . O equipamento pesou cerca de 35 g e para afixar o conjunto em um dos tatu-peba nós usamos faixas de borracha cobertas por fita adesiva (Fig. 1a), e no outro usamos prendedores de nylon através de furos feitos na borda posterior da carapaça (Fig. 1b). Para este último nós aplicamos adicionalmente uma dose local de xilocaína (Lab. Eurofarma, São Paulo). Nos tatus galinha usamos apenas camadas de fita adesiva para

afixar o conjunto na cauda dos tatus. Uma vez que os efeitos da anestesia terminavam e todos os procedimentos já haviam terminado, os tatus eram soltos no local de captura.

Em 2010, além de afixar os *data loggers* em tatus, nós colocamos um dentro de uma toca (cerca de 1 metro da entrada). Esse *data logger* registrou a temperatura da toca (T_{toca}), porém, essa toca não era especificamente a toca utilizada pelo tatu capturado. Nossa intenção não foi de registrar a temperatura de uma toca específica, já que tatus podem usar mais de uma toca por vez, mas sim de verificar o quanto tocas amortecem a temperatura em geral.

Nós posicionamos outro *data logger* na estação meteorológica automática da fazenda para medir a temperatura do ar (T_{ar}) e programamos todos os *data loggers* para registrar a temperatura a cada 5 minutos. Em 2007 nós não usamos esses *data loggers* extras (da toca e da estação meteorológica) e os dados de temperatura do ar foram obtidos através da estação meteorológica automática.

Também em 2010, nós verificamos visualmente se os indivíduos estavam dentro (i.e. inativos) ou fora (i.e. ativos) da toca uma ou duas vezes por dia através de radiotelemetria para assegurar a acurácia do método. Para recuperar os dados de temperatura, nós rastreamos os transmissores VHF usando uma antena direcional (RA-2AK, Telonics, EUA) e um receptor portátil (Telonics TR-4). Se o conjunto ainda estivesse preso ao corpo do tatu depois de 18 dias nós recapturávamos o tatu e retirávamos o transmissor e *data logger*. Todavia, devido à fricção com o solo que é inerente aos hábitos fossoriais dos tatus, em 3 de 4 ocasiões o conjunto caiu naturalmente e nós os recuperamos no chão ou dentro de alguma toca.

O *download* dos dados de temperatura dos *data loggers* foi feito através do programa Boxcar[®] Pro 4.0 (Onset[®]). Nós analisamos o gráfico visualmente usando o programa Systat 11.0 para Windows (Systat Inc., EUA).

RESULTADOS

Na primeira campanha de campo realizada em 2007, nós afixamos o conjunto na cauda de um dos tatus peba com faixas de borracha coberto por fita adesiva. Este indivíduo perdeu parte de sua cauda, possivelmente porque nós apertamos demais as faixas de borracha m seu rabo, impedindo a circulação sanguínea. Entretanto, o ferimento cicatrizou e o tatu foi recapturado e fotografado por armadilhas fotográficas por diferentes vezes, meses depois. Após esse incidente nós usamos apenas fita adesiva para afixar o equipamento na cauda do tatu. Em 2007 nós também fixamos o conjunto transmissor/*data logger* em um tatu galinha e em 2010, nós afixamos o conjunto em 2 tatus (um tatu peba e um tatu galinha). Os transmissores permaneceram nos animais entre 8 e 18 dias.

A amplitude de T_{tatu} foi sempre menor do que T_{ar} (Fig. 2). Entretanto, houve períodos em que ambos apresentaram o mesmo padrão de aumento e diminuição de temperatura. Esses alternaram com períodos onde T_{tatu} foi independente de T_{ar} (Fig. 2).

Os resultados obtidos em 2010 mostram que $T_{\text{toça}}$ foi muito mais estável ($22,5^{\circ}\text{C}$ – 27°C) do que T_{ar} ($10,9^{\circ}\text{C}$ – $32,4^{\circ}\text{C}$) e a diferença entre os dois variou entre $-6,8^{\circ}\text{C}$ e $+12^{\circ}\text{C}$ (Fig. 2b, Fig. 2d).

Os valores de T_{tatu} registrados em 2010 tenderam a ser ora paralelos a T_{ar} ora paralelo a $T_{\text{toça}}$. Essas alternâncias de padrão nos permitiram inferir quando o tatu estava dentro (i.e. inativo) e quando estavam expostos a T_{ar} (i.e. ativo) da toca. Os avistamentos dos tatus com o conjunto transmissor/*data logger* acima do solo durante o estudo corresponderam às vezes em que T_{tatu} eram paralelos a T_{ar} . Em 3 das 4 ocasiões recuperamos o conjunto diretamente do chão, após este ter caído e quando não havia sinal de mortalidade nós excluimos as últimas 24 horas de informação. Quando o sinal de mortalidade dos conjuntos recuperados estava sendo emitido, nós excluimos os

dados de atividade das últimas 24 horas e mais todos os dados até a última vez em que tínhamos certeza de que o conjunto estava nos tatus (último movimento toca-fora e vice-versa).

Os dois tatus peba ficaram ativos por cerca de 3 horas por dia, saíram de suas tocas por volta de 18:00 horas e retornaram por volta das 21:00 horas (Fig. 2a, Fig. 2b). Os tatus galinha foram noturnos sendo que um deles foi ativo algumas horas mais cedo. Em uma ocasião, um deles estava ativo durante o dia na parte da tarde (Fig. 2c, Fig. 2d).

Cada *data logger* custou US\$159,00 (www.onsetcomp.com) e cada transmissor VHF custou US\$173,00. Como a expectativa de duração das baterias é amplamente superior ao nosso período curto de monitoramento (i.e. ≤ 18 dias), nós usamos o mesmo conjunto em diferentes tatus. Portanto, quando consideramos o tempo esperado de duração da bateria do transmissor (~ 950 dias), nós estimamos o custo diário de nosso método em US\$0,68 por animal (sem contar o salário dos pesquisadores) se forem usados 3 *data loggers* (1 para o tatu, 1 para a temperatura ambiente e 1 para a toca). Se for usado apenas 1 *data logger* (para casos em que uma estação meteorológica esteja disponível) o custo diário diminui para US\$0,35 por animal. O custo do material permanente não foi incluído nos cálculos (receptor = US\$737,00, antena = US\$141,00) uma vez que já estavam disponíveis para nós.

DISCUSSÃO

Os *data loggers* afixados nos tatus registraram com sucesso a temperatura do ambiente em que cada tatu se encontrava em cada momento. Entretanto a temperatura registrada provavelmente foi afetada pela temperatura corpórea do próprio tatu o que pode explicar a maior T_{tatu} registrada quando os tatus estavam dentro da toca em comparação com T_{toca} .

Enquanto as temperaturas do ar tiveram grande amplitude, as tocas bem isoladas funcionaram como amortecedores da variação de temperatura e assim as temperaturas da toca se mantiveram relativamente constantes. Portanto a comparação entre T_{tatu} com T_{ar} e T_{toca} nos permitiu inferir se o tatu estava fora ou dentro da toca (i.e. inativo).

Todos os métodos de fixar os transmissores nos tatus resultaram em 8-18 dias de monitoramento e registros de temperatura. Em um caso nós ferimos um dos animais ao utilizar faixas de borracha para fixar o transmissor no seu rabo. Portanto, nós recomendamos extremo cuidado ao utilizar qualquer método que vise afixar aparelhos na cauda de um animal que possa impedir a circulação normal de sangue.

Os tatus estiveram ativos por cerca de 3-6 horas por dia, com exceção de um tatu galinha que permaneceu ativo por mais de 10 horas em uma ocasião. Tatus podem dormir até 20 horas por dia em suas tocas (McDonough e Loughry 1997) e seu baixo metabolismo, cerca de 40-60% do que é esperado para a sua massa corpórea (McNab 1980), pode ser responsável por um período de atividade diário tão curto.

Geralmente, determinar o período de atividade de mamíferos é difícil e todas as metodologias disponíveis atualmente têm problemas. Por exemplo, tanto radiotelemetria e observações diretas demandam esforço intenso e prolongado. Apesar de certos modelos de transmissores serem equipados com sensores de movimento que fornecem informação confiável sobre atividade (Coulombe et al. 2006), esse equipamento freqüentemente demanda esforço humano considerável ou um receptor *data logging* de alto custo. Além disso, Jacob e Rudran (2003) advertiram que pesquisadores podem causar perturbações quando procuram os animais com transmissores, conseqüentemente influenciando os resultados. Nosso método permite monitoramento de atividade de forma intensiva sem as perturbações causadas por técnicas de telemetria como o *'homing'*.

O uso de equipamento GPS aprimorou a acurácia do monitoramento de atividade espacial e temporal da vida silvestre (Merril e Mech 2003), porém, esse equipamento custa muito caro e pesquisadores têm optado por menos unidades o que compromete o tamanho amostral do experimento (Hebblewhite e Haydon 2010). Além disso, existe o problema de perda de recepção de satélite quando os animais se encontram debaixo de vegetação (Tobler 2009) ou dentro de lugares como tocas. Ademais, dados brutos de GPS podem apresentar erros e vieses e vários passos podem ser necessários para minimizar esses problemas (D'Eon et al. 2002).

Apesar de armadilhas fotográficas serem consideradas uma ferramenta eficiente e não-invasiva para o estudo da vida silvestre (Silveira et al. 2003, Sanderson e Trolle 2005), o uso desse equipamento para determinar períodos de atividade de espécies pode ser problemático por diversas razões. Primeiro, os dados podem ser enviesados pela presença do equipamento e por '*trap shyness*' (o ato de evitar o espaço onde uma armadilha está localizada) de algumas espécies (Wegge et al. 2004, Larrucea et al. 2007, Schipper 2007). Outro problema neste sentido surge quando iscas utilizadas para atrair animais para o local da armadilha são usadas e interferem no período de atividade normal das espécies (Hicks et al. 1998). Segundo, armadilhas fotográficas podem não ser acuradas em determinar o período de atividade de certas espécies, como o tatu-peba, que usa não somente florestas, mas também campos abertos para suas atividades (Eisenberg e Redford 1999, Emmons e Feer 1997). Terceiro, armadilhas fotográficas, assim como observações diretas não podem medir períodos de atividade individuais de animais não-marcados e por isso só pode ser utilizada para medir a amplitude de atividade de uma população (Bridges et al. 2004). Portanto, para questões que requerem o conhecimento de atividade de indivíduos, como as que envolvem aspectos

fisiológicos, quantidade de atividade diária e para comparações intra-específicas (e.g. entre classes etárias e sexos), armadilhas fotográficas não serão efetivas.

O uso de transmissores equipados com sensores de luz para monitorar atividade foi introduzido por Long et al. (2005, 2007) utiliza a intensidade de luz dentro e fora de tocas para determinar o período de atividade de mamíferos semi-fossoriais, como o esquilo-do-ártico (*Spermophilus parryii*). Apesar de a técnica ter apresentado um alto grau de sucesso, esta estava sujeita aos mesmos problemas de telemetria, como perda de sinal associada às condições atmosféricas, interferência externa e topografia desvantajosa (Long et al. 2007). Além disso, para animais noturnos, assim como algumas espécies de tatus, o limiar de resposta da intensidade de luz dos transmissores usado no estudo (0,03 lux) pode não ser adequado para distinguir a intensidade de luz de dentro de tocas e de noites escuras.

No estudo de Long et al. (2007), além do uso de transmissores sensíveis à luz, eles também implantaram *data loggers* de temperatura para medir a temperatura corpórea já que seu objetivo era obter dos animais dados de atividade e fisiologia simultaneamente. Nosso objetivo principal foi só a obtenção de dados de atividade então nós afixamos os *data loggers* externamente e comparamos essa temperatura com a temperatura ambiente e a da toca. Entretanto, nosso método poderia ser utilizada em conjunto com a adição de um *data logger* interno para obter o mesmo tipo de informação fisiológica de Long et al. (2005, 2007) mas por um custo monetário muito menor já que nosso método não requer transmissores sensíveis a luz de alto custo nem o substancialmente mais caro receptor *data logging*.

A principal vantagem do método de monitorar temperatura para inferir na atividade de mamíferos semi-fossoriais foi o monitoramento do período de atividade de forma integral de maneira relativamente barata e sem a necessidade de gastar tempo em

monitoramento. O valor diário de monitoramento de um indivíduo ficou abaixo de US\$0,70, portanto um valor acessível, de baixo custo para complementar estudos que abordem atividade de espécies semi-fossoriais. Entretanto há outras considerações que devem ser levadas em conta. Os *datas logger* registraram as temperaturas *onboard* regularmente, sem riscos de falha durante a transmissão de dados, mas o acesso aos dados foi dependente da recaptura dos indivíduos para retirar o equipamento ou de achar o equipamento no solo.

Implicações no Manejo

Nosso método parece ser um meio prático de baixo custo para obtenção de dados de monitoramento de atividade de forma integral de espécies semi-fossoriais. Pode ser particularmente interessante em estudos que examinam mudanças no período de atividade de espécies fossoriais translocadas e também suas respostas em ambientes onde predadores foram translocados. Pode também ser útil em estudos de espécies em que informação biológica, assim como estudos que abordem mudanças circadianas e sazonais de atividade. Por último, esse método pode ser adicionado como um complemento para estudos de radiotelemetria ou monitoramento por GPS para a obtenção de um conjunto de dados mais completo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alho, C. J. R., T. E. Lacher, Jr., J. M. C. Campos, e H. C. Gonçalves. 1987. Mamíferos da Fazenda Nhumirim, sub-região da Nhecolândia, Pantanal do Mato Grosso do Sul: 1 levantamento preliminar de espécies. *Revista Brasileira de Zoologia* 4:151–164. [In Portuguese]

- Azlan, J. M., e S. K. Sharma. 2006. The diversity and activity patterns of wild felids in a secondary forest in Peninsular Malaysia. *Oryx* 40:36–41.
- Bonato, V., E. G. Martins, G. Machado, C. Q. Silva, e S. F. Reis. 2008. Ecology of the armadillos *Cabassous unicinctus* and *Euphractus sexcinctus* (Cingulata: Dasypodidae) in a Brazilian Cerrado. *Journal of Mammalogy* 89:168–174.
- Bridges, A. S., M. R. Vaughan e S. Klenzendorf. 2004. Seasonal variation in American black bear *Ursus americanus* activity patterns: quantification via remote Photography. *Wildlife Biology* 10: 277–284.
- Calheiros, D. F. e W. C. Fonseca, Jr. 1996. Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal. Embrapa CPAP Documento 18, Corumbá, Brazil. [In Portuguese.]
- Coulombe, M., A. Massé, e S. D. Côte. 2006. Quantification and accuracy of activity data measured with VHF and GPS telemetry. *Wildlife Society Bulletin* 34:81–92.
- D'Eon, R. G., R. Serrouya, G. Smith, e C. O. Kochanny. 2002. GPS radiotelemetry error and bias in mountainous terrain. *Wildlife Society Bulletin* 30:430–439.
- Di Bitetti, M. S., A. Paviolo, e C. De Angelo. 2006. Density, habitat use and activity patterns of ocelots (*Leopardus pardalis*) in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina. *Journal of Zoology* 270:153–163.
- Emmons, L. H., e Feer, F. 1997. Neotropical rainforest mammals: a field guide. Second edition. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Eisenberg, J. F., e K. H. Redford. 1999. Mammals of the Neotropics, the central neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. Volume 3. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Green, R. A., e G. D. Bear. 1990. Seasonal cycles and daily activity patterns of Rocky Mountain Elk. *Journal of Wildlife Management* 54:272–279.

