

Desenvolvimento de alternativa de baixo custo para monitoramento da atividade de veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) com tecnologia GPS no Pantanal Central do Brasil.

CARLOS ANDRÉ ZUCCO

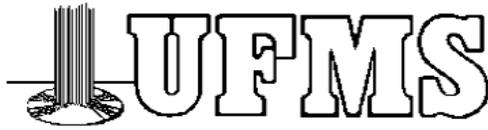
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia.

**Corumbá – MS
2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

Desenvolvimento de alternativa de baixo custo para monitoramento da atividade de veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) com tecnologia GPS no Pantanal Central do Brasil.

CARLOS ANDRÉ ZUCCO

Orientador: GUILHERME MOURÃO, PhD.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia.

**Corumbá – MS
2007**



Agradecimentos

Todo este trabalho não seria possível sem a valiosa contribuição de muitas pessoas a quem eu expresseo o meu profundo agradecimento.

Em primeiro lugar, agradeço a minha família – meus pais César e Joana, e meu irmão Junior – pelo apoio incondicional à minha vida acadêmica, passo a passo até completar o time de intelectuais da família. Conto não só com a base emocional de uma família sólida, mas também, inúmeras vezes, com o apoio intelectual de uma lingüista, de um químico e educador e de um cientista político, estatístico e consultor para inglês.

Devo muito do trabalho ao meu orientador, Guilherme Mourão, professor, financiador, amigo e parceiro de gambiarras e engenhocas. Sua paciência e empenho em conduzir essa empreitada junto comigo foram fundamentais o tempo todo. Agradeço toda a ajuda e confiança e amizade.

Fabiana Lopes Rocha é uma grande amiga e segunda orientadora (para assuntos veterinários), sempre presente quando precisei de auxílio, opiniões e companhia. Sua amizade, dividindo a casinha amarela comigo foi primordial para fazer o meu retorno a Corumbá mais feliz. Vitor Rademaker também foi um importante amigo e consultor disposto a perder horas ouvindo minhas idéias. Augusto Lisboa foi o grande parceiro de mestrado, como o qual dividi as mesmas angústias e dificuldades. O aprendizado com tamanduá, as intrépidas capturas e as latinhas de cerveja na casa da fauna tornaram o ano de campo muito mais divertido.

A Embrapa Pantanal, por meio do Laboratório de Vida Selvagem, vem me provendo apoio institucional nos últimos 3 anos. Sou muito grato e feliz de estar vinculado a esta instituição que sempre me forneceu as melhores condições de trabalho e crescimento pessoal. Agradeço enormemente a todos os pesquisadores e funcionários, em especial Ubiratan Piovezan pela orientação com as técnicas de captura, a “santa” Odilza, pela eficiente administração financeira do PELD, a Batista e Marcos Tadeu, pelo serviços de transportes e fazenda.

Sou muito grato a todos os funcionários da fazenda Nhumirim, que não só tornam nossa passagem pelo Pantanal mais aconchegante, como prestam importantes serviços para nossa pesquisa. Trabalhar na Nhumirim e contar com essas pessoas é uma grande satisfação. Agradeço em especial a Dona Fátima, Dona Leda (que garantem o pão nosso de cada dia), Márcia, Marco Tadeu, Sidnei, Aquino, Seu Murilo, Seu Armindo, Ricardo, Henrique, Seu Nelson e todas as crianças da escolinha (com o memorável futebol de fim de tarde).

Agradeço aos proprietários das Fazendas Don Valdir, Porto Alegre e Alegria, por autorizar a realização das pesquisas de campo em suas terras e aos seus respectivos funcionários pelo carinho, pela prestatividade em fornecer informações e resgatarem alguns dos coletes perdidos em campo.

Os trabalhos em campo contaram ainda com fundamental apoio de Paulo Cançado, Augusto Lisboa, Vitor Rademaker, Carolina Pereira, Luis Felipe Carvalho, Fernando Tortato, André Avella, Ísis Medri, Laís Grego, Vanessa Maeckelburg, Adhemar Wallace e Ana Lacerda. Na parte final, Hugo Mozerle e Boris Uzeda fizeram importante trabalho de planilhamento de dados e Caroline Leuchtenberger de revisão editorial. As versões do texto em inglês foram revisadas por Cesar Zucco Jr e Danielle Brown e a versão em português recebeu revisão final de Maria Joana Barni Zucco.



Em Campo Grande, agradeço a todos os professores e a funcionários do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação da UFMS, bem como aos bons amigos que fiz nessa etapa: Sergi, Chefinho, Nicolay, Carol e Marcelão, Aninha, Augusto, Janaína, Lica, Paulera, Felipe, Limão, Cereja e Goiaba, Graciolli e Josué.

Este projeto foi financiado pelo PELD/CNPq 520056/98-1, Embrapa Pantanal (Projeto nº 02.02.5.25.00.03) e Idea Wild (www.ideawild.org), além de contar com apoio da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ).



Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	vii
APRESENTAÇÃO.....	1
VERSÃO EM PORTUGUÊS.....	9
Resumo.....	10
Introdução.....	11
Área de estudo.....	12
Metodologia.....	12
Resultados.....	19
Discussion.....	26
Agradecimentos.....	32
Literatura citada.....	32
VERSÃO EM INGLÊS.....	38
Abstract.....	39
Introduction.....	40
Study site.....	40
Methodology.....	41
Results.....	46
Discussion.....	53
Acknowledgements.....	58
Literature Cited.....	58
APÊNDICE A.....	63



Lista de figuras

Figura 0.1	(A) Veado campeiro fêmea amamentando filhote; (B) veado campeiro macho adulto. Pantanal da Nhecolândia Brasil	2
Figura 0.2	Grupo de 6 indivíduos de veado campeiro, Pantanal da Nhecolândia, Brasil.	
Figura 1	Veado campeiro, macho adulto, logo após a recuperação dos efeitos da anestesia. É possível visualizar dois bolsos, o de baixo carregando pilhas e o de cima carregado o GPS e o radiotransmissor.	13
Figura 2	Distância diária registrada/real durante ciclos completos de 24 horas de monitoramento sub-amostrados em diferentes intensidades. A distância de referência (100%) é obtida com 288 pontos (5 min de intervalo). A função assintótica ajustada é dada com seu intervalo de confiança de 95% (linhas vermelhas). Ela foi determinada pela equação $y = x / (1.097[\pm 0.015] * x + 2.890[\pm 0.191])$. Os dados do protocolo de 288 pontos foram incluídos na estimativa dos parâmetros. Os dados envolvem 95 ciclos completos de 24 horas de 11 animais para cada nível de sub-amostragem. Pantanal Central do Brasil, estação seca de 2006	22
Figura 3	Correção da distância diária registrada. (a) Razão entre as distâncias estimadas e a real distância percorrida durante ciclo completo de 24 horas de monitoramento para protocolos de diferentes intensidades. (b) Plots de correlações entre a distância real (obtida com protocolo de 288 pontos/dia ou 5 min de intervalo) e distância registrada com cada nível de sub-amostragem aplicado. Dados envolvem 95 ciclos completos de 24 horas de 11 animais para cada nível de sub-amostragem. Pantanal Central do Brasil, estação seca de 2006.	22
Figura 4	Atividade horária (a – porcentagem de pontos ativos; b – distância percorrida em metros) de veado campeiro no Pantanal Central do Brasil, em diferentes protocolos de coleta obtidos com sub-amostragem do conjunto original com intervalo de 5 minutos. Valores são médias das médias obtidas para cada um dos animais monitorados. Nascer do sol local entre 5:00h e 6:33h e ocaso local entre 17:16h e 18:30.	23-24
Figure 1	Pampas deer buck moments after anesthesia recovery. Note the two pockets on the suit, one carrying the GPS and the other, carrying a battery pack	41
Figure 2	Perceived/real traveled distance during 24h monitoring periods under-sampled under different intensity monitoring protocols. Reference distance (100%) are obtained from n=288 (5 min fix interval). The adjusted asymptotic function is given with 95% confidence interval. It was determined by equation $y = x / (1.097[\pm 0.015] * x + 2.890[\pm 0.191])$. Data of n=288 were included in parameter estimation. Data comprises 95 complete 24-hr datasets among 9 monitored in each sampling schedule, Central Pantanal of Brazil, dry season of 2006.	49



Figure 3	Correction of daily perceived traveled distance. (a) Ratio between estimated and real distance traveled during 24h monitoring periods sampled under different intensity monitoring protocols. (b) Correlations plots between “reference distance” (100% obtained from n=288 or min fix interval) and perceived distance from each under sampled schedule. Data comprises 95 complete 24-hr datasets among 9 monitored deer at 5 min interval, Central Pantanal of Brazil, dry season of 2006	49
Figure 4	Hourly activity (a – percentage of active point; b – distance traveled) of pampas deer in Central Pantanal of Brazil, at different sampling schedules obtained after under sampling the original 5min fix interval schedule. Values are means over each, averaged across nine deer’s.	50-51



Lista de tabelas

Tabela 1	Periódicos cobertos pela revisão de literatura de janeiro de 2000 a dezembro de 2006	18
Tabela 2	Informações gerais sobre os 11 veados campeiros do Pantanal Central do Brasil dos quais obtivemos série mínima de dados.	19
Tabela 3	Taxa de ponto e tempo antes e após correções dos pontos durante turno inativo de veados campeiros no Pantanal Central do Brasil	20
Tabela 4	Peso, estimativa de duração da bateria, número estimado de pontos capaz de adquirir, e preço por unidade dos modelos de GPS colar dos fabricantes mais utilizados e do colete GPS-VHF modificado usado neste estudo	26
Table 1	Journals covered in the literature review from January 2000 to December 2006	46
Table 2	General information about 11 deer from which we obtained minimum length data series.	47
Table 3	Fix and time rate before and after correction of locations during inactive bouts of pampas deer on Central Pantanal of Brazil.	48
Table 4	Weigh, estimated batteries life, estimated number of fixes stored and price per piece for the most used manufactured of GPS radiocollar and for the adapted GPS-VHF collar used in this study.	52



Resumo

A radiotelemetria com Sistema de Posicionamento Global (GPS) tem-se mostrado uma técnica eficiente para monitorar atividade de animais silvestres. Contudo, essa técnica normalmente requer grandes investimentos em material, o que, a despeito do seu custo-benefício, ainda estão além do poder aquisitivo da maior parte da comunidade científica dos países em desenvolvimento. Nós desenvolvemos e aplicamos uma alternativa de baixo custo para monitorar veados campeiros (*Ozotoceros bezoarticus*) com GPS no Pantanal Central do Brasil. Nossa abordagem é uma adaptação de estudos anteriores conduzidos com tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) na mesma área de estudo. Nós armazenamos 31.596 localizações de 11 veados, num protocolo de amostragem com intervalo de 5min entre localizações (o que resulta em aproximadamente 120 dias de monitoramento contínuo quando somados todos os animais). O erro de localização testado através de um receptor GPS estacionário foi menor que 4,64m em 95% das vezes. A taxa de localizações obtidas conforme o intervalo programado, após a correção de erros, foi de 98,5% e o comportamento dos animais (ativo/inativo) não afetou essa taxa. A média da distância percorrida diariamente foi de $3.09 \pm 1,67$ km, variando entre indivíduos, mas não entre sexos. Os veados campeiros foram mais ativos durante o dia do que durante a noite, apresentando picos de atividade coincidindo com a alvorada e o ocaso. Em comparação com os modelos correlatos de GPS colares dos quatro fabricantes mais utilizados (de acordo com a literatura revisada), o custo por localização dos aparelhos utilizados neste estudo foi menor que a metade do custo do produto mais barato disponível no mercado. No entanto, nosso dispositivo modificado é mais pesado do que todos os demais produtos recomendados pelos fabricantes para a faixa de tamanho de um cervídeo de médio porte. Nós consideramos que nossa abordagem foi eficiente para gerar informações confiáveis acerca dos padrões de atividade de veados campeiros.