- Hamilton, S. K.; S. J. Sippel, e J. M. Melack. 1996. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. *Archives fur Hydrobiology* 137: 1–23.
- Hebblewhite, M., e D. T. Haydon. 2010. Distinguishing technology from biology: a critical review of the use of GPS telemetry data in ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365: 2303–2312.
- Hicks, N. G., M. A. Menzel, e J. Laerm. 1998. Bias in the determination of temporal activity patterns of syntopic *Peromyscus* in the southern Appalachians. *Journal of Mammalogy* 79:1016–1020.
- Jacob, A. A., e R. Rudran. 2003. Radiotelemetria em estudos populacionais. Pages 285–342 in Cullen Jr, L., R. Rudran, and C. Valladares-Pádua, editors. *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida Silvestre*. Ed. Da UFPR, Curitiba, Brazil. [In Portuguese.]
- Larrucea, E. S., P. F. Brussard, M. M. Jaeger, e R. H. Barrett. 2007. Cameras, coyotes, and the assumption of equal detectability. *Journal of Wildlife Management* 71:1682–1689.
- Long, R. A., T. J. Martin, e B. M. Barnes. 2005. Body temperature and activity patterns in free-living Arctic ground squirrels. *Journal of Mammalogy* 86:314–322.
- Long, R. A., T. J. Martin, e B. M. Barnes. 2007. Simultaneous collection of body temperature and activity data in burrowing mammals: a new technique. *The Journal of Wildlife Management* 71:1375–1379.
- Lucherini, M., J. I. Repuccini, R. S. Walker, M. L. Villalba, A. Wurstten, G. Gallardo, A. Iriarte, R. Villalobos e P. Perovic. 2009. Activity pattern segregation of carnivores in the high Andes. *Journal of Mammalogy* 90: 1404–1409.

- McDonough, C. M., e W. J. Loughry. 1997. Influences on activity patterns in a population of nine-banded armadillos. *Journal of Mammalogy* 78:932–941.
- McNab, B. K. 1980. Energetics and the limits to a temperate distribution in armadillos. *Journal of Mammalogy* 61:606–627.
- Merrill, S. B., e L. D. Mech. 2003. The usefulness of GPS telemetry to study wolf circadian and social activity. *Wildlife Society Bulletin* 31:947–960.
- Mittermeier, R. A., C. G. Mittermeier, T. M. Brooks, J. D. Pilgrim, W. R. Constant, G. A. B. da Fonseca, e C. Kormos. 2003. Wilderness and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100:10309–10313.
- Mourão, M. M., e Í. M. Medri. 2007. Activity of a specialized insectivorous mammal (*Myrmecophoga tridactyla*) in the Pantanal of Brazil. *Journal of Zoology* 271:187–192.
- Sanderson, J., e M. Trolle. 2005. Monitoring elusive species. *American Scientist* 93: 148–155.
- Schoener, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185:27–39.
- Schipper, J. 2007. Camera-trap avoidance by kinkajous *Potos flavus*: rethinking the “non-invasive” paradigm. *Small Carnivore Conservation* 36:38–41.
- Silveira, L., A. T. A. Jácomo, e J. A. F. Diniz-Filho. 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation* 114:351–355.
- Soriano, B. M. A., H. Oliveira, J. B. Catto, J. A. Comastri Filho, S. Galdino, e S. M. Salis. 1997. Plano de utilização da fazenda Nhumirim. Embrapa-CPAP, Corumbá, Brazil.

- Theuerkauf, J., W. Jedrzejewski, K. Schmidt, H. Okarma, I. Ruczynski, S. Sniezco, e R. Gula. 2003. Daily patterns and duration of wolf activity in the Bialowieza Forest, Poland. *Journal of Mammalogy* 84:243–253.
- Tobler, M. W., S. E. Carrillo-Percestequi, e G. Powell. 2009. Habitat use, activity patterns and use of mineral licks by five species of ungulate in south-eastern Peru. *Journal of Tropical Ecology* 25:261–270.
- Weckel, M., M. Giuliano, e S. Silver. 2006. Jaguar (*Panthera onca*), feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *Journal of Zoology* 270:25–30.
- Wegge, P., C. P. Pokheral, e S. R. Jnawali. 2004. Effects of trapping effort and trap shyness on estimates of tiger abundance from camera trap studies. *Animal Conservation* 7:251–256.

FIGURAS

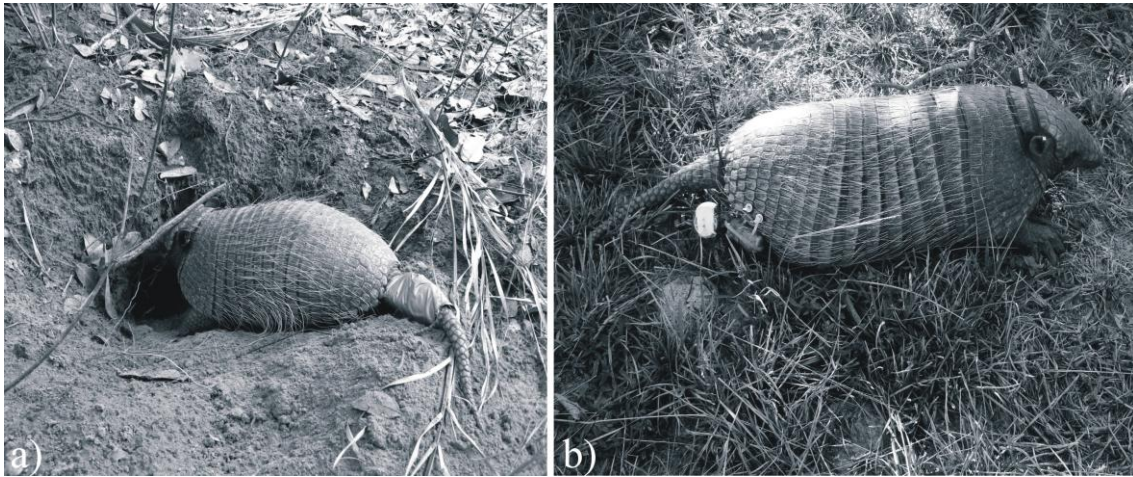
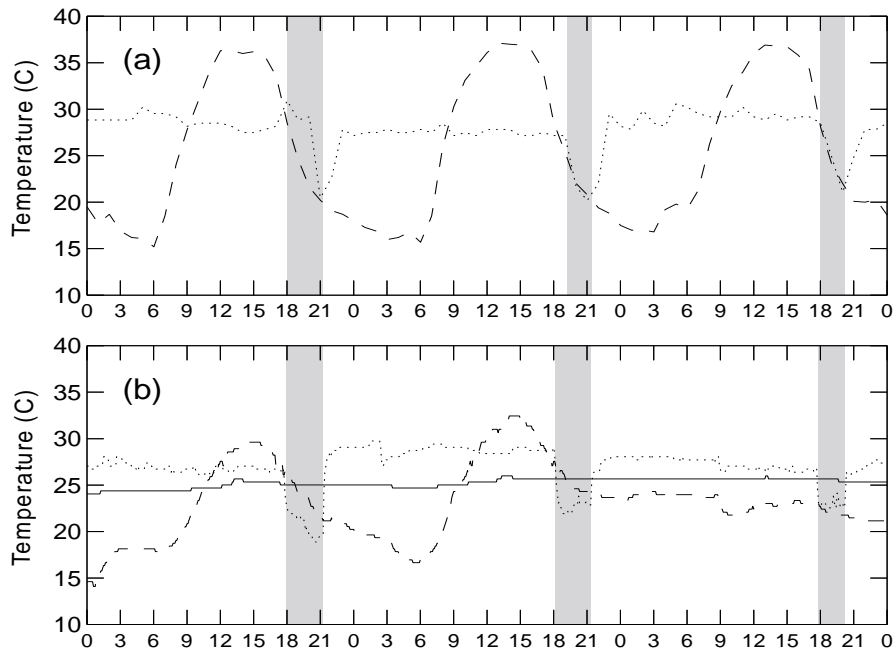


Figura 1. Métodos para fixar externamente os radiotransmissores nos tatus no Pantanal, Brasil: a) camadas de fita adesiva envoltos no rabo do tatu, b) prendedores de nylon através de furos feitos na borda da carapaça.

Yellow armadillo



Nine-banded armadillo

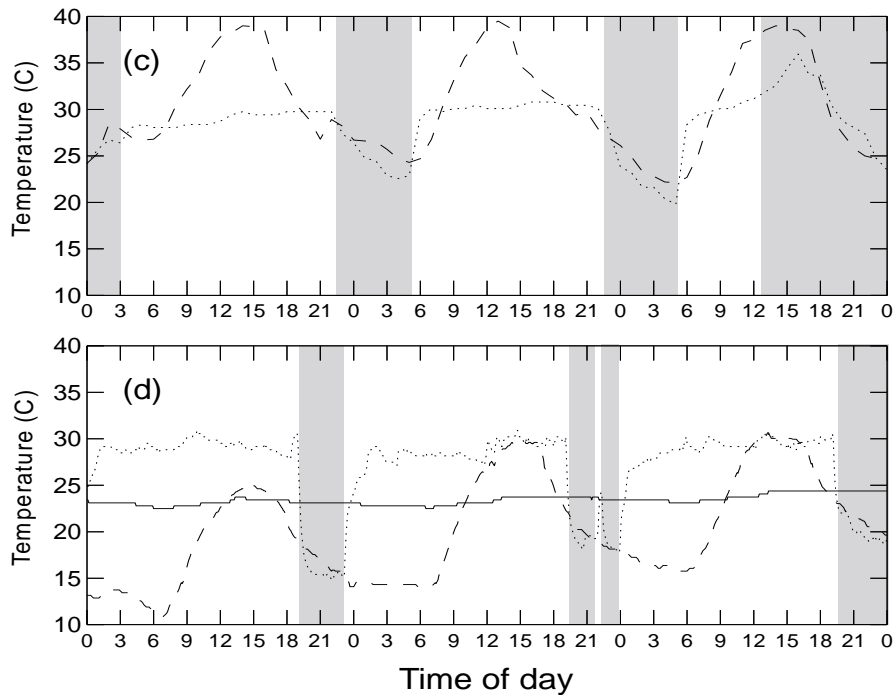


Figura 2. Temperaturas individuais obtidas através dos *data loggers* combinados com transmissores VHF e fixados externamente no corpo de: a) e b) dois tatus peba (*Euphractus sexcinctus*); c) e d) dois tatus galinha (*Dasybus novemcinctus*) no Pantanal brasileiro, durante Setembro de 2007 e de Fevereiro a Maio de 2010. Linha pontilhada = temperaturas dos *data loggers* fixados nos tatus (T_{tatu}), linha tracejada = temperatura do ar registrada pela estação meteorológica (T_{ar}), linha contínua = temperaturas registradas pelo *data loggers* dentro das tocas (T_{toca}). As faixas cinzas representam os períodos de atividade de cada animal. Temperature = Temperatura; Time of Day = Hora do dia; Yellow armadillo = Tatu peba; Nine-banded armadillo = tatu galinha

Monitoring Temperature to Infer the Activity of Burrowing Mammals

THIAGO BERNARDES MACCARINI, *Ecology and Conservation Graduate Program, Federal University of Mato Grosso do Sul, CP 549, Campo Grande-MS, 79070-900, Brazil*

GUILHERME MOURÃO, *Embrapa Pantanal, Brazilian Agricultural Research Corporation, CP 109, Corumbá-MS, 79320-900, Brazil*

ABSTRACT Full time monitoring is important to improve understanding of resource partitioning between species and to provide information to guide studies that include capture or direct observation. Although there are several methods to monitor wildlife activity they may present some constraints in the amount and quality of data. We developed a low cost technique that monitors the activity of burrowing species full time. We monitored environmental temperatures recorded at the surface of the body, while inside and outside burrows, for 2 species of armadillos in Brazil (*Euphractus sexcinctus* and *Dasypus novemcinctus*), plus air temperature and burrow temperature independently. The well-insulated burrows worked as temperature buffers and we could determine whether an armadillo was active by superimposing the temperature data from the three environments. Our technique may be useful to complement studies that use Global Positioning System (GPS) and Very High Frequency (VHF) collars.

KEY WORDS activity, armadillo, burrowing, data logger, *Dasypus novemcinctus*, *Euphractus sexcinctus*, Pantanal, radiotelemetry.

INTRODUCTION

Different methods have been used to monitor the activity of mammals. Data from camera traps and radio telemetry, as well as direct observations and captures, have been widely used to monitor wildlife activity around the world (e.g., Green and Bear 1990, Theuerkauf et al. 2003, Azlan and Sharma 2006, Mourão and Medri 2007, Bonato et al. 2008, Lucherini et al. 2009, Tobler et al. 2009). Although these methods can work well, they present some constraints in the amount and quality of data. For example, camera traps may not always represent activity periods accurately because some species might avoid them during the day time (Larrucea et al. 2007). Also, if the activity of animals varies among habitats, then camera traps could lead to biased results because detectability is likely to be affected by habitat features such as vegetal cover. Problems with radiotelemetry, direct observations and captures include that these methods are time consuming and often do not provide full-time data, especially for cryptic and elusive mammals.

Full time monitoring is important because it provides a complete account of the active period for individual animals, without information gaps. Data from such intensive monitoring can be useful to guide studies that include capture and direct observation of individuals and to improve the understanding of resource partitioning between species (Schoener 1974). Moreover, it may provide information on comparisons of interest such as males versus females (Di Bitetti et al. 2006) and between predator and prey species (Weckel et al. 2006).

Of the equipment currently available to provide full time monitoring, Global Positioning System (GPS) receivers combined with telemetry are becoming a favorite among the field biologists. However, this equipment is expensive and may not be efficient in densely forested areas due to poor signal reception. For example, Tobler (2009) reported a mean fix success of only 48.5 %. Long et al. (2007) described a

method that used light-sensitive radiotransmitters attached to the neck collars of ground squirrels to monitor their activity, but the costs were still high and the authors were concerned about the feasibility of the method in areas of challenging topography or in densely vegetated habitats.