Palavras chaves

radiotelemetria com GPS, monitoramento intensivo, protocolo de amostragem, metodologia, Pantanal



Apresentação

O veado-campeiro, *Ozotoceros bezoarticus* L. 1758 (Artiodactyla, Cervidae) é um cervídeo de médio porte típico de ambientes abertos caracterizado pela coloração parda clara, variando geograficamente de cinza claro até baio avermelhado, com pelagem branca no ventre, interior das orelhas, lábios, ao redor dos olhos e abaixo da cauda (Jackson 1987). Os machos, maiores (30-40kg) distinguem-se da fêmea pelo pescoço mais robusto e um galhada composta normalmente por 6 pontas, muito embora há registro com até 11 pontas (observação pessoal). As fêmeas adultas variam de 25-35kg, e os filhotes nas primeiras semanas de vida apresentam linhas de manchas brancas no dorso (Merino et al. 1997) (figura 0.1).

Originalmente apresentava ampla distribuição sobre todos os ambientes abertos – savanas, campos e os Pampas - da América do Sul entre 5° e 40° S, contudo atualmente está restrito a apenas pequenas populações isoladas na Argentina, Uruguai, Bolívia, Paraguai, e Brasil (Jackson 1987, Merino et al. 1997), constando no apêndice I da Cites e sendo considerado por González et al. (1998) o cervídeo neotropical mais ameaçado.

As principais ameaças à espécie são a alteração de seus ambientes naturais em função da exploração agropecuária – resta apenas 1% de sua área original conservada (González et al. 1998), a competição com o gado pelas pastagens naturais, o risco de transmissão de doenças pelo contato com o rebanho bovino e a caça para consumo de sua carne e pele (Merino et al. 1997, Merino e Carpinetti 1998, Demaría 2003).

Os relatos históricos de viajantes atestam que o veado campeiro era bastante comum e abundante nas formações campestres (Jackson e Langguth 1987, González et al. 2002) e estudo da primeira metade do século passado, baseados em morfologia externa reconheceram 3 sub-espécies ao longo de sua distribuição: *O. b. bezoarticus*, ocorrendo no Brasil central e oriental, do sul da Amazônia até a bacia do Rio São Francisco e estendendo-se até o Rio Grande do Sul e possivelmente o Uruguai; *O. b. leucogaster*, sudoeste brasileiro, ao longo da bacia Paraná-Paraguai, estendendo-se até o centro da Bolívia, Paraguai e norte da Argentina; *O. b. celer*, mais austral, ocorrendo em todo os Pampas argentinos, do Oceano Atlântico até o limite leste dos Andes. Mais recentemente, baseados na morfometria cranial e variações genéticas, González et al. (1998) e González et al. (2002) sugerem que as populações do Uruguai devam ser consideradas com uma unidade a parte para conservação.

Neste cenário as populações remanescentes da Argentina e Uruguai são as menores e mais ameaçadas (Jackson e Langguth 1987, González et al. 1999, Pautasso 2002, Dellafiori 2003) e estudos, pelo menos na Argentina, indicam tendência de diminuição (Merino e Carpinetti, 1998).

Apesar da pressão antrópica sobre todo o Cerrado com avanço contínuo da fronteira agrícola, no Brasil, a espécie é menos ameaçada havendo registros esparsos nos estados de Minas Gerais, Rio Grande, sul do Pará (Merino et al. 1997), Distrito Federal (Leeuwenberg e Lara-Resende 1994), Paraná (Braga et al. 2000), e populações vigorosas no Parque Nacional (P.N.) das Emas (~1300 indivíduos, Rodrigues 2003) e Pantanal Matogrossense (Mourão et al. 2000). O Pantanal abriga a maior população remanescente de veado campeiro com estimativas no entorno de 60 mil animais e densidades mais altas na região da Nhecolândia (Mourão et al. 2000). Tomás et al. (2001) reportou a maior densidade já



registrada de veado campeiro nessa região, em fazendas vizinhas à Fazenda Nhumirim (Embrapa Pantanal) através de censos por terra.



Fabiana Lopes Rocha



Figura 0.1 – (A) Veado campeiro fêmea amamentando filhote; (B) veado campeiro macho adulto. Pantanal da Nhecolândia Brasil



Redford (1987) apontou o veado-campeiro como o menos conhecido dos cervídeos da América do Sul e desde então a maioria dos estudos (como os supracitados) estiveram voltados a ampliação do conhecimento sobre a distribuição e *status* da populações. Alguns estudos ecológicos foram realizados abrangendo questões de dieta (e.g. Jackson e Giulietti 1988 e Merino 1993 na Argentina; Rodrigues e Monteiro-Filho 1999 e Berndt 2005 no P.N. das Emas), área de vida e uso de hábitat (Leeuwenberg e Lara-Resende 1997, no Distrito Federal e Rodrigues e Monteiro-Filho 2000, no Parque Nacional de Emas -GO), biologia comportamental (Jackson 1985, na Argentina, Rodrigues 1996, em Emas e Tércio-Netto 1997 no Pantanal) e ciclo reprodutivo e estrutura social, principalmente descrição do ciclo de chifres, períodos de nascimentos, tamanho de grupo e ciclos hormonais (Pinder 1992 e Tomás 1995 no Pantanal, Rodrigues 1996, Pereira et al. 2005 e Pereira et al. 2006 em P.N. das Emas).

O veado campeiro é o único cervídeo sul americano especializado em habitats campestres. Assim como os demais Odocoilinae está entre os cervídeos com maior derivação do trato digestivo, completamente separado no complexo de quatro câmaras formado pelo rúmen, retículo, omaso e abomaso, o que o permite realizar a ingestão tanto de alimentos de alta concentração de nutrientes e fácil digestibilidade, quanto alimentos muito fibrosos, mais pobres, decompostos através da fermentação ruminal (Putman 1985).

Na Argentina, sua dieta é composta em grande parte por gramíneas (Jackson e Giulietti 1988 e Merino 1993), no entanto o consumo preferencial de sementes e folhas tenras da rebrota de gramíneas na primavera e de ervas verdes durante o outono e inverno seco evidenciam o caráter selecionador da espécie. Os dois estudos com dieta no P. N. das Emas apresentam o veado campeiro como um podador selecionador, preferindo brotos, flores, folhas de dicotiledôneas e frutos à gramíneas (Rodrigues e Monteiro-Filho 1999 e Berndt 2005).

A área de vida dessa espécie ainda é pouco estudada. Dados disponíveis referem-se a apenas dois animais no Cerrado do Distrito Federal (Leeuwenberg e Lara-Resende 1997) com 9.9km² e 5.9km² e quatro animais no P.N. das Emas (Rodrigues e Monteiro-Filho 2000) variando de 48km² a expressivos 146km². A diferença entre esses valores é atribuída a quantidade e qualidade de hábitat disponível para a espécie (muito maior e contínua em EMAS, ao passo que restrita a uma pequena unidade de conservação de cerrado *stricto sensu* no DF). Os autores descrevem o animal como ativo de dia e de noite sem identificar horários de picos de atividade ou variáveis que explicam variação na atividade.

O conhecimento das variáveis que controlam os ciclos reprodutivos ainda é limitado. Observa-se que as populações de ambientes com sazonalidade marcada apresentam nascimentos concentrados nos períodos de maior disponibilidade de alimento, que no Pantanal corresponde ao final da seca e início da estação chuvosa (agosto-novembro, Tomás 1995), quando o nível da água ainda está baixo e as pastagens rebrotam depois das queimadas e primeiras chuvas (Pinder, 1992)

O ciclo de chifres de veado-campeiro por sua vez, está relativamente sincronizado com o ciclo reprodutivo, de maneira que os veados estejam com as galhadas completas no período de lutas pré-reprodutivas. Após a fase reprodutiva ao longo do verão, durante a gestação das fêmeas, os machos começam a perder os chifres (abril-maio no Pantanal) e imediatamente a produzir a galhada seguinte, que estará completa e sem velame até meados de outubro, quando do



nascimento dos filhotes. O ciclo segue o mesmo padrão em diferentes regiões, porém com pequenas variações de sincronia (Jackson 1986, Tomás 1995, Rodrigues, 1996)

O conhecimento de veados de regiões temperadas indica que o ciclo dos chifres é controlado pela liberação de testosterona, a qual, por sua vez, está sincronizada com o fotoperíodo (Merino et al. 1997). Com base nisso, Tomás (1995) atesta que o mesmo modelo de regulação hormonal do ciclo de chifres aplica-se também para veado-campeiro.

Pereira et al. 2005 testou a relação dos ciclos reprodutivos e de chifres com as flutuações nos níveis de testosterona dos machos. Entretanto, este estudo não indicou relação clara do ciclo esteroidogênico com algum fator ambiental específico, como o comprimento do fotoperíodo, e não abordou profundamente a questão da relação da estrutura de grupo com o ciclo hormonal e reprodutivo.

Veado-campeiros são animais sociais (figura 0.2). Relatos históricos citam avistamentos de manadas de até 200 indivíduos, porém, registros recentes dificilmente passam de 14 animais. A estrutura social ainda é pouco compreendida. Relações estáveis duradouras entre indivíduos são incomuns a não ser por aquela formada pela mãe e seu filhote. (Merino et al. 1997). Os grupos são comumente compostos por menos de 4 indivíduos com muitos animais solitários de ambos os sexos (Pinder 1992, Rodrigues 1996, Tércio-Netto 2000) com os maiores agrupamentos associados a fontes de alimento de alta qualidade (observações pessoais e Tércio-Netto, 2000).