In this study we provide a new, cost effective way to monitor the activity of burrowing mammals full-time, using temperature data loggers attached to regular VHF transmitters.

STUDY AREA

The Pantanal is a large wetland region covering approximately 210,000 km² of low elevation floodplain of the Rio Paraguay and includes areas of Brazil, Bolivia and Paraguay (Mittermeier et al. 2003).

The climate of the region is semi-humid tropical and average annual temperature is 25.5° C (Calheiros and Fonseca 1996). Summers are hot and rainy with seasonal average rainfall of 1,100 mm and maximum air temperatures that can exceed 40° C. Winters are warm and dry with average rainfall under 300 mm and average temperatures of 20° C, although occasional cold fronts from the South that may cause air temperatures to drop as low as 0° C (Soriano et al. 1997).

Due to geological, geomorphologic and climatic characteristics, the Pantanal can be divided into 10 subregions (Hamilton et al. 1996). We conducted our study at the Nhumirim Ranch (18°59'S and 56°39'W), in the Nhecolandia subregion, which is characterized by a mosaic of savannas, scrub savannas, forests and permanent and temporary ponds (Alho et al. 1987).

METHODS

During September 2007 and February–May 2010, we captured individuals of 2 species of armadillos, the yellow armadillo (*Euphractus sexcinctus*) and the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*) (license no. 006/2007B, granted by the Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources – IBAMA and license no. 22906-1, granted by the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation – ICMBio). We chased the armadillos by foot or all-terrain vehicle and caught them manually, placed them in a safe and ventilated box, and transported them to the ranch's laboratory. There, we anesthetized the armadillos with an intramuscular dosage of 4 mg/kg of Zoletil[®] (1:1 tiletamine hydrochloride and zolazepam hydrochloride; Virbac S. A., Cedex, France) and afterwards we weighed, measured and marked each armadillo with a numbered ear tag.

We attached a StowAway Tidbit temperature data logger (Onset Computer Corporation, Bourne, MA; accuracy = $\pm 0.4^{\circ}$ C at 20° C) combined with a very-high frequency (VHF) transmitter (model R2030, Advanced Telemetry Systems, Isanti, MN) equipped with mortality signal sensor adjusted to 24 hours, and affixed it on the armadillos. Thereafter, we call the temperature registered by this temperature $T_{\text{armadillo}}$. Each unit weighed about 35 g. To affix the package on one yellow armadillo, we used rubber strips covered with adhesive tape (Fig. 1a), and on the other, we used cable ties through holes drilled on the edge of the carapace at the right posterior edge of the body (Fig. 1b). To perform the latter, we injected the animal with a local dosage of xylocaine (Eurofarma Lab., São Paulo, Brazil). On both nine-banded armadillos, we used just layers of adhesive tape to fix the package around the tail. Once the anesthesia effects were over and all procedures completed, we released, on the same day, the armadillos at the same location where they were captured.

In 2010, besides affixing temperature loggers on armadillos, we positioned a temperature logger about 1 meter inside an armadillo burrow. This logger was intended to record the temperature inside burrows (T_{burrow}), but the sampled burrow was not necessarily the one specifically in use by the armadillo at that time. Our intention was not to record the temperature of any specific burrow, as the armadillo could use more than one at one period, but to verify how much burrows in general can buffer the air temperature.

We placed another temperature logger in the automatic meteorological station of the ranch, in order to measure air temperature (T_{air}) and programmed all temperature loggers to register instant temperatures every five minutes. In 2007 we did not use these extra temperature loggers and only obtained air temperature hourly from the automatic meteorological station.

Also in 2010, we visually checked if the animals were outside (i.e. active) or inside the burrow once or twice a day by locating the animal through radiotelemetry to assure the accuracy of our method. To recover temperature data from the armadillos, we tracked down the VHF transmitters and the temperature logger package using a hand-held directional antenna (RA-2AK, Telonics, Mesa, AZ) and a portable receiver (Telonics TR-4). If the package was still attached to the armadillo's body after 18 days, we recaptured them to recover it. However, due to friction with the substrate that is inherent to an armadillo's fossorial habits, the equipment naturally fell off on 3 of 4 occasions and we just recovered it from the ground or inside a burrow.

Temperature data from all loggers were downloaded to a computer using the software Boxcar[®] Pro 4.0 (Onset[®]). We analyzed the data graphically using Systat 11.0 for Windows (Systat Inc., San Jose, CA). Because the T_{air} measured every five minutes

sometimes changed fast due to the data logger sensitivity, we smoothed the data using a moving average of three means.

RESULTS

In the pilot survey in 2007 we attached the transmitter to the tail of a yellow armadillo with rubber strips covered with adhesive tape. This animal lost part of its tail, possibly because we affixed it too tight, preventing normal blood circulation. However, the wound closed up and the armadillo was recaptured, as well as photographed by camera traps several different times, months later. After this experience we avoid to use rubber strips for attaching the transmitters. In 2007 we also attached the transmitter and temperature logger package to a nine banded-armadillo and in 2010 we performed the same procedure to 2 armadillos (a yellow armadillo and a nine-banded armadillo). The transmitters remained on the animals between 8 and 18 days.

The amplitude of $T_{\text{armadillo}}$ was always smaller than that of T_{air} (Fig. 2). However, there were periods during which both followed the same pattern of increase or decrease. These alternated with other periods when $T_{\text{armadillo}}$ appeared to be independent of T_{air} (Fig. 2).

The results obtained in 2010 showed that T_{burrow} were far more stable (22.5°C – 27°C) than T_{air} (10.9°C – 32.4°C) and the difference between them ranged from -6.8°C to $+12^{\circ}\text{C}$ (Fig. 2b, Fig. 2d).

$T_{\text{armadillo}}$ values recorded in 2010 tended to be higher and somewhat parallel to T_{burrow} or, at other times, followed T_{air} . These alternations in patterns allowed us to infer when the armadillos were inside burrows (i.e. inactive) versus when they were exposed to the outside air temperature (i.e. active). The sightings above ground during the study corresponded to the times where $T_{\text{armadillo}}$ were similar to T_{air} (at least 9 observations per

animal). In 3 out of 4 cases we recovered the equipment after it had fallen off and in the case the transmitter was not emitting the mortality signal, we excluded the last 24 hours of activity data. If the mortality signal was being emitted, we excluded activity data from the last 24 hours plus all data unto the last time we were assure that the armadillo still had the transmitter (last shift from burrow-outside or vice-versa).

Both yellow armadillos were active approximately 3 hours every day, leaving the burrow around 18:00 hours and returning at about 21:00 hours (Fig. 2a, Fig. 2b). The nine-banded armadillos were nocturnal, but one tended to be active earlier in the night. On one occasion one of them was also active during the afternoon (Fig. 2c, Fig. 2d).

Each temperature logger cost US\$159.00 (www.onsetcomp.com) and each VHF transmitter cost US\$173.00. As the expected battery life was far longer than our short monitoring time (i.e. ≤ 18 days), we managed to reutilize transmitters and temperature loggers in different armadillos. Thus, considering the expected battery life of the transmitter (~950 days), we estimated the daily cost of our method as US\$0.68 per animal (excluding researchers' salaries), if 3 temperature loggers are used (1 for the armadillo, 1 for the burrow and 1 for air temperature). If only the temperature logger attached to the armadillo is used (for cases where a meteorological station is available) the daily cost lowers to US\$0.35 per animal. The cost of permanent equipment was not included in these calculations (receptor = US\$737, antenna = US\$141), as it was already available to us.

DISCUSSION

The temperatures loggers attached to the armadillos successfully registered the temperature of the environment that each animal was located in at each moment in time.

However, the temperature registered was likely affected by the armadillo's own body temperature, which may explain the higher $T_{\text{armadillo}}$ recorded when armadillos were inside a burrow, in comparison with that of the burrow itself (T_{burrow}).

While air temperatures had large amplitude, the well-insulated burrows seemed to work as temperature buffers, with temperatures inside them remaining fairly constant. Thus, the comparison of $T_{\text{armadillos}}$ with either T_{air} or T_{burrow} , allowed us to infer whether the armadillo was inside or outside the burrow (i.e. active).

All methods of affixing the transmitter on the armadillo resulted in sets of 8–18 days of recording the temperature data. In at least one case we injured an animal by using rubber bands strips around its tail. Therefore, we recommend extreme caution in using any method of affixing devices on the armadillo's tail that could prevent blood to flow normally.

The armadillos were active for approximately 3–6 hours per day, with the exception of one nine-banded armadillo that remained active for more than 10 hours on one occasion. Armadillos may sleep up to 20 hours/day in their burrows (McDonough and Loughry 1997) and their low metabolism, which is 40–60 % of what is expected from their mass (McNab 1980), may be responsible for such short activity periods.

Usually, determining the activity period of mammals is challenging and all current methodologies have problems. For example, both radiotelemetry and direct observation demand intensive, time-consuming effort. Although some transmitters are equipped with motion sensitive devices that provide reliable information about activity (Coulombe et al. 2006), such equipment often requires considerable human effort or an expensive data logging receiver. Also, Jacob and Rudran (2003) suggested that researchers may cause disturbance when tracking an animal with a transmitter,

consequently biasing results. Our method allows intense monitoring of activity, but without any disturbance caused by ‘homing’ techniques.

The use of GPS devices has improved the accuracy of monitoring the spatial and temporal activity of free-ranging wildlife (Merril and Mech 2003) but such units are quite expensive and researchers usually have to opt for fewer units and thus affecting sample size (Hebblewhite and Haydon 2010). In addition, there is still the problem of losing the satellite signal below dense canopy (Tobler 2009) or inside places such as burrows. Furthermore, raw GPS data may present error and bias and several steps may be required to minimize these problems (D’Eon et al. 2002).

Although camera traps are considered an efficient, non-invasive tool in wildlife research (Silveira et al. 2003, Sanderson and Trolle 2005), activity periods derived from camera traps may be problematic for several reasons. First, data can be biased by the presence of the equipment and the ‘trap shyness’ of some species (Wegge et al. 2004, Larrucea et al. 2007, Schipper 2007). Another bias may arise if baits are used to attract animals (Hicks et al. 1998). Second, camera traps may not accurately determine activity periods of species, such as the yellow armadillo, that use not only forests but also open areas (Eisenberg and Redford 1999, Emmons and Feer 1997), due to differences in capturability between habitats. Third, camera traps, as well as direct observations, cannot measure individual periods of activity for unmarked animals and therefore can only be used to measure the amplitude of the activity for a population (Bridges et al. 2004). Thus, for questions requiring knowledge of individual identity, such as those concerning physiological aspects, daily activity range, or for intraspecific comparisons (e.g. among age classes or between sexes), camera traps will not suffice.

The use of light sensitive transmitters to monitor activity patterns of burrowing mammals introduced by Long et al. (2005, 2007) uses the intensity of light inside and

outside burrows to determine the activity period of burrowing mammals such as the arctic ground squirrel (*Spermophilus parryii*). Although their technique presented a high rate of success, it was susceptible to the same problems as regular telemetry, such as signal loss associated with weather conditions, external interference or disadvantageous topography (Long et al. 2007). Also, for nocturnal animals such as some armadillos, the light intensity response threshold of the transmitters used in their study (0.03 lux) may not be adequate to distinguish the light intensity of burrows from dark nights.

In their study, in addition to using a light-sensitive transmitter, Long et al. (2007) implanted a temperature logger to measure internal body temperature because their goal was to simultaneously obtain activity and physiological data from the animals. Our primary goal was just to obtain data on the activity of armadillos, so we attached the temperature logger externally and compared this temperature with temperatures in the air or inside a burrow. However, one could use our approach and add an implanted temperature logger to obtain the same sort of physiological data obtained by Long et al. (2005, 2007) but at much lower cost, because our method does not demand expensive light-sensitive radiotransmitters nor the substantially more expensive data-logging receiver.

The primary advantage of our method is that we achieved full-time monitoring of the activity of burrowing mammals that was relatively inexpensive and not time consuming. The daily cost to monitor an individual was under US\$0.70, thus representing an available, low-cost alternative to complement studies of activity in burrowing mammals. However, there are some other considerations. The temperature logger registered the temperature onboard regularly, without risk of failure on data transmission, but accessing the data was dependent on the recapture of the individual to retrieve the VHF transmitter and temperature logger packet.

Management Implications

Our method appears to be a useful, low-cost means of obtaining full-time monitoring of the activity periods of burrowing animals. It may be particularly worthwhile in studies that examine changes in the activity period of translocated burrowing species and also their responses in environments where predators have been translocated. Also, we believe it may be useful for studies of burrowing species where basic biological information is lacking, as well as in studies that address circadian and seasonal changes in activity. Finally, this method can be added as a complement to radiotelemetry or GPS monitoring studies in order to supply a more complete set of data.

LITERATURE CITED

- Alho, C. J. R., T. E. Lacher, Jr., J. M. C. Campos, and H. C. Gonçalves. 1987. Mamíferos da Fazenda Nhumirim, sub-região da Nhecolândia, Pantanal do Mato Grosso do Sul: 1 levantamento preliminar de espécies. *Revista Brasileira de Zoologia* 4:151–164. [In Portuguese]
- Azlan, J. M., and S. K. Sharma. 2006. The diversity and activity patterns of wild felids in a secondary forest in Peninsular Malaysia. *Oryx* 40:36–41.
- Bonato, V., E. G. Martins, G. Machado, C. Q. Silva, and S. F. Reis. 2008. Ecology of the armadillos *Cabassous unicinctus* and *Euphractus sexcinctus* (Cingulata: Dasypodidae) in a Brazilian Cerrado. *Journal of Mammalogy* 89:168–174.
- Bridges, A. S., M. R. Vaughan, and S. Klenzendorf. 2004. Seasonal variation in American black bear *Ursus americanus* activity patterns: quantification via remote

- Photography. *Wildlife Biology* 10: 277–284.
- Calheiros, D. F., and W. C. Fonseca, Jr. 1996. Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal. Embrapa CPAP Documento 18, Corumbá, Brazil. [In Portuguese.]
- Coulombe, M., A. Massé, and S. D. Côte. 2006. Quantification and accuracy of activity data measured with VHF and GPS telemetry. *Wildlife Society Bulletin* 34:81–92.
- D'Eon, R. G., R. Serrouya, G. Smith, and C. O. Kochanny. 2002. GPS radiotelemetry error and bias in mountainous terrain. *Wildlife Society Bulletin* 30:430–439.
- Di Bitetti, M. S., A. Paviolo, and C. De Angelo. 2006. Density, habitat use and activity patterns of ocelots (*Leopardus pardalis*) in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina. *Journal of Zoology* 270:153–163.
- Emmons, L. H., and Feer, F. 1997. Neotropical rainforest mammals: a field guide. Second edition. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Eisenberg, J. F., and K. H. Redford. 1999. Mammals of the Neotropics, the central neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. Volume 3. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Green, R. A., and G. D. Bear. 1990. Seasonal cycles and daily activity patterns of Rocky Mountain Elk. *Journal of Wildlife Management* 54:272–279.
- Hamilton, S. K., S. J. Sippel, and J. M. Melack. 1996. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. *Archives fur Hydrobiology* 137: 1–23.
- Hebblewhite, M., and D. T. Haydon. 2010. Distinguishing technology from biology: a critical review of the use of GPS telemetry data in ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365: 2303–2312.