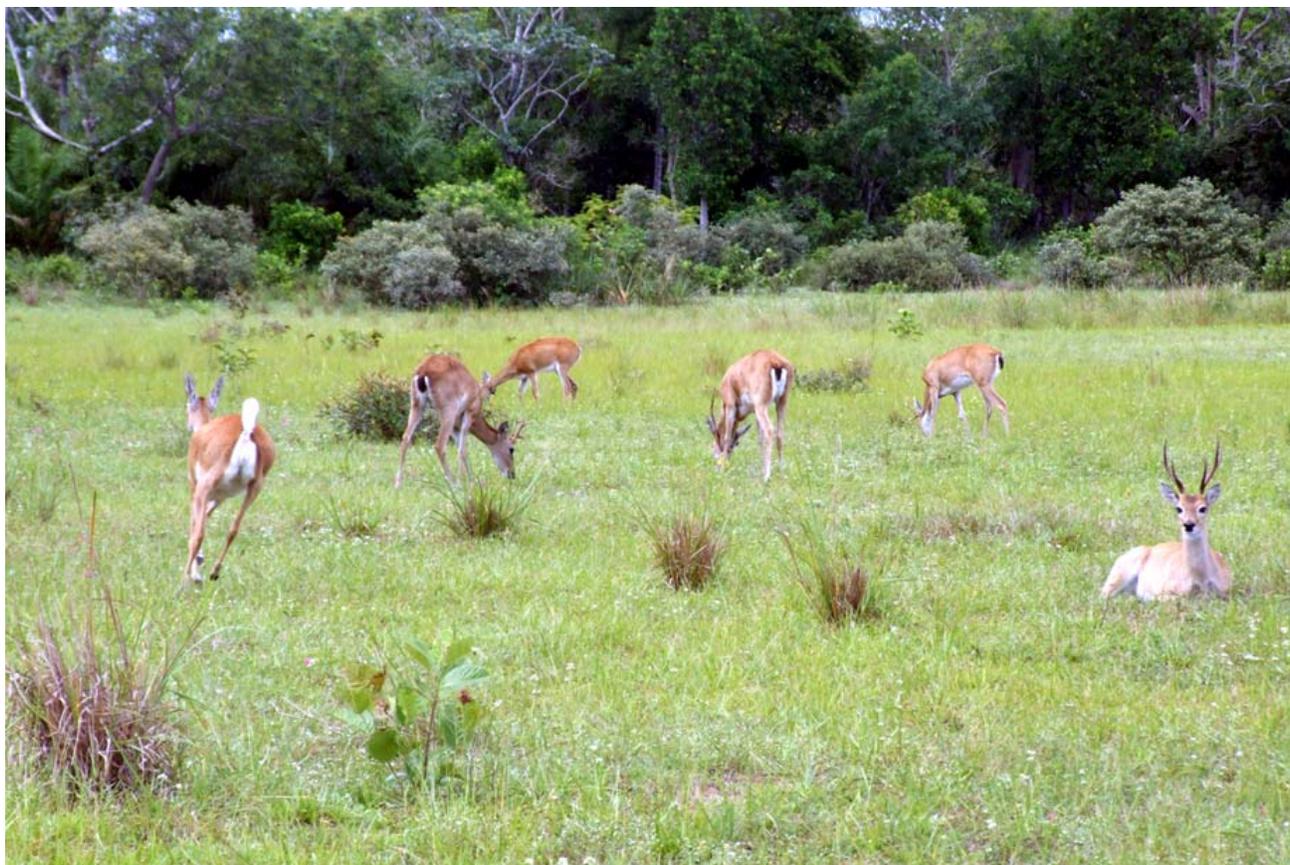


Figura 0.2 – Grupo de 6 indivíduos de veado campeiro, Pantanal da Nhecolândia, Brasil.



Este trabalho fez parte de uma linha de pesquisa maior do Laboratório de Vida Selvagem da Embrapa Pantanal que busca não só desenvolver como também aplicar e consolidar as técnicas de pesquisa ecológicas com vida selvagem gerando informações básicas de grandes vertebrados do Pantanal.

Particularmente, no que tange ao veado campeiro, focamos nossos esforços no desenvolvimento da técnica de captura com dardos anestésicos, evitando assim a necessidade de contenção mecânica antes da contenção química (Apêndice). Protocolos anestésicos ainda estão sob avaliação da equipe e devem ser alvo de estudo específico mais adiante. A adaptação para veado campeiro do método de monitoramento intensivo aplicado por Mourão e Medri (2002) e Camilo-Alvez e Mourão (2006) em tamanduá bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e o teste de sua performance em campo é o objetivo específico deste estudo.

Ectoparasitos e amostras de sangue foram coletados durante as capturas, o que dará origem a dois outros estudos, um sobre os perfis hematológicos e hemoparasitas em parceria com a Fiocruz e outro sobre a relação entre *Lipoptena guimaraesi* (Díptera: Hippoboscidae) e o veado campeiro em parceria com a UFMS.

Através do equipamento apresentado nesse estudo, foram monitorados continuamente 11 veados campeiros totalizando 120 dias de coleta. Simultaneamente, por meio das estações meteorológicas instaladas na Fazenda Nhumirim – Embrapa Pantanal, foram registrados de hora em hora os valores de temperatura, umidade e precipitação na área de estudo. Tais dados resultarão num estudo sobre influência de variáveis climáticas, fotoperíodo e lua, nos padrões de atividade de veado campeiro.

Finalmente, com o desenvolvimento de bases geográficas mais detalhadas da área de estudo pela Embrapa Pantanal, aplicadas a caracterização das pastagens nativas e a variação de sua biomassa ao longo do ciclo de seca e cheia, os mesmos dados obtidos neste trabalho poderão ser analisados abordando a influência de variáveis climáticas no uso de hábitat dos veados campeiros nos campos da Nhecolândia.

O conteúdo desta dissertação foi escrito originalmente em inglês, nos moldes de um artigo científico e posteriormente traduzido ao português para ser disponibilizado também para uma ampla gama de leitores brasileiros não familiarizados com a língua estrangeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernt, A. 2005. Nutrição e ecologia nutricional de cervídeos brasileiros em cativeiro e no Parque Nacional das Emas – Goiás. Thesis, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brazil.

Camilo-Alves, C. de S.P. e G. Mourão 2006. Responses of a specialized insectivorous mammal to variation on ambient temperature. *Biotropica* 38:1-5

Dellafiori, C.M., M. Demaría, N. Maceira e Bucher . 2003. Distribution and abundance of the pampas deer in San Luis Province, Argentina. *Mastozoologia Neotropical* 10:41-47.



Demaría, M.R., W.J. McShea, K. Koy e N.O. Maceira. 2003. Pampas deer conservation with respect to habitat loss and protected área considerations in San Luis, Argentina. *Biological Conservation* 115:121-130.

González, S.; J.E. Maldonado, J.A. Leonard, C. Vilá, J.M. Barbanti-Duarte, M. Merino, N Brum-Zorilla e R.K. Wayne. 1998. Conservation genetics of the endangered pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*). *Molecular Ecology* 7:47-56.

González, S., M. Cosse e A. Pacheco. 1999. Demographic and genetic dynamics of pampas deer population in Uruguai. *Deer Specialist Group News* 15:11-12.

González, S., F. Álvarez-Valin e J.E. Maldonado. 2002. Morphometric differentiation of endangered pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*), with description of new subspecies from Uruguay. *Journal of Mammalogy* 83:1127-1140.

Jackson, J.E. 1987. *Ozotoceros bezoarticus*. *Mammalian Species* 295:1-5.

Jackson, J.E. e A. Langguth. 1987. Ecology and Status of the Pampas Deer in the Argentinean Pampas and Uruguay. Pages 402-408. *in*. Wemmer, C.M. editor. *Biology and Management of the Cervidae*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., USA.

Jackson, J.E. e J.D. Giulietti. 1988. The food habits of pampas deer *Ozotoceros bezoarticus celer* in relation to its conservation in a relict natural grassland in Argentina. *Biological Conservation* 45:1-10.

Leeuwenberg F. e S Lara Resende. 1994. Ecologia de cervídeos na reserva ecológica do IBGE-DF: manejo e densidade de populações. *Cadernos de Geociências* 11:89-95.

Leeuwenberg F. e S Lara Resende, F.H.G. Rodrigues and M.X.A. Bezerril. 1997. Home range, activity and habitat use of the Pampas deer *Ozotoceros bezoarticus* L. 1758 (*Arctiodactyla*, *Cervidae*) in the Brazilian Cerrado. *Mammalia* 61:487-495.