- Hicks, N. G., M. A. Menzel, and J. Laerm. 1998. Bias in the determination of temporal activity patterns of syntopic *Peromyscus* in the southern Appalachians. *Journal of Mammalogy* 79:1016–1020.
- Jacob, A. A., and R. Rudran. 2003. Radiotelemetria em estudos populacionais. Pages 285–342 in Cullen Jr, L., R. Rudran, and C. Valladares-Pádua, editors. *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida Silvestre*. Ed. da UFPR, Curitiba, Brazil. [In Portuguese.]
- Larrucea, E. S., P. F. Brussard, M. M. Jaeger, and R. H. Barrett. 2007. Cameras, coyotes, and the assumption of equal detectability. *Journal of Wildlife Management* 71:1682–1689.
- Long, R. A., T. J. Martin, and B. M. Barnes. 2005. Body temperature and activity patterns in free-living Arctic ground squirrels. *Journal of Mammalogy* 86:314–322.
- Long, R. A., T. J. Martin, and B. M. Barnes. 2007. Simultaneous collection of body temperature and activity data in burrowing mammals: a new technique. *The Journal of Wildlife Management* 71:1375–1379.
- Lucherini, M., J. I. Repuccini, R. S. Walker, M. L. Villalba, A. Wursten, G. Gallardo, A. Iriarte, R. Villalobos, and P. Perovic. 2009. Activity pattern segregation of carnivores in the high Andes. *Journal of Mammalogy* 90: 1404–1409.
- McDonough, C. M., and W. J. Loughry. 1997. Influences on activity patterns in a population of nine-banded armadillos. *Journal of Mammalogy* 78:932–941.
- McNab, B. K. 1980. Energetics and the limits to a temperate distribution in armadillos. *Journal of Mammalogy* 61:606–627.
- Merrill, S. B., and L. D. Mech. 2003. The usefulness of GPS telemetry to study wolf circadian and social activity. *Wildlife Society Bulletin* 31:947–960.

- Mittermeier, R. A., C. G. Mittermeier, T. M. Brooks, J. D. Pilgrim, W. R. Constant, G. A. B. da Fonseca, and C. Kormos. 2003. Wilderness and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100:10309–10313.
- Mourão, M. M., and Í. M. Medri. 2007. Activity of a specialized insectivorous mammal (*Myrmecophaga tridactyla*) in the Pantanal of Brazil. *Journal of Zoology* 271:187–192.
- Sanderson, J., and M. Trolle. 2005. Monitoring elusive species. *American Scientist* 93: 148–155.
- Schoener, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185:27–39.
- Schipper, J. 2007. Camera-trap avoidance by kinkajous *Potos flavus*: rethinking the “non-invasive” paradigm. *Small Carnivore Conservation* 36:38–41.
- Silveira, L., A. T. A. Jácomo, and J. A. F. Diniz-Filho. 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation* 114:351–355.
- Soriano, B. M. A., H. Oliveira, J. B. Catto, J. A. Comastri Filho, S. Galdino, and S. M. Salis. 1997. Plano de utilização da fazenda Nhumirim. Embrapa-CPAP, Corumbá, Brazil.
- Theuerkauf, J., W. Jedrzejewski, K. Schmidt, H. Okarma, I. Ruczynski, S. Sniezco, and R. Gula. 2003. Daily patterns and duration of wolf activity in the Bialowieza Forest, Poland. *Journal of Mammalogy* 84:243–253.
- Tobler, M. W. 2009. New GPS technology improves fix success for large mammal collars in dense tropical forests. *Journal of Tropical Ecology* 25:217–221.
- Tobler, M. W., S. E. Carrillo-Percastegui, and G. Powell. 2009. Habitat use, activity patterns and use of mineral licks by five species of ungulate in south-eastern Peru. *Journal of Tropical Ecology* 25:261–270.

Weckel, M., M. Giuliano, and S. Silver. 2006. Jaguar (*Panthera onca*), feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *Journal of Zoology* 270:25–30.

Wegge, P., C. P. Pokheral, and S. R. Jnawali. 2004. Effects of trapping effort and trap shyness on estimates of tiger abundance from camera trap studies. *Animal Conservation* 7:251–256.

Associate editor

FIGURES

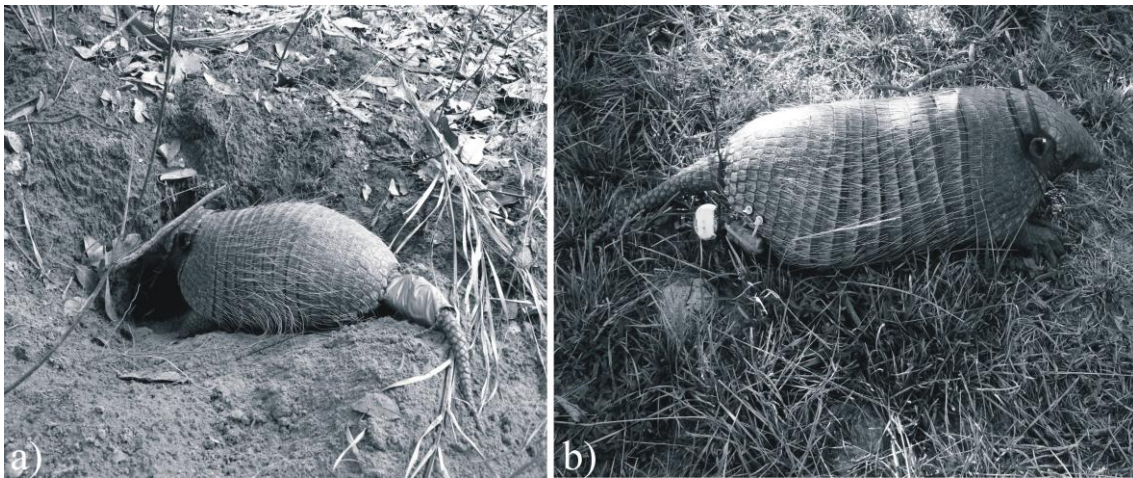
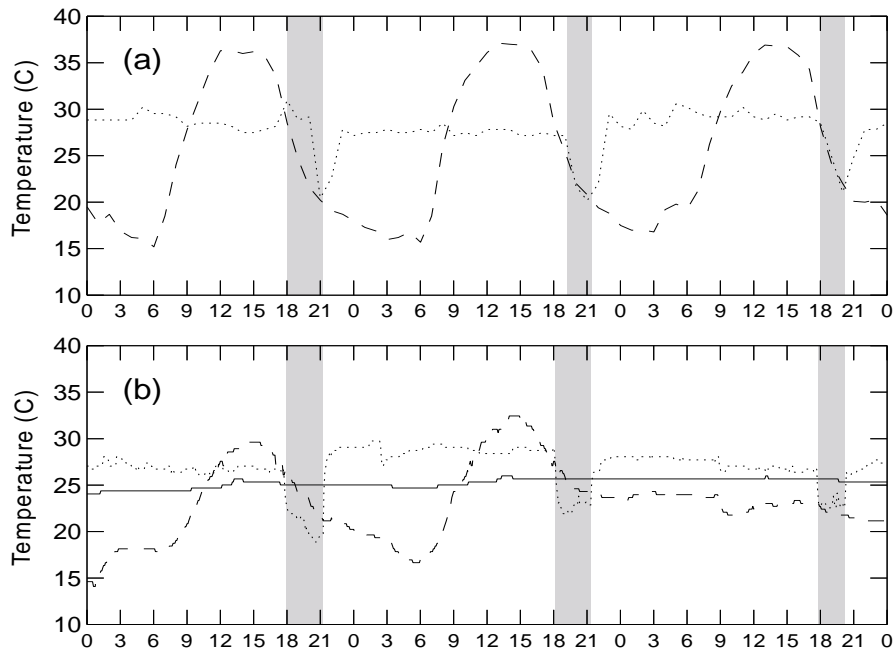


Figure 1. Methods for externally attaching radiotransmitters on armadillos: a) layers of adhesive tape wrapped around the tail, b) cable ties through holes drilled on the edge of the carapace.

Yellow armadillo



Nine-banded armadillo

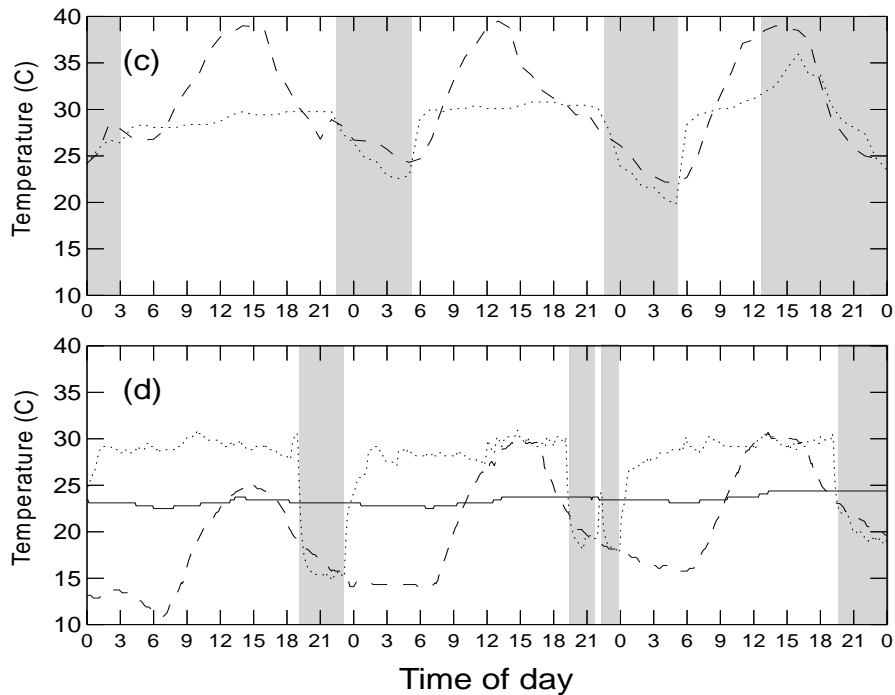


Figure 2. Individual temperature records obtained from data-loggers attached to regular VHF transmitters and fixed externally on the body of: a) and b) two yellow armadillos (*Euphractus sexcinctus*); c) and d) two nine-banded armadillos (*Dasypus novemcinctus*), in the Brazilian Pantanal wetland, during September 2007 and from February 2010 to May 2010. Dotted line = temperatures of data-loggers fixed on armadillos ($T_{\text{armadillo}}$), dashed line = air temperatures recorded by automatic meteorological station (T_{air}), continuous line = temperatures of data-loggers inside burrows (T_{burrow}). The gray bands represent the times of activity of each animal.

Influência da temperatura no horário de início de atividade e no período de atividade de duas espécies de tatu em uma grande área inundável, o Pantanal, Brasil

Thiago Bernardes Maccarini¹ & Guilherme Mourão²

1 – Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

2 – Embrapa Pantanal

Resumo

Xenartros não regulam bem sua temperatura corpórea e, como consequência, possuem estratégias comportamentais para evitar temperaturas extremas. Mudanças nos padrões de atividade são comuns entre xenartros, e tatus podem fazer uso de suas tocas não apenas para proteção, mas também para termorregulação. A maioria dos estudos que focam aspectos ecológicos dos tatus foi feita em áreas de clima temperado e existem poucos estudos desse tipo em áreas de clima tropical. O objetivo deste estudo foi correlacionar o horário de início de atividade e o período de atividade de duas espécies de tatu com a temperatura média diária. Entre Setembro e Novembro de 2010, sete tatus peba e dois tatus galinha foram capturados e neles foram colocados conjuntos que consistiam de um transmissor VHF e um *data logger* de temperatura. Um outro tatu galinha foi capturado em 2007 e uma vez eu foi submetido ao mesmo protocolo também foi usado neste estudo. Nós fomos capazes de inferir a atividade dos tatus monitorando a temperatura do ambiente onde o tatu se encontrava simultaneamente monitorando a temperatura do ar e a temperatura da toca. A temperatura do ar afetou o horário de início de atividade de ambas as espécies de tatu. O tatu peba foi mais afetado e saiu de sua toca quase uma hora mais tarde para cada grau de temperatura média diária aumentada. O tatu peba foi ativo durante o dia e a noite e o tatu galinha foi principalmente noturno. A temperatura do ar teve uma tendência não significativa de afetar o tempo de atividade que os tatus peba permaneceram acima do solo. O período de atividade dos tatus galinha não parece ter sido afetado, provavelmente devido aos seus habitat de floresta que funcionam como amortecedores de temperatura. Xenartros poderiam ser usados como modelos de como a fisiologia afeta as decisões de mamíferos em geral

Palavras Chave

Atividade, termorregulação, tatu, *Euphractus sexcinctus*, *Dasypus novemcinctus*, Pantanal, toca.

INTRODUÇÃO

Tatus, preguiças e tamanduás possuem capacidade de termorregulação limitada, baixas temperatura corpórea e taxa de metabolismo basal (McNab, 1985) provavelmente associados com escavação (McNab, 1979), atividade arbórea (McNab, 1978) e hábito alimentar (McNab, 1980). Uma consequência dessa característica única entre os mamíferos é que a temperatura do ar afeta fortemente os padrões de atividade dos integrantes da superordem Xenarthra (Chiarello, 1998; Mourão & Medri, 2007; Layne & Glover, 1985), não apenas o horário de início de atividade, mas também a quantidade de atividade (período de atividade).

A escolha do horário de atividade é um meio eficiente para minimizar a influencia de fatores ambientais desfavoráveis (Layne & Glover, 1985), mas os tatus possuem uma estratégia exclusiva entre os xenartros: o uso de tocas no solo, não somente para escapar de predadores ou dormir (McDonough & Loughry, 2003), mas também para controlar sua temperatura corpórea (González, Soutullo & Altuna, 2001). Tocas funcionam como amortecedores de temperatura (González et al. 2001) e tatus podem sair dela quando a temperatura do ar está favorável e retornar para a mesma para maximizar seu consumo de energia.

O tatu peba (*Euphractus sexcinctus*) é uma espécie comum no Pantanal, amplamente distribuída pelo Brasil (exceto na Amazônia) e América do Sul, e é considerada uma espécie diurna e conspícua (Eisenberg & Redford, 1999). Apesar disso, sua ecologia é pouca conhecida e estudos sobre seu padrão de atividade são raros ou inexistentes. O tatu galinha (*Dasypus novemcinctus*) é uma espécie predominantemente noturna (Emmons & Feer, 1997; Eisenberg & Redford, 1999) com a maior distribuição geográfica entre os tatus (Wetzel, 1985). Apesar de ser a espécie mais extensivamente estudada, quase todos os dados são provenientes dos Estados

Unidos, o que pode não refletir alguns padrões que podem variar de local para local, como comportamento (McDonough & Loughry, 2008). O objetivo deste estudo foi determinar a influência da temperatura do ar no horário de início de atividade e no período de atividade de duas espécies de tatu no Pantanal, Brasil.

MÉTODOS

Área de Estudo

O Pantanal é uma área inundável de 160.000 km² localizado aproximadamente no centro geográfico da América do Sul (Junk & Nunes da Cunha, 2005) e pode ser dividido em 10 sub-regiões devido às características geológicas, geomorfológicas e climáticas (Hamilton, Sippel & Melack, 1996).

A Fazenda Nhumirim (18°59'S e 56°39'W) está localizada na sub-região da Nhecolândia, estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. O clima do Pantanal é semi-úmido tropical, sendo que Janeiro e Julho são normalmente, os meses mais quentes e frios respectivamente (Calheiros & Fonseca, 1996). No ano de 2002, os dados da estação meteorológica automática indicaram que a temperatura média anual foi de 26,2 °C e as temperaturas máximas entre Outubro e Dezembro foram sempre maiores que 30 °C, com vários dias ultrapassando os 40 °C. Além disso, a média das temperaturas mínimas do mês mais frio (Julho) foi de 15,6 °C (Soriano & Alves, 2005).

A paisagem da Nhecolândia é caracterizada por corpos d'água e vegetações como campos inundáveis, capões de floresta, cerradão e cerrado. Campos inundáveis representam 56,1% da área enquanto cerradão ocupa 17,91% e corpos d'água 6,73% (Abdon et al. 1998).

Coleta de Dados e Análises

Nós procuramos por tatus a pé ou em veículos motorizados, entre Fevereiro e Novembro de 2010. Uma vez avistados, nós nos aproximamos e os capturamos manualmente (licença no. 22906-1, fornecida pelo ICMBio), em um total de seis tatus peba e um tatu galinha. Outros dois tatus (um tatu peba e um tatu galinha) foram capturados em armadilhas de gaiola em estudos ocorrendo simultaneamente na área. Um terceiro tatu galinha foi capturado em um estudo anterior que ocorreu na mesma área em 2007 (licença no. 006/2007B, fornecido pelo IBAMA) e como seguiu o mesmo protocolo nós incluímos os dados nas análises.

Nós pesamos, medimos e marcamos cada tatu com um brinco numerado após termos os anestesiados com uma dose intramuscular de 4 mg/kg de Zoletil (1:1 tiletamina e zolazepam; Virbac S. A., Cedex, França)

Durante a anestesia nós também prendemos nos tatus um pacote (≈ 35 g) que consistiu de um *data logger* de temperatura (StowAway TidBit; Onset Computer Corporation, Bourne, MA; acurácia = $\pm 0,4^\circ$ C a 20° C), que registrava a temperatura instantânea em uma frequência pré determinada, e um radiotransmissor VHF (modelo R2030, Advanced Telemetry Systems, Isanti, MN). O conjunto era preso na cauda ou na carapaça dos tatus (ver Capítulo 1). Uma vez que os efeitos da anestesia terminavam e todos os procedimentos concluídos, os tatus eram soltos no local de captura.

Nós também posicionamos um *data logger* dentro uma toca de tatu (≈ 1 metro) e outro dentro da estação meteorológica da fazenda para obter a temperatura da toca (T_{toca}) e a temperatura do ar (T_{ar}) respectivamente. Todos os *data loggers*, inclusive o fixado no tatu, foram programados para registrar a temperatura a cada cinco minutos. Quando um *data logger* não estava disponível nós obtivemos os dados da estação

meteorológica automática da fazenda que registrava a temperatura do ar de hora em hora.

Nós rastreamos o conjunto transmissor VHF/*data logger* através de uma antena direcional (RA-2AK, Telonics, Mesa, AZ) e um receptor portátil (Telonics TR-4). Nós recuperamos todos os *data loggers* diretamente do chão ou de dentro de alguma toca depois do conjunto ter caído do tatu naturalmente. Em um caso, nós recapturamos um tatu galinha após 12 dias para recuperar o pacote e os dados de temperatura.

Dados de temperatura de todos os *data loggers* foram ‘baixados’ através do software Boxcar[®] Pro 4.0 (Onset[®]) e nós utilizamos o programa SYSTAT 11 (Wilkinson, 2004) para nossas análises gráficas e estatísticas. Já que a temperatura registrada a cada cinco minutos era afetada por outros fatores, como umidade e vento, nós utilizamos uma média móvel ($n=3$) para suavizar as curvas da temperatura do ar nos gráficos.

Quando comparamos as temperaturas registradas pelos *data loggers* fixados nos tatus com as T_{ar} e T_{toca} , nós fomos capazes de inferir quando os tatus estavam ativos acima do solo ou dentro da toca.

Nós usamos análises gráficas para examinar se o horário de início de atividade e o período de atividade dos nossos tatus eram afetados pela temperatura média diária. Entretanto, já que as temperaturas médias diárias de dias consecutivos dificilmente são independentes, nós tiramos a média das temperaturas médias diárias de cada tatu. Então, nós usamos a regressão linear para testar se as médias das temperaturas médias diárias ($TM_{diária}$) afetaram a média do horário de início de atividade em que os tatus peba saíram de suas tocas (média do horário de início de atividade = $IA_{médio}$) e a média do tempo em que eles permaneciam fora das tocas (período de atividade médio = $PA_{médio}$).

Como obtivemos dados de apenas três tatus galinha nós não testamos a regressão linear para esses dados, mas os incluímos nos gráficos.

RESULTADOS

O conjunto permaneceu nos tatus entre cinco e 12 dias. Nove de 10 pacotes caíram naturalmente dos tatus devido aos seus hábitos semi-fossoriais e nós recapturamos um tatu galinha após 12 dias para recuperar o equipamento e os dados.

O horário de início de atividade diário aumentou com a temperatura média do ar, e os tatus peba em geral começaram sua atividade mais cedo do que os tatus galinha (Fig. 1a). Na maior parte do tempo ($\approx 76\%$) os tatus peba foram ativos entre 1000-2159h enquanto os tatus galinha foram ativos entre 1900h-0159h ($\approx 84\%$). A $TM_{diária}$ para cada tatu peba monitorado afetou positivamente e linearmente seu $IA_{médio}$ ($IA_{médio} = -9,16 + 0,99 \cdot TM_{diária}$; $F_{1,5} = 12,284$, $P = 0,017$, $r^2 = 0,71$; Fig.1b).

A $TM_{diária}$ não teve efeito evidente no período de atividade dos tatus, apesar de o $PA_{médio}$ de cada tatu peba monitorado teve uma tendência linear não-significante de decrescer com o aumento de $TM_{diária}$ ($PA_{médio} = 11,698 - 0,323 \cdot TM_{diária}$; $F_{1,5} = 4,664$, $P = 0,083$; Fig. 2b). Os tatus peba permaneceram acima do solo entre 0,4 e 12,5 horas por dia (mediana = 3,8 horas, $n=34$) e os tatus galinha foram ativos por períodos entre 1,3 e 8 horas por dia (mediana = 4 horas, $n = 27$).

DISCUSSÃO

Início de Atividade

A temperatura do ar o início de atividade do tatu peba e do tatu galinha, já que as duas espécies saíram de suas tocas mais tarde com o aumento da temperatura média diária. É bem estabelecido que algumas espécies de tatu podem adaptar seus períodos de

atividade em resposta a mudança na temperatura (McDonough & Loughry, 2003; Breece & Dusi, 1985; McNab, 1980). Por exemplo, o tatu galinha e o tatu-pequeno-peludo (*Chaetophractus vellerosus*) tendem a ser mais diurnos nos invernos frios e mais noturnos nos verões, quando as temperaturas são mais altas (Layne & Glover, 1985; Greegor Jr., 1985). Porém, a maioria desses estudos foi feitos apenas em regiões de clima temperado e/ou focam apenas no tatu galinha (McDonough & Loughry, 2008).

O tatu peba já foi classificado diversas vezes como diurno (Emmons & Feer, 1997; Eisenberg & Redford, 1999; Trolle, 2003; Cuéllar, 2008) e em áreas tropicais o tatu galinha já foi classificado como noturno (Eisenberg & Redford, 1999; Trolle, 2003). Entretanto, nossos dados sugerem que o tatu peba foi tanto diurno quanto noturno como anteriormente relatado por Bonato et al. (2008) e, apesar de o tatu galinha tendeu a ser mais noturno, houveram ocasiões de atividade diurna que confirma o relato anterior de Layne & Glover (1985). De forma geral, na mesma temperatura do ar, o tatu galinha tendeu a sair mais tarde da toca do que o tatu peba.

A atividade do noturno tatu galinha teve pico mais tarde do que McDonough & Loughry (1997) encontraram na Flórida (por volta do pôr-do-sol), mas similar a um estudo na Bolívia onde a população pareceu ter pico de atividade entre 2000h-0300h (Cuéllar, 2008). Apesar da influência da temperatura do ar, outro fator que poderia explicar a diferença de padrão de atividade do tatu galinha entre as duas áreas a pressão de caça sofrida pelos tatus por humanos (Aguiar & Fonseca, 2008; Noss, Cuéllar & Cuéllar, 2008) e/ou predadores naturais (Moreno, Kays & Samudio Jr., 2006; Monroy-Vilchis et al., 2009; Foster et al., 2010). Não houve quase nenhuma pressão de caça na área de estudo na Flórida (Loughry & McDonough, 1998), provavelmente porque caçadores não estão acostumados a caçar esta espécie, já que esta colonizou a área apenas recentemente (i.e. no começo dos anos 70; Stevenson & Crawford, 1974).

Apesar de haverem predadores naturais grandes o suficiente para predação de tatus na área de estudo na Flórida, tatus têm mais predadores naturais no Brasil (Loughry & McDonough, 1998). Na Fazenda Nhumirim, existem vários predadores naturais de tatus (Alho et al., 1987) e talvez diferenças na diversidade e densidade de predadores no estudo na Flórida sejam responsáveis por diferenças nos padrões de atividade.

Apesar de vários estudos focarem nas estratégias de termorregulação de tamanduás (Montgomery & Lubin, 1977; Shaw, Machado-Neto & Carter, 1987; Medri & Mourão, 2005; Mourão & Medri, 2007), preguiças (Pinder, 1985; Chiarello, 1998; Urbani & Bosque, 2007) e tatus (Roig, 1969; McNab, 1980; Superina & Boily, 2007), nós não encontramos nenhum estudo que aborde o horário de início de atividade de outros xenartros com exceção de Camilo-Alves & Mourão (2006). Seus resultados indicaram que a temperatura do ar afetou linearmente e positivamente o horário de início de atividade dos tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*). O início de atividade dos tatus peba também foi afetado pela temperatura do ar de forma ainda mais evidente, como pode ser visto pelo valor da regressão (i.e 0,99, este estudo, e 0,37, Camilo-Alves & Mourão, 2006).

Período de Atividade

Apesar de a variabilidade do período de atividade de ambas as espécies de tatu ter sido ampla, o $PA_{\text{médio}}$ do tatu peba e do tatu galinha foram similares e pequenos. Sabe-se que tatus ficam ativos acima do solo por poucas horas por dia (McDonough & Loughry, 1997) e passam o resto do tempo dentro da toca, inativos ou em atividades como descansando, escapando de predadores ou clima hostil, ou termorregulando (González et al., 2001; McDonough & Loughry, 2003; McDonough & Loughry, 2008). Tal período de atividade tão pequeno é frequentemente associado à baixa taxa metabólica basal dos xenartros, entre 40-60% do que seria esperado para um mamífero

placentário de mesma massa (McNab, 1985), ou à regulação de temperatura corpórea (González et al., 2001), uma vez que tocas funcionam como amortecedores de temperatura.

McDonough & Loughry (1997) hipotetizaram que os níveis de atividade do tatu galinha podem aumentar em noites em que a temperatura do solo está alta e a umidade baixa. Nessas condições, insetos e outros invertebrados, alguns dos principais itens da dieta dos tatus (Breece & Dusi, 1985; McDonough & Loughry, 2008), estariam menos disponíveis e, portanto, tatus teriam que permanecer mais tempo ativos para conseguirem comida suficiente. O período de atividade de nossos tatus galinha monitorados não foram afetados pela temperatura do ar. Todavia, o período de atividade do tatu peba tendeu a estar negativamente relacionado com a temperatura média diária, em desacordo com a hipótese de McDonough & Loughry (1997), se ela for aplicável para o tatu peba. Tal resultado pode estar relacionado ao fato do tatu peba permanecer mais tempo em áreas abertas e desprovidas de cobertura, como campo e bordas de floresta, do que o tatu galinha (Eisenberg & Redford, 1999; Trolle, 2003) que é frequentemente associado a florestas (Emmos & Feer, 1997). Habitats florestados funcionam como amortecedores de temperatura (Camilo-Alves & Mourão, 2006; Mourão & Medri, 2007), portanto, o tatu galinha pode permanecer mais tempo acima do solo relativamente independente da temperatura do ar fora do habitat florestado. Por outro lado, o tatu peba tem que evitar temperaturas do ar extremas que ocorrem frequentemente em áreas abertas, retornando para suas tocas e ‘regulando’ sua temperatura.

Estudos que abordam a atividade de xenartros são importantes, uma vez que essa pode ser conspicuamente afetada pelos seus limites fisiológicos restritos que interagem com as condições ambientais de grande escala, como o clima ou a paisagem. Além

disso, aspectos fisiológicos podem ser mais decisivos em afetar o comportamento e atividade de xenartros do que outros fatores ecológicos como a disponibilidade de alimento. Os xenartros poderiam ser usados como modelos para obter valiosa informação em como a fisiologia afeta as decisões de mamíferos em geral.