Merino, M.L., S. Gonzáles, F. Leeuwenberg, F.H.G. Rodrigues, L. Pinder e W. Tomás. 1997. Veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus* Linnaeus 1758): distribuição, história natural, ecologia e conservação. Pages 42-58 *in*: Duarte, J.M.B. editor. *Biologia e conservação dos cervídeos sul-americanos*. FUNEP, Jaboticabal, Brazil.

Mourão, G. W., M. Coutinho, R. Mauro, W. Tomás e Z. Campos. 2000. Aerial surveys of caiman, marsh deer and pampas deer in the Pantanal Wetland of Brazil. *Biological Conservation* 92:175-183.

Mourão, G. e I. Medri. 2002. A new way of using inexpensive large-scale assembled GPS to monitor giant anteaters in short time intervals. *Wildlife Society Bulletin* 30:1029-1032.

Pautasso A.A., M.I. Peña, J.M. Mastropaolo e L. Moggia. 2002. Distribución y conservación del venado de las pampas (*Ozotoceros bezoarticus leucogaster*) en el norte de Santa Fé, Argentina. *Mastozoología Neotropical* 9:64-69.

Pereira, R. J. G.; J.M.B. Duarte, and J.A. Negrão. 2005. Seasonal changes in fecal testosterone behavior, antler cycle and grouping patterns in free-ranging male Pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus bezoarticus*). *Theriogenology* 63:2113-2125.



- Pereira, R. J. G.; J.M.B. Duarte, and J.A. Negrão. 2006. Effects of environmental conditions, human activity, reproduction, antler cycle, and grouping on fecal glucocorticoids of free-ranging Pampas deer stags (*Ozotoceros bezoarticus bezoarticus*). *Hormones and Behavior* 49:114-122.
- Pinder, L. 1992. Comportamento social e reprodutivo de veado campeiro e catingueiro. *Anais de Etologia* 10: 167-173.
- Putman, R. 1988. *The Natural History of Deer*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Redford, K. 1987. The pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) in central Brazil. Pages 410-414 *in*. Wemmer, C.M. editor. *Biology and Management of the Cervidae*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., USA.
- Rodrigues, F.H.G. 1996. *História Natural e biologia comportamental do veado campeiro em cerrado do Brasil Central*. Thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brazil.
- Rodrigues, F.H.G. and E.L.A. Monteiro-Filho. 1999. Feeding behaviour of the pampas deer: a grazer or a browser? *Deer Specialist Group News* 15:12-13.
- Rodrigues, F.H.G. and E.L.A. Monteiro-Filho. 2000. Home-range and activity patterns of pampas deer in Emas National Park, Brazil. *Journal of Mammalogy* 81:1136-1142.
- Rodrigues, F.H.G. 2003. Estimating pampas deer population in Emas National Park. *Deer Specialist Group Newsletter* 18:10-12.
- Tércio Netto, N., C.R.M. Coutinho-Netto, M.J.R. Paranhos da Costa and R. Bom. 2000. Grouping Patterns of Pampas Deer (*Ozotoceros bezoarticus*) in the Emas National Park. *Revista de Etologia* 2:85-94.
- Tomás, W.M., W. McShea, G.H.B. de Miranda, J.R. Moreira, G. Mourão and P.A. Lima Borges. 2001. A survey of a pampas deer *Ozotoceros bezoarticus leucogaster* (Arctiodactyla: Cervidae), population in the Pantanal Wetland, Brazil, using the distance sampling technique. *Animal Biodiversity and Conservation* 24:101-106.
- Tomás, W.M. 1995. Seasonality of the antler cycle of pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus leucogaster*) from the Pantanal Wetland, Brazil. *Studies of Neotropical Fauna and Environment* 30:221-227.



Versão em Português

Dispositivo de baixo custo para monitoramento por GPS da atividade e movimentação de veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*)

Carlos André Zucco & Guilherme Mourão¹

Tradução do manuscrito a ser submetido para Wildlife Society Bulletin

The Wildlife Society

<http://www.wildlife.org>

¹ Endereço de Carlos André Zucco: Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS. 79070-900. Brazil cazucco@ig.com.br. Endereço de Guilherme Mourão: Embrapa Pantanal, CP 109, Corumbá, MS. 79320-900. Brazil.



Dispositivo de baixo custo para monitoramento por GPS da atividade e movimentação de veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*)

Carlos André Zucco & Guilherme Mourão²

Resumo

A radiotelemetria com Sistema de Posicionamento Global (GPS) tem-se mostrado uma técnica eficiente para monitorar atividade de animais silvestres. Contudo, essa técnica normalmente requer grandes investimentos em material, o que, a despeito do seu custo-benefício, ainda estão além do poder aquisitivo da maior parte da comunidade científica dos países em desenvolvimento. Nós desenvolvemos e aplicamos uma alternativa de baixo custo para monitorar veados campeiros (*Ozotoceros bezoarticus*) com GPS no Pantanal Central do Brasil. Nossa abordagem é uma adaptação de estudos anteriores conduzidos com tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) na mesma área de estudo. Nós armazenamos 31.596 localizações de 11 veados, num protocolo de amostragem com intervalo de 5min entre localizações (o que resulta em aproximadamente 120 dias de monitoramento contínuo quando somados todos os animais). O erro de localização testado através de um receptor GPS estacionário foi menor que 4,64m em 95% das vezes. A taxa de localizações obtidas conforme o intervalo programado, após a correção de erros, foi de 98,5% e o comportamento dos animais (ativo/inativo) não afetou essa taxa. A média da distância percorrida diariamente foi de $3.09 \pm 1,67$ km, variando entre indivíduos, mas não entre sexos. Os veados campeiros foram mais ativos durante o dia do que durante a noite, apresentando picos de atividade coincidindo com a alvorada e o ocaso. Em comparação com os modelos correlatos de GPS colares dos quatro fabricantes mais utilizados (de acordo com a literatura revisada), o custo por localização dos aparelhos utilizados neste estudo foi menor que a metade do custo do produto mais barato disponível no mercado. No entanto, nosso dispositivo modificado é mais pesado do que todos os demais produtos recomendados pelos fabricantes para a faixa de tamanho de um cervídeo de médio porte. Nós consideramos que nossa abordagem foi eficiente para gerar informações confiáveis acerca dos padrões de atividade de veados campeiros.