REFERÊNCIAS

- Abdon, M.M., Silva, J.S.V., Pott, V.J., Pott, A. & Silva, M.P. (1998). Utilização de dados analógicos do Landat-TM na discriminação da vegetação de parte da sub-região da Nhecolândia no Pantanal. *Pesqui. Agropecu. Bras.* **33**, 1799–1813.
- Aguiar, J.M. & Fonseca, G.A.B. (2008). Conservation status of the *Xenarthra*. In *The biology of the Xenarthra*: 215–231. Vizcaíno, S.F. & Loughry, W.J. (Ed.). Gainesville: University Press of Florida.
- Alho, C.J.R., Lacher Jr., T.E., Campos, Z.M.S. & Gonçalves, H.C. (1987). Mamíferos da Fazenda Nhumirim, Pantanal do Mato Grosso do Sul. 1–Levantamento preliminar de espécies. *Rev. Bras. Zool.* **4**, 151–164.
- Bonato, V., Martins, E.G., Machado, G., da Silva, C.Q. & Reis, S.F. (2008). Ecology of the armadillos *Cabassous unicinctus* and *Euphractus sexcinctus* (Cingulata: Dasypodidae) in a brazilian Cerrado. *J. Mammal.* **89**, 168–174.
- Breece, G.A. & Dusi, J.L. (1985). Food habits and home ranges of the common long-nosed armadillo *Dasypus novemcinctus* in Alabama. In *The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas*: 419–427. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Calheiros, D.F. & Fonseca Jr., W.C. (1996). Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal. *Embrapa CPAP Documentos* **18**, 41.

- Camilo-Alves, C.S.P. & Mourão, G.M. (2006). Responses of a specialized insectivorous mammal (*Myrmecophaga trydactyla*) to variation in ambient temperature. *Biotropica* **38**, 52–56.
- Chiarello, A.G. (1998). Activity budgets and ranging patterns of the Atlantic forest maned sloth *Bradypus torquatus* (Xenarthra: Bradypodidae). *J. Zool. (Lond.)* **246**, 1–10.
- Cuéllar, E. (2008). Biology and ecology of armadillos in the Bolivian Chaco. In *The biology of the Xenarthra*: 306–312. Vizcaíno, S.F. & Loughry, W.J. (Ed.). Gainesville: University Press of Florida.
- Eisenberg, J.F. & Redford, K.H. (1999). *Mammals of the Neotropics: the central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil*, Vol. 3. Chicago and London: University of Chicago Press.
- Emmons, L. & Feer, F. (1997). Neotropical rainforest mammals: a field guide. 2nd edn. Chicago: University of Chicago Press.
- Foster, R.J., Harmsen, B.J., Valdes, B., Pomilla, C. & Doncaster, C.P. (2010). Food habits of sympatric jaguars and pumas across a gradient of human disturbance. *J. Zool. (Lond.)* **280**, 309–318.
- González, E.M., Soutullo, A. & Altuna, C.A. (2001). The burrow of *Dasypus hybridus* (Cingulata: Dasypodidae). *Acta Theriol.* **46**, 53–59.
- Greegor Jr., D.H. (1985). Ecology of the little hairy armadillo *Chaetophractus vellerosus*. In *The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas*: 397–405. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Hamilton, S.K., Sippel, S.J., & Melack J.M. (1996). Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. *Archives fur Hydrobiology* **137**, 1–23.

- Junk, W.J. & Nunes da Cunha, C. (2005). Pantanal: a large south american wetland at a crossroads. *Ecological Engineering* **24**, 391–401.
- Layne, J.N. & Glover, D. (1985). Activity patterns of the common long-nosed armadillo *Dasyus novemcinctus* in south-central Florida. In *The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas*: 407–417. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Loughry, W.J. & McDonough, C.M. (1998). Comparisons between nine-banded armadillo (*Dasyus novemcinctus*) populations in Brazil and the United States. *Rev. Biol. Trop.* **46**, 1173–1183.
- McDonough, C.M. & Loughry, W.J. (1997). Influences on activity patterns in a population of nine-banded armadillos. *J. Mammal.* **78**, 932–941.
- McDonough, C.M. & Loughry, W.J. (2003). Armadillos (Dasypodidae). In *Grzimek's animal life encyclopedia*, Vol. 13: 181–192. Hutchins, M. (Ed.). Farmington Hills: Gale Group.
- McDonough, C.M. & Loughry, W.J. (2008). Behavioral ecology of armadillos. In *The biology of the Xenarthra*: 281–293. Vizcaíno, S.F. & Loughry, W.J. (Ed.). Gainesville: University Press of Florida.
- McNab, B.K. (1978). Energetics of arboreal folivores: Physiological problems and ecological consequences of feeding on a ubiquitous food supply. In *The ecology of arboreal folivores*: 153–162. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington: Smithsonian Institution Press.
- McNab, B.K. (1979). The influence of body size on the energetic and distribution of fossorial and burrowing mammals. *Ecology* **60**, 1010–1021.
- McNab, B.K. (1980). Energetics and the limits to a temperate distribution in armadillos. *J. Mammal.* **61**, 606–627

- McNab, B.K. (1985). Energetics, population biology, and distribution of xenarthrans, living and extinct. In *The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas*: 219–232. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Medri, Í.M. & Mourão, G. (2005). A brief note on the sleeping habits of the giant anteater – *Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus (Xenarthra, Myrmecophagidae). *Rev. Bras. Zool.* **22**, 1213–1215.
- Monroy-Vilchis, O., Gómez, Y., Janczur, M. & Urios, V. (2009). Food niche of Puma concolor in central Mexico. *Wildl. Biol.* **15**, 97–105.
- Montgomery, G.G. & Lubin, Y.D. (1977). Prey influences on movements of neotropical anteaters. In *Proceedings of the 1975 predator symposium*: 103–131. Philips, R.L. & Jonkel, C. (Ed.). Missoula: University of Montana.
- Moreno, R.S., Kays, R.W. Samudio Jr., R. (2006). Competitive release in diets of ocelot (*Leopardus pardalis*) and puma (*Puma concolor*) after jaguar (*Panthera onca*) decline. *J. Mammal.* **87**, 808–816.
- Mourão, G. & Medri, I.M. (2007). Activity of a specialized insectivorous mammal (*Myrmecophaga tridactyla*) in the Pantanal of Brazil. *J. Zool. (Lond.)* **271**, 187–192.
- Noss, A.J., Cuéllar, R.L. & Cuéllar, E. (2008). Exploitations of xenarthrans by the guaraní-Isoseño indigenous people of the Bolivian Chaco. In *The biology of the Xenarthra*: 244–254. Vizcaíno, S.F. & Loughry, W.J. (Ed.). Gainesville: University Press of Florida.
- Pinder, L. (1985). Observações preliminares sobre a preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*) (Illiger, 1811) (Edentata, Bradypodidae). In XII congresso Brasileiro de zoologia: 290–291. Universidade de Campinas (Ed.). Campinas, Brazil: Universidade Estadual de Campinas.

- Roig, V.G. (1969). Termoregulation en *Euphractus sexcinctus* (Mammalia: Dasypodidae). *Physis* **29**, 27–32.
- Shaw, J.H., Machado-Neto, J. & Carter, T.S. (1987). Behavior of free-living giant anteaters (*Myrmecophaga trydactyla*). *Biotropica* **19**, 255–259.
- Soriano, B.M.A. & Alves, M.J.M. (2005). Boletim agrometeorológico ano 2002 para a sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Embrapa CPAP Documentos* **76**, 1–29.
- Stevenson, H.M. & Crawford, R.L. (1974). Spread of the armadillo into the Tallahassee-Thomasville area. *Fla. Field Nat.* **2**, 8–10.
- Superina, M & Boily, P. (2007). Hibernation and daily torpor in an armadillo, the pichi (*Zaedyus pichiy*). *Comp. Biochem. Physiol. A Comp. Physiol.* **148**, 893–898.
- Trolle, M. (2003). Mammal survey in the Southeastern Pantanal, Brazil. *Biodivers. Conserv.* **12**, 823–836.
- Urbani, B. & Bosque, C. (2007) Feeding ecology and postural behavior of the three-toed sloth (*Bradypus variegates flaccidus*) in northern Venezuela. *Mamm. Biol.* **72**, 321–329.
- Wetzel, R.M. (1985). Taxonomy and distribution of armadillos. In *The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas*: 23–46. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Wilkinson, L. (2004). *SYSTAT – systems for statistics. Version 11*. Chicago: Systat Inc.

FIGURAS

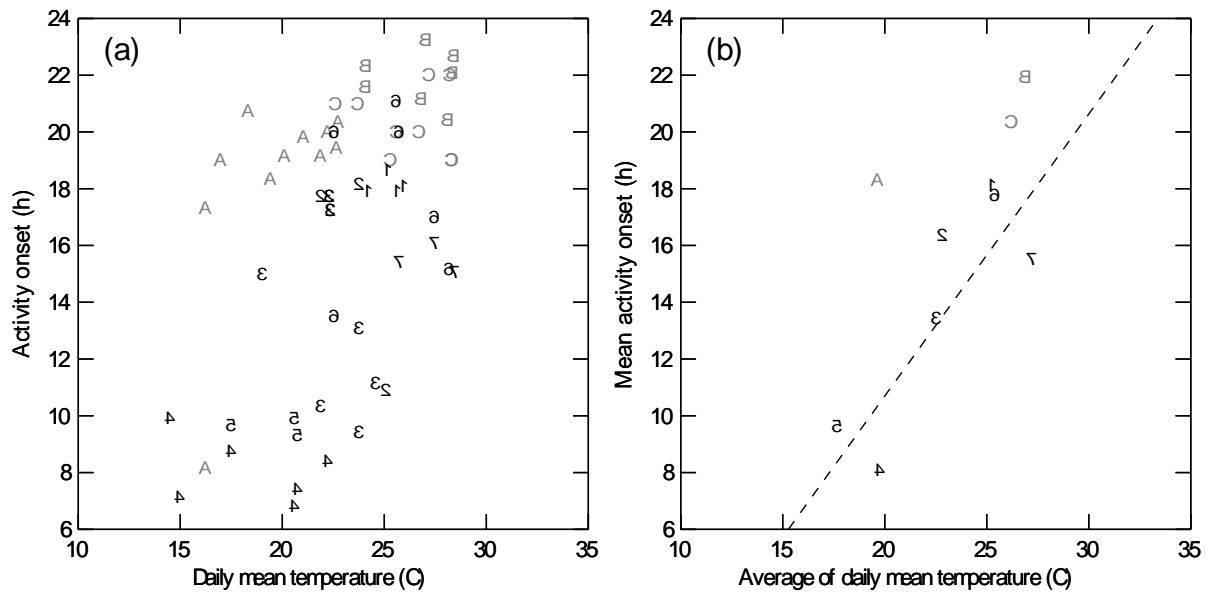


Figura 1. (a) Horário do dia em que os tatus peba (1–7) e tatus galinha (A–C) saíram de suas tocas (Início de Atividade) e a temperatura do ar média diária ($TM_{\text{médio}}$) correspondente; (b) Média do Início de Atividade ($IA_{\text{médio}}$) de cada tatu peba e tatu galinha no Pantanal, Brasil. Todos os dados foram coletados de Fevereiro a Novembro de 2010, com exceção dos dados de um tatu galinha (C) que foram coletados em 2007 na mesma área de estudo seguindo o mesmo protocolo. Linha tracejada da regressão linear apenas para o tatu peba pela equação: $IA_{\text{médio}} = -9,16 + 0,99 \cdot TM_{\text{diária}}$ ($F_{1,5} = 12,284$, $P = 0,017$, $r^2 = 0,71$). Activity onset = Horário de início de atividade; Daily mean temperature = Temperatura média diária; Mean activity onset = Horário de início de atividade médio; Average of daily mean temperature = Médias das temperaturas médias diárias.

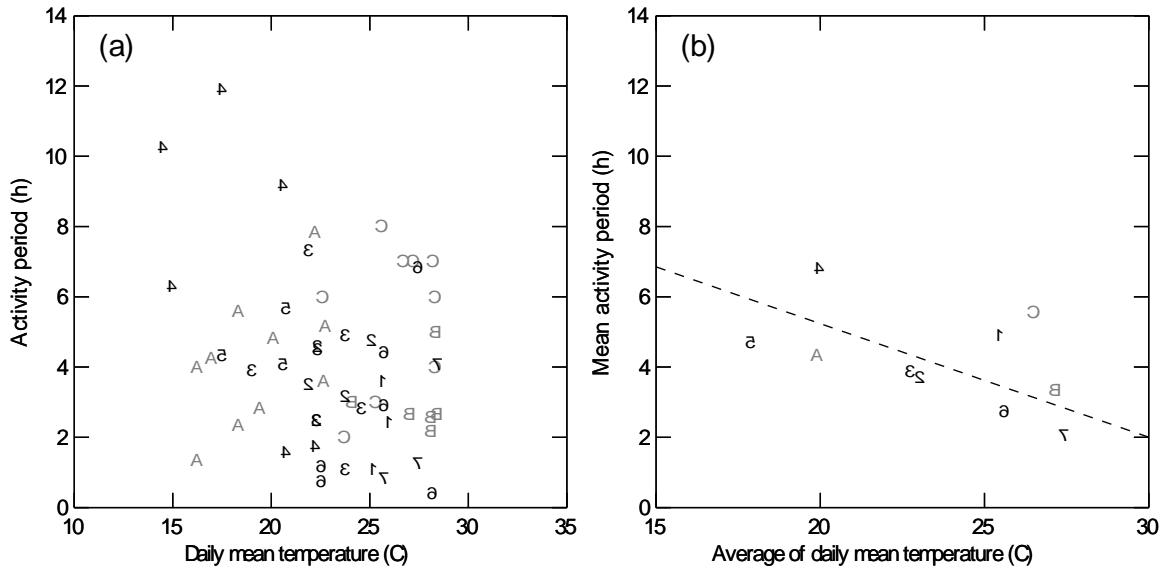


Figura 2. (a) Período de atividade do tatu peba (1–7) e do tatu galinha (A–C) e sua temperatura média diária correspondente; (b) Média do período de atividade ($PA_{\text{médio}}$) de cada tatu peba e tatu galinha e sua média das temperaturas médias diárias ($TM_{\text{médio}}$) correspondente no Pantanal, Brasil. Todos os dados foram coletados de Fevereiro a Novembro de 2010, com exceção dos dados de um tatu galinha (C) que foram coletados em 2007 na mesma área de estudo seguindo o mesmo protocolo. Linha tracejada indica uma tendência não-significante ajustada apenas para o tatu peba pela equação: $PA_{\text{médio}} = 11,698 - 0,323 \cdot TM_{\text{diária}}$; ($F_{1,5} = 4,664$, $P = 0,083$). Activity period = Período de atividade; Daily mean temperatura = Temperatura média diária; Mean activity period = Período de atividade médio; Average of daily mean temperature = Médias das temperaturas médias diárias.

Influence of temperature on the activity onset and temporal activity

range of two species of armadillos in a large wetland area, the

Pantanal, Brazil

Thiago Bernardes Maccarini¹ & Guilherme Mourão²

1 – Ecology and Conservation Graduate Program, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande-MS, Brazil

2 – Embrapa Pantanal, Brazilian Agricultural Research Corporation

Abstract

Xenarthrans are poor thermoregulators and, as a consequence, they have behavioral strategies to avoid extreme temperatures. Changes of activity patterns are common among xenarthrans, and armadillos make use of their burrows not only for protection but also for thermoregulation. Most studies focusing aspects of the ecology of armadillos were done in temperate areas and there are no studies of that sort in tropical areas. The purpose of this study was to correlate the timing of activity and activity range of two species of armadillos with daily average temperature. From February to November of 2010, seven yellow armadillos and two nine-banded armadillos were captured and fitted with packages consisted of very high frequency (VHF) and temperature loggers. A nine-banded armadillo captured in 2007 and submitted to the same protocol was also used in this study. By monitoring the temperature of the environment the armadillo was located; we were able to infer when it was active above ground or inside the burrow. Temperature affected the activity onset of both armadillos as daily average temperature increased. The yellow armadillo was more affected and it exited its burrow almost one hour later for every degree increased in air temperature. The yellow armadillo was active during both day and night and the nine-banded armadillo was mainly nocturnal. Air temperature showed a non-significant tendency to affect the activity period that yellow armadillos spent above ground. It did not seem to affect the nine-banded armadillo, probably due to the forest habitat which works as a temperature buffer. Xenarthrans could be used as models as how physiology affects the decision making of mammals in general.

Keywords

Activity, thermoregulation, armadillo, *Euphractus sexcinctus*, *Dasypus novemcinctus*, Pantanal, burrow

INTRODUCTION

Armadillos, sloths and anteaters have limited thermoregulatory capability, low body temperatures and low basal rates of metabolism (McNab, 1985) probably associated with burrowing (McNab, 1979), arboreal activity (McNab, 1978) and food habits (McNab, 1980). A consequence of this unique characteristic among mammals is that air temperature strongly affects the activity patterns of the superorder Xenarthra (Chiarello, 1998; Mourão & Medri, 2007; Layne & Glover, 1985), not only the timing of activity (activity onset), but also its amount (activity period).

The timing of activity is an effective way to minimize the influence of unfavorable environmental factors (Layne & Glover, 1985) but armadillos have an exclusive strategy among the xenarthrans: the use of burrows, not only to escape from predators or sleep (McDonough & Loughry, 2003), but also as a means for thermoregulation (González, Soutullo & Altuna, 2001). Burrows work as temperature buffers (González et al. 2001) that armadillos can exit once air temperature is favorable and return in order to maximize their energetic budget.

The yellow armadillo (*Euphractus sexcinctus*) is a very common species in the Pantanal, widely distributed through Brazil (except Amazonia) and South America, and it is considered a diurnal and conspicuous species (Eisenberg & Redford, 1999). Despite these characteristics, its ecology is poorly known and studies on its activity patterns are either rare or inexistent. The nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*) is a mainly nocturnal species (Emmons & Feer, 1997; Eisenberg & Redford, 1999) with the largest geographic range among the armadillos (Wetzel, 1985). Although it is the most extensively studied species, nearly all data are from the United States, which may not reflect some patterns that may change from place to place, such as behavior (McDonough & Loughry, 2008). The purpose of this study was to determine the

influence of air temperature on the activity onset time and the temporal activity range on two species of armadillos in the Pantanal, Brazil.

METHODS

Study Area

The Pantanal is a 160,000 km² wetland located approximately in the center of South America (Junk & Nunes da Cunha, 2005) and it is divided in 10 sub regions due to geological, geomorphologic and climate characteristics (Hamilton, Sippel & Melack, 1996).

The Nhumirim Ranch (18°59'S and 56°39'W) is located in the Nhecolandia subregion, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. The Pantanal has a semi-humid tropical climate, January and July usually being, respectively, the hottest and coldest months (Calheiros & Fonseca, 1996). In the year 2002, the data from an automatic meteorological station indicated that the annual average temperature was 26.2 °C and the maximum temperatures between October and December were always higher than 30 °C, with several days surpassing 40 °C. Also, the average of the minimum temperature of the coldest month (July) was 15.6 °C (Soriano & Alves, 2005).

The landscape of Nhecolandia sub region is characterized with bodies of water and different vegetation such as seasonally flooded grassland, forest patches, savanna and scrub savanna. Seasonally flooded grassland represents 56.1 % of the area as scrub savanna accounts for 17.91 % and bodies of water for 6.73 % (Abdon et al. 1998).

Data Collection and Analyses

We searched for armadillos by foot or on all-terrain vehicles, between February and November of 2010. Once we saw an armadillo, we approached and caught it manually (license no. 22906-1, granted by the Chico Mendes Institute for Biodiversity

Conservation – ICMBio), in a total of 6 yellow armadillos and one nine-banded armadillo. Two additional armadillos (a yellow armadillo and a nine-banded armadillo) were caught in live traps from studies focusing on other species that were carried out simultaneously in the area. One nine-banded armadillo was caught in a previous study that occurred in the same area in 2007 (license no. 006/2007B, granted by the Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources – IBAMA). Because it was handled and monitored by the same procedures, we included its data in the analyses.

We weighed, measured and marked each armadillo with a numbered ear tag after we anesthetized it with an intramuscular dosage of 4 mg/kg of Zoletil[®] (1:1 tiletamine hydrochloride and zolazepam hydrochloride; Virbac S. A., Cedex, France)

During anesthesia we also attached a package (≈ 35 g) consisting of a temperature data logger (StowAway TidBit; Onset Computer Corporation, Bourne, MA; accuracy = $\pm 0.4^\circ$ C at 20° C) and a very-high frequency (VHF) transmitter (model R2030, Advanced Telemetry Systems, Isanti, MN) to the tail or the carapace of the armadillos (for more details see Chapter 1). The temperature logger registered the instantaneous temperature of the environment the armadillo was at the time (i.e. burrow or above ground). Once the anesthesia effects were over and all procedures completed, we released, on the same day, the armadillos at the same location where they were captured.

We also placed a temperature logger inside an armadillo burrow (\approx one meter inside) and another one in the meteorological station of the ranch in order to obtain the temperature inside the burrow (T_{burrow}) and the air temperature (T_{air}) respectively. All temperature loggers, including the one attached to the armadillo were set to register the temperature every five minutes. When a temperature logger was not available we obtained air temperature hourly from the automatic meteorological station.

We tracked down the VHF transmitters/temperature logger packages using a hand-held directional antenna (RA-2AK, Telonics, Mesa, AZ) and a portable receiver (Telonics TR-4). We recovered all but one package from the ground or inside a burrow after it had fallen off the armadillo, and we recaptured one nine-banded armadillo after 12 days, in order to retrieve the package and temperature data.

Temperature data from all loggers were downloaded to a computer using the software Boxcar[®] Pro 4.0 (Onset[®]) and we used SYSTAT 11 (Wilkinson, 2004) for our graphical and statistical analyses. Because air temperatures measured each five minutes by the temperature loggers were affected by instantaneous factors, as wind and humidity, we used a moving average ($n=3$) to smooth the curves of the air temperatures presented graphically.

When we compared the temperatures registered by the temperature loggers of the armadillos with the temperatures of the burrow and with the air temperature, we were able to infer when the armadillos were active above ground or inside the burrow.

We used graphical analyses to examine whether the onset of activity and duration of the activity period of our armadillos were affected by the daily mean temperature. However, because the temperatures means of consecutive days were hardly independent, we averaged the daily mean temperatures for each armadillo. Then, we used a linear regression to test if these average of the daily mean air temperature (AT_{mean}) affected the mean of the time of day that yellow armadillos exited its burrows (mean activity onset = O_{mean}) and the mean amount of time they remained outside of it (mean activity period = AP_{mean}). As we had data on just three nine-banded armadillos, we did not attempt to perform the linear regression analyses, but we included these data on the graphs.

RESULTS

The packages remained on the armadillos between five and 12 days. Nine out of ten packages naturally fell off the armadillos due to its semi-fossorial habits and we recaptured a nine-banded armadillo after 12 days of monitoring to recover the equipment and data.

Yellow armadillos started their activity earlier than the nine-banded armadillos (Fig. 1a). Most of the time ($\approx 76\%$) yellow armadillos were active between 1000-2159h while the nine-banded armadillos were active between 1900h-0159h ($\approx 84\%$). For yellow armadillos, daily onset of activity increased with mean air temperature. The AT_{mean} for each monitored yellow armadillo affected positively and linearly its O_{mean} ($O_{\text{mean}} = -9.16 + 0.99 \cdot AT_{\text{mean}}$; $F_{1,5} = 12.284$, $P = 0.017$, $r^2 = 0.71$; Fig.1b).

The AT_{mean} had no obvious effects on the duration of the activity period of the yellow armadillos, even though the AP_{mean} of animal had a non-significant linear tendency to decrease with an increase of the AT_{mean} ($AP_{\text{mean}} = 11.698 - 0.323 \cdot AT_{\text{mean}}$; $F_{1,5} = 4.664$, $P = 0.083$; Fig. 2b). The yellow armadillos stayed above ground between 0.4 and 12.5 hours per day (median = 3.8 hours, $n = 34$) and the nine-banded armadillos were active for periods between 1.3 and 8 hours per day (median = 4 hours, $n = 27$).

DISCUSSION

Activity Onset

Air temperature affected the activity onset of both the yellow armadillo and the nine-banded armadillo, as both species of armadillos exited their burrows later as daily mean temperature increased. It is well established that some species of armadillos can adapt their activity patterns in response to changes in temperature (McDonough & Loughry, 2003; Breece & Dusi, 1985; McNab, 1980). For example, the nine-banded armadillo

and the little-hairy-armadillo (*Chaetophractus vellerosus*) tended to be more diurnal in cold winters and more nocturnal in the summers, when temperatures are higher (Layne & Glover, 1985; Greeger Jr., 1985). However, most of these studies were conducted in temperate regions and/or focused on nine-banded armadillos (McDonough & Loughry, 2008).

The yellow armadillo has been classified several times as diurnal (Emmons & Feer, 1997; Eisenberg & Redford, 1999; Trolle, 2003; Cuéllar, 2008) and in tropical areas the nine-banded armadillo has been reported as nocturnal (Eisenberg & Redford, 1999; Trolle, 2003). However, our data suggests that the yellow armadillo was both diurnal and nocturnal as previously reported by Bonato et al. (2008) and, although the nine-banded armadillo tended to be more nocturnal, there were occasions of some diurnal activity that confirms an earlier report from Layne & Glover (1985). In a general way, for the same air temperature, the nine-banded armadillo tended to leave its burrow later than the yellow armadillo.

The activity of the nocturnal nine-banded armadillo peaked later than McDonough & Loughry (1997) found in Florida (around sunset) but similar to a study in Bolivia where the population seemed to peak between 2000h and 0300h (Cuéllar, 2008). Besides the influence of air temperature, another factor that could explain the difference between these two study sites is the severe hunting pressure suffered by armadillos from humans (Aguilar & Fonseca, 2008; Noss, Cuéllar & Cuéllar, 2008) and/or natural predators (Moreno, Kays & Samudio Jr., 2006; Monroy-Vilchis et al., 2009; Foster et al. 2010). There was almost no hunting pressure at the study site in Florida (Loughry & McDonough, 1998), probably because hunters are not accustomed to hunt this species, as it just recently colonized the area (i.e. in the early 70's; Stevenson & Crawford, 1974). Although there are predators large enough to kill an

armadillo at the study site in Florida, armadillos may have more natural predators in Brazil (Loughry & McDonough, 1998). At the Nhumirim ranch, there are several natural predators of armadillos (Alho et al., 1987) and perhaps the different diversity and density of predators accounts for some of the difference in the activity patterns.

Although there are several studies that focuses on strategies of thermoregulation of anteaters (Montgomery & Lubin, 1977; Shaw, Machado-Neto & Carter, 1987; Medri & Mourão, 2005; Mourão & Medri, 2007), sloths (Pinder, 1985; Chiarello, 1998; Urbani & Bosque, 2007) and armadillos (Roig, 1969; McNab, 1980; Superina & Boily, 2007), we could not find studies that examined the onset of activity of other xenarthrans, with the exception of Camilo-Alves & Mourão (2006). Their results indicated that air temperature affected linearly and positively the activity onset of giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*). The activity onset of yellow armadillos was also affected by the air temperature and this was even more evident, as can be seen by the value of the regression slopes (i.e 0.99, this study, against 0.37, Camilo-Alves & Mourão, 2006).

Activity range

Although variation in the activity period of both armadillos was broad, the AP_{mean} of the yellow armadillo and the nine-banded armadillo were similar and short. Armadillos are known to be active above ground a few hours per day (McDonough & Loughry, 1997) and spend the rest of their time inside the burrow, either inactive or performing activities such as nesting, escaping predators or inhospitable weather, or thermoregulating (González et al., 2001; McDonough & Loughry, 2003; McDonough & Loughry, 2008). Such short periods of activity are frequently attributed to the low basal metabolic rate of xenarthrans, which is about 40–60 % of what would be expected for a

placental mammal of similar mass (McNab, 1985), or body temperature regulation (González et al., 2001), because burrows work as temperature buffers.

McDonough & Loughry (1997) hypothesized that levels of activity in nine-banded armadillos might increase on nights when soil temperature are higher and humidity is lower. Under such conditions, insects and other invertebrates, some of the main source of food for armadillos (Breece & Dusi, 1985; McDonough & Loughry, 2008), might be less available and, thus, armadillos would have to spend more time active above ground to be able to find sufficient food. The activity period of our studied nine-banded armadillos in our studied was not affected by air temperature. However, the periods of activity of yellow armadillos tended to be negatively related to daily average temperature, disagreeing with McDonough & Loughry's (1997) hypothesis, assuming it is applicable also to this armadillo species. Such a result may be related to the fact that yellow armadillo spends more time in open areas, such as grassland and forest edges than do nine-banded armadillos (Eisenberg & Redford, 1999; Trolle, 2003), that are more associated with forests (Emmos & Feer, 1997). Forested habitats works as temperature buffers (Camilo-Alves & Mourão, 2006; Mourão & Medri, 2007), thus, the nine-banded armadillo may be able stay above ground relatively independent of the air temperature. On the other hand, the yellow armadillo may need to avoid extreme air temperatures that occur frequently in open habitats, by returning to their burrows to 'regulate' body temperature.