Palavras chaves

radiotelemetria com GPS, monitoramento intensivo, protocolo de amostragem, metodologia, Pantanal

² Endereço de Carlos André Zucco: Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS. 79070-900. Brazil cazucco@ig.com.br. Endereço de Guilherme Mourão: Embrapa Pantanal, CP 109, Corumbá, MS. 79320-900. Brazil.

Introdução

Os padrões de atividade de mamíferos neotropicais são pouco conhecidos devido à dificuldade logística de estudá-los. Delineamentos experimentais adequados muitas vezes requerem esforço de amostragem contínua, 24 horas por dia, mesmo sob condições adversas de clima e terreno. Dados de atividade têm sido coletados tanto por observação direta dos animais mediante capturas ou procura no campo (Braun 1985, Paise e Vieira 2006), quanto por sistemas de telemetria (no sentido amplo apresentado por Cooke *et al.* 2004). Tais técnicas de telemetria usadas para acessar informação sobre movimentação e atividade dos animais incluem a radiotelemetria (Hwang e Garshelis, 2007), radiotelemetria comGPS³ (Merrill e Mech 2003, Coulombe *et al.* 2006), e armadilhamento fotográfico ou filmagem remota (Van Schaik e Griffiths 1996, Quesada *et al.* 2003). Sistemas automatizados podem fornecer séries de dados mais longas e intensas com menos esforço de campo e risco de alterar o comportamento do animal em função da presença do pesquisador nas suas proximidades (Van Schaik e Griffiths 1996). Essas técnicas, contudo, geralmente requerem grandes investimentos em material que, a despeito de seu custo-benefício (veja Rodgers 2001 para uma revisão sobre GPS radiotelemetria), ainda estão além do poder aquisitivo da maior parte da comunidade científica de países em desenvolvimento.

Estudos de atividade animal conduzidos com GPS radiotelemetria normalmente contam com um sensor de atividade integrado ao colar GPS-VHF (Moen *et al.* 1996a, b, Adrados *et al.* 2003, Pépin *et al.* 2004, Coulombe *et al.* 2006) para determinar o comportamento do animal durante o intervalo entre localizações, ou no momento exato em que a localização é obtida. Nós empregamos uma adaptação do dispositivo GPS-VHF, modificado previamente por Mourão e Medri (2002) e Camilo-Alves e Mourão (2006), para observar o comportamento circadiano de tamanduá bandeira no Pantanal Central do Brasil. Nossa abordagem define o *status* de atividade para cada localização com base em deslocamento significativo (Breitenmoser *et al.* 1992), dispensando o uso de um sensor de atividade propriamente dito e reduzindo a necessidade de mais peso ao equipamento acoplado no animal. Dessa forma, avaliamos a performance do equipamento sob diferentes protocolos de amostragem bem como sua habilidade em descrever o ritmo circadiano de veado campeiro.

O veado campeiro é um cervídeo de médio porte, que originalmente habitava todos os ambientes abertos – pampas, campos e savanas – da América do Sul entre as latitudes 5° e 40° S (Jackson 1987). Essa ampla distribuição tem sido dramaticamente reduzida por causa da perda e fragmentação de *habitat*, caça e competição com o rebanho bovino. Atualmente é considerado o cervídeo neotropical mais ameaçado, com apenas poucas e pequenas populações isoladas ao longo da sua área de ocorrência original (Gonzalez *et al.* 1998, Demaría *et al.* 2003). A maior parte da informação disponível sobre a espécie diz respeito ao *status* de suas populações e há muito pouco conhecimento sobre sua ecologia e comportamento. O Pantanal é uma vasta área selvagem no centro da América do Sul que abriga a maior população e maior densidade já reportada para a espécie, notadamente na sua porção central (Merino *et al.* 1997). Nesse sentido, essa região é um importante campo para pesquisa com veado campeiro.

³ Por ser uma técnica relativamente nova, ainda não há na literatura em língua portuguesa um termo adequado para mencioná-la. Propomos a expressão mais comumente utilizada em inglês: ‘GPS radiotelemetry’. Portanto, doravante nos referiremos a essa técnica como GPS radiotelemetria.

Este estudo fornece os primeiros dados de GPS radiotelemetria para a espécie, objetivando descrever distâncias diárias percorridas e padrões gerais de atividade da espécie no Pantanal Central do Brasil.

Área de Estudo

Este estudo foi conduzido no Pantanal Sul, uma das maiores áreas úmidas contínuas do planeta, cobrindo aproximadamente 210.000 km² de planícies sazonalmente inundáveis da Bacia do Alto Rio Paraguai (Harris *et al.* 2005). Está localizada no centro-oeste brasileiro e oeste da Bolívia e do Paraguai, próxima ao centro geográfico da América do Sul, numa região com altitudes em torno de 100m. O clima é tropical semi-úmido, com temperatura média anual de 25,5°C (Calheiros e Fonseca 1996). Verões (de novembro a março) são quentes e chuvosos com média pluviométrica sazonal de 1.100mm e temperaturas máximas atingindo mais que 40°C. Os invernos (abril a agosto) são amenos e secos, com média pluviométrica abaixo dos 300mm; as temperaturas mínimas médias são de 20°C, mas os mínimos absolutos podem chegar a 0°C quando da entrada de frentes frias vindas do sul (Soriano *et al.* 1997).