Studies concerning the activity budgets of xenarthrans are important, as these species may be conspicuously affected by its restrictive physiological constraints interacting with large scale environmental conditions, like climate or landscape. Also, physiological aspects may be more decisive in affecting xenarthran behavior and activity than other ecological traits such as food availability. If so, than these species

could be used as models to obtain valuable information about how physiology affects the decision making of mammals in general.

REFERENCES

- Abdon, M.M., Silva, J.S.V., Pott, V.J., Pott, A. & Silva, M.P. (1998). Utilização de dados analógicos do Landat-TM na discriminação da vegetação de parte da sub-região da Nhecolândia no Pantanal. *Pesqui. Agropecu. Bras.* **33**, 1799–1813.
- Aguiar, J.M. & Fonseca, G.A.B. (2008). Conservation status of the Xenarthra. In *The biology of the Xenarthra*: 215–231. Vizcaíno, S.F. & Loughry, W.J. (Ed.). Gainesville: University Press of Florida.
- Alho, C.J.R., Lacher Jr., T.E., Campos, Z.M.S. & Gonçalves, H.C. (1987). Mamíferos da Fazenda Nhumirim, Pantanal do Mato Grosso do Sul. 1–Levantamento preliminar de espécies. *Rev. Bras. Zool.* **4**, 151–164.
- Bonato, V., Martins, E.G., Machado, G., da Silva, C.Q. & Reis, S.F. (2008). Ecology of the armadillos *Cabassous unicinctus* and *Euphractus sexcinctus* (Cingulata: Dasypodidae) in a brazilian Cerrado. *J. Mammal.* **89**, 168–174.
- Breece, G.A. & Dusi, J.L. (1985). Food habits and home ranges of the common long-nosed armadillo *Dasypus novemcinctus* in Alabama. In *The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas*: 419–427. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Calheiros, D.F. & Fonseca Jr., W.C. (1996). Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal. *Embrapa CPAP Documentos* **18**, 41.

- Camilo-Alves, C.S.P. & Mourão, G.M. (2006). Responses of a specialized insectivorous mammal (*Myrmecophaga trydactyla*) to variation in ambient temperature. *Biotropica* **38**, 52–56.
- Chiarello, A.G. (1998). Activity budgets and ranging patterns of the Atlantic forest maned sloth *Bradypus torquatus* (Xenarthra: Bradypodidae). *J. Zool. (Lond.)* **246**, 1–10.
- Cuéllar, E. (2008). Biology and ecology of armadillos in the Bolivian Chaco. In *The biology of the Xenarthra*: 306–312. Vizcaíno, S.F. & Loughry, W.J. (Ed.). Gainesville: University Press of Florida.
- Eisenberg, J.F. & Redford, K.H. (1999). *Mammals of the Neotropics: the central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil*, Vol. 3. Chicago and London: University of Chicago Press.
- Emmons, L. & Feer, F. (1997). Neotropical rainforest mammals: a field guide. 2nd edn. Chicago: University of Chicago Press.
- Foster, R.J., Harmsen, B.J., Valdes, B., Pomilla, C. & Doncaster, C.P. (2010). Food habits of sympatric jaguars and pumas across a gradient of human disturbance. *J. Zool. (Lond.)* **280**, 309–318.
- González, E.M., Soutullo, A. & Altuna, C.A. (2001). The burrow of *Dasypus hybridus* (Cingulata: Dasypodidae). *Acta Theriol.* **46**, 53–59.
- Greegor Jr., D.H. (1985). Ecology of the little hairy armadillo *Chaetophractus vellerosus*. In *The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas*: 397–405. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Hamilton, S.K., Sippel, S.J., & Melack J.M. (1996). Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. *Archives fur Hydrobiology* **137**, 1–23.

- Junk, W.J. & Nunes da Cunha, C. (2005). Pantanal: a large south american wetland at a crossroads. *Ecological Engineering* **24**, 391–401.
- Layne, J.N. & Glover, D. (1985). Activity patterns of the common long-nosed armadillo *Dasyus novemcinctus* in south-central Florida. In *The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas*: 407–417. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Loughry, W.J. & McDonough, C.M. (1998). Comparisons between nine-banded armadillo (*Dasyus novemcinctus*) populations in Brazil and the United States. *Rev. Biol. Trop.* **46**, 1173–1183.
- McDonough, C.M. & Loughry, W.J. (1997). Influences on activity patterns in a population of nine-banded armadillos. *J. Mammal.* **78**, 932–941.
- McDonough, C.M. & Loughry, W.J. (2003). Armadillos (Dasypodidae). In *Grzimek's animal life encyclopedia*, Vol. 13: 181–192. Hutchins, M. (Ed.). Farmington Hills: Gale Group.
- McDonough, C.M. & Loughry, W.J. (2008). Behavioral ecology of armadillos. In *The biology of the Xenarthra*: 281–293. Vizcaíno, S.F. & Loughry, W.J. (Ed.). Gainesville: University Press of Florida.
- McNab, B.K. (1978). Energetics of arboreal folivores: Physiological problems and ecological consequences of feeding on a ubiquitous food supply. In *The ecology of arboreal folivores*: 153–162. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington: Smithsonian Institution Press.
- McNab, B.K. (1979). The influence of body size on the energetic and distribution of fossorial and burrowing mammals. *Ecology* **60**, 1010–1021.
- McNab, B.K. (1980). Energetics and the limits to a temperate distribution in armadillos. *J. Mammal.* **61**, 606–627

- McNab, B.K. (1985). Energetics, population biology, and distribution of xenarthrans, living and extinct. In *The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas*: 219–232. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Medri, Í.M. & Mourão, G. (2005). A brief note on the sleeping habits of the giant anteater – *Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus (Xenarthra, Myrmecophagidae). *Rev. Bras. Zool.* **22**, 1213–1215.
- Monroy-Vilchis, O., Gómez, Y., Janczur, M. & Urios, V. (2009). Food niche of Puma concolor in central Mexico. *Wildl. Biol.* **15**, 97–105.
- Montgomery, G.G. & Lubin, Y.D. (1977). Prey influences on movements of neotropical anteaters. In *Proceedings of the 1975 predator symposium*: 103–131. Philips, R.L. & Jonkel, C. (Ed.). Missoula: University of Montana.
- Moreno, R.S., Kays, R.W. Samudio Jr., R. (2006). Competitive release in diets of ocelot (*Leopardus pardalis*) and puma (*Puma concolor*) after jaguar (*Panthera onca*) decline. *J. Mammal.* **87**, 808–816.
- Mourão, G. & Medri, I.M. (2007). Activity of a specialized insectivorous mammal (*Myrmecophaga tridactyla*) in the Pantanal of Brazil. *J. Zool. (Lond.)* **271**, 187–192.
- Noss, A.J., Cuéllar, R.L. & Cuéllar, E. (2008). Exploitations of xenarthrans by the guaraní-Isoseño indigenous people of the Bolivian Chaco. In *The biology of the Xenarthra*: 244–254. Vizcaíno, S.F. & Loughry, W.J. (Ed.). Gainesville: University Press of Florida.
- Pinder, L. (1985). Observações preliminares sobre a preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*) (Illiger, 1811) (Edentata, Bradypodidae). In XII congresso Brasileiro de zoologia: 290–291. Universidade de Campinas (Ed.). Campinas, Brazil: Universidade Estadual de Campinas.

- Roig, V.G. (1969). Termoregulation en *Euphractus sexcinctus* (Mammalia: Dasypodidae). *Physis* **29**, 27–32.
- Shaw, J.H., Machado-Neto, J. & Carter, T.S. (1987). Behavior of free-living giant anteaters (*Myrmecophaga trydactyla*). *Biotropica* **19**, 255–259.
- Soriano, B.M.A. & Alves, M.J.M. (2005). Boletim agrometeorológico ano 2002 para a sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Embrapa CPAP Documentos* 76, 1–29.
- Stevenson, H.M. & Crawford, R.L. (1974). Spread of the armadillo into the Tallahassee-Thomasville area. *Fla. Field Nat.* **2**, 8–10.
- Superina, M & Boily, P. (2007). Hibernation and daily torpor in an armadillo, the pichi (*Zaedyus pichiy*). *Comp. Biochem. Physiol. A Comp. Physiol.* **148**, 893–898.
- Trolle, M. (2003). Mammal survey in the Southeastern Pantanal, Brazil. *Biodivers. Conserv.* **12**, 823–836.
- Urbani, B. & Bosque, C. (2007) Feeding ecology and postural behavior of the three-toed sloth (*Bradypus variegates flaccidus*) in northern Venezuela. *Mamm. Biol.* **72**, 321–329.
- Wetzel, R.M. (1985). Taxonomy and distribution of armadillos. In *The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas*: 23–46. Montgomery, G.G. (Ed.). Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Wilkinson, L. (2004). *SYSTAT – systems for statistics. Version 11*. Chicago: Systat Inc.

FIGURES

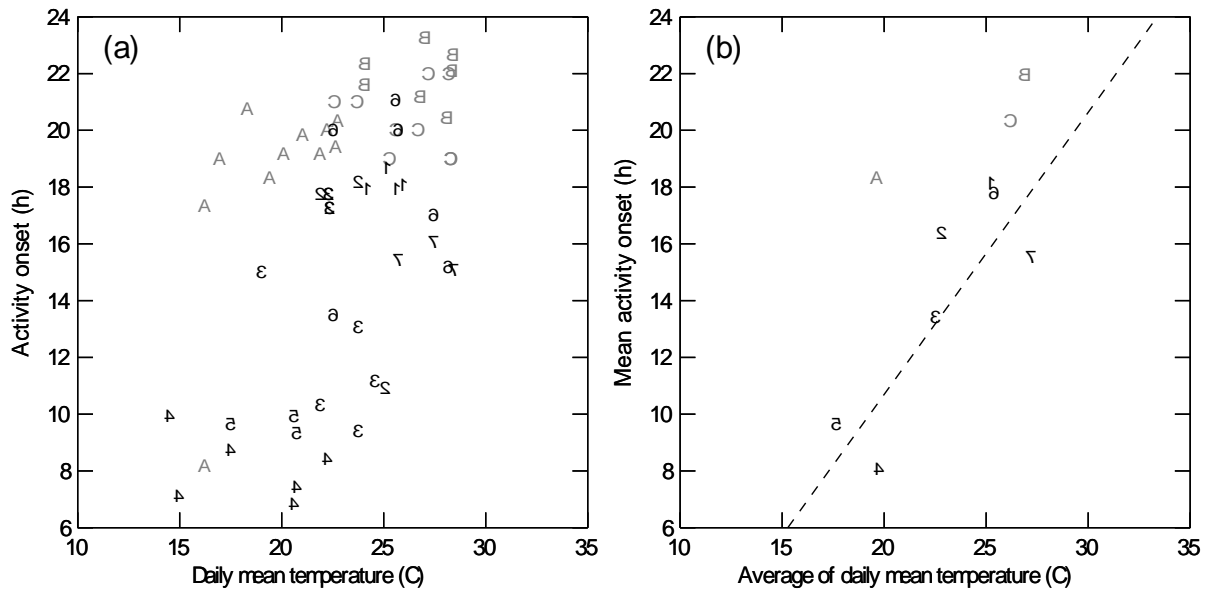


Figure 1. (a) Time of day that yellow armadillos (1–7) and nine-banded armadillos (A–C) exited its burrows (Activity Onset) and its corresponding daily average air temperature; (b) Mean of the activity onset (O_{mean}) of each yellow armadillo and nine-banded armadillo and its corresponding average of the daily mean temperature (AT_{mean}) in the Pantanal, Brazil. All data were collected from February 2010 to November 2010, except data from one nine-banded armadillo (C) that were collected in 2007 in the same study area, following the same protocol. Dash line is fitted only for the yellow armadillo by the equation: $O_{\text{mean}} = -9.16 + 0.99 \cdot AT_{\text{mean}}$ ($F_{1,5} = 12.284$, $P = 0.017$, $r^2 = 0.71$)

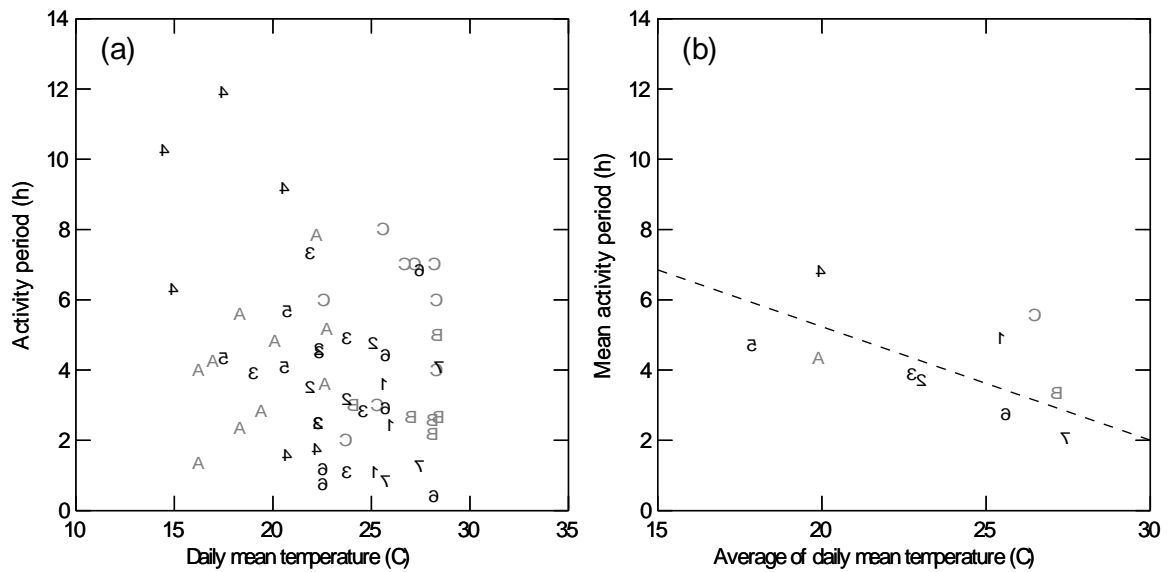


Figure 2. (a) Activity period of the yellow armadillo (1–7) and nine-banded armadillos (A–C) and its corresponding daily mean temperature; (b) Mean of the activity period (AP_{mean}) of each yellow armadillo and nine-banded armadillo and its corresponding average of daily mean temperature (AT_{mean}) in the Pantanal, Brazil. All data were collected from February 2010 to November 2010, except data from one nine-banded armadillo (C) that was collected in 2007 in the same study area, following the same protocol. Dash line indicates a non-significant tendency fitted only for the yellow armadillo by the equation: $AP_{\text{mean}} = 11.698 - 0.323 \cdot AT_{\text{mean}}$; ($F_{1,5} = 4.664$, $P = 0.083$).