Devido às suas características geológicas, geomorfológicas e climáticas, bem como às suas variações hidrológicas sazonais, o Pantanal pode ser dividido em diferentes sub-regiões. Conduzimos este estudo na região da Nhecolândia, em Corumbá (*sensu* Hamilton *et al.* 1996), numa área de aproximadamente 400km², que abrange porções das fazendas Nhumirim⁴, Porto Alegre, Dom Valdir e Alegria (entre 18°55 e 19°02 S; 56°31 e 57°47 W). Essa região apresenta solo arenoso e é coberta por um mosaico fitofisionômico de campos sazonalmente alagados, vegetação arbustiva esparsa, cerrados, cerradões e cordões de matas semidecíduas – as chamadas “cordilheiras” – além de inúmeras lagoas permanentes e temporárias (Alho *et al.* 1987). A principal atividade econômica é a pecuária.

Métodos

Desenvolvimento do equipamento

O dispositivo usado no presente trabalho foi uma adaptação do que fora usado por Mourão e Medri (2002) e Camilo-Alves e Mourão (2006), os primeiros pesquisadores a reportar monitoramento de fauna com GPS, utilizando um receptor GPS de navegação convencional. O equipamento consiste em um receptor de mão, Geko 201[®] (Garmin, Inc. Olathe, Kansas, EUA), conectado a uma fonte externa de energia composta por quatro pilhas alcalinas tamanho D (dois conjuntos paralelos de duas pilhas em série), e um radiotransmissor VHF produzido pela ATS (Advanced Telemetry Systems, Inc, Isanti, Minnesota, EUA), modelo A2660 glue on (sem colar). Os componentes eletrônicos foram todos acondicionados em caixas de cano PVC moldadas com calor e seladas com silicone para evitar infiltração de água e danos causados por choques mecânicos. O rádio VHF e o GPS foram firmemente presos um ao outro, de maneira a garantir que o GPS não se perderia ao se soltar do animal ou do resto do sistema.

GPS colares convencionais são inadequados para prender nos finos e relativamente delicados pescoços dos veados campeiros. Conseqüentemente, baseados num espécime taxidermizado, desenvolvemos um colete feito com tecido elástico (brim elastano e lycra – Figura 1), por meio do qual o GPS e demais componentes poderiam ser presos aos

⁴ Base de pesquisa da Embrapa Pantanal

animais. O desenho do colete não restringia a movimentação dos membros e mantinha o abdome livre. O GPS e o rádio VHF eram posicionados num bolso dorsal, ao passo que os conjuntos de pilhas eram posicionados em bolsos laterais, um de cada lado. O conjunto pesava aproximadamente 950g (450g das pilhas, 88g do receptor GPS, 18g do radiotransmissor e o restante do colete em si).



Figura 1 – Veado campeiro, macho adulto, logo após a recuperação dos efeitos da anestesia. É possível visualizar dois bolsos, o de baixo carregando pilhas e o de cima carregado o GPS e o radiotransmissor.

Os dados das localizações são armazenados na memória embutida do receptor GPS e recuperados somente quando o equipamento é resgatado. Para facilitar o resgate, nós usamos um sistema original e tecnologicamente simples de provocar a soltura automática do equipamento do corpo do animal: o colete era amarrado ao corpo através de uma tira de látex – soro, garrote ou tripa de mico – a qual durava, nas condições de campo, aproximadamente 30 dias antes de apodrecer e arrebentar. Quando isso ocorre, o animal se despe do colete sozinho. Esse sistema permite recuperar o equipamento sem a necessidade de nova captura e novos riscos à saúde do animal – uma importante inovação em relação ao equipamento utilizado por Mourão e Medri (2002).

GPS colares convencionais são, normalmente, programados para obter localizações por intervalos de tempo especificados pelos usuários. Cada tentativa de obter um ponto dura entre 60-180 segundos (Merril e Mech 2003, Gau *et al.* 2004, Cain III *et al.* 2005) e durante o intervalo entre tentativas o receptor GPS permanece desligado. Aumentar o intervalo entre localizações permite que o equipamento tenha vida útil das baterias mais longa. Dessa maneira, pesquisadores devem lidar com o *trade off* entre duração total do período de monitoramento e a intensidade da agenda de localizações.

Nosso sistema adaptado não executa esses ciclos em “modo de espera⁵” no qual o consumo de energia é irrisório. Por conseqüência, para um dado conjunto de pilhas, a vida útil independe do intervalo de localizações. A agenda de localizações é programada pela função “trilha⁶”, na qual o usuário define o intervalo com que o receptor armazena pontos sucessivos ao longo da trilha percorrida pelo animal. O tamanho da amostra é limitado em 10 mil pontos pela

⁵ *Stand by*

⁶ *Track*, se o sistema operacional estiver configurado para o Inglês.

memória embutida do Geko 201. Os dados de localizações – compostos por coordenadas geográficas, hora, data e altitude – são armazenados no aparelho e depois baixados no computador após recuperação do equipamento.

Coleta de dados

Monitoramento dos veados-campeiros: entre dezembro de 2005 e outubro de 2006, nós capturamos 20 veados-campeiros na área de estudo (licenças números # 26/2005 e 032/2005, fornecidas pelo IBAMA, referentes aos processos nº 02014.001890/2005-66 e nº 02014.002008/05-00, respectivamente), dardando-os de carros, quadriciclos ou a pé, com o uso de uma pistola de ar comprimido Distinject® (Zurique, Suíça), modelo 35. O método de captura foi pormenorizadamente descrito em Piovezan *et al.* (2006). Os animais foram imobilizados com uma dose intramuscular de Telazol® (associação 1:1 de hidrocloreto de tiletamina com hidrocloreto de zolazepam; Fort Dogde Laboratories, Inc, Fort Dogde, Iowa, EUA) (n=8) ou uma combinação de Telazol com hidrocloreto de xilazina (Rompum®; Bayer AG, Leverkusen, Alemanha) numa dose 2:1 (n=12), usando hidrocloreto de ioimbina como antagonista da xilazina.

Após completamente imobilizados, os animais foram pesados, medidos e marcados com brincos plásticos numerados presos a coleiras de couro⁷. Amostras de sangue e ectoparasitas foram coletadas a fim de colaborar com estudos paralelos executados com a espécie na mesma área. Durante todo o procedimento, monitoramos os sinais vitais dos animais continuamente e, ao término do manuseio, observamos os animais a distância, até que se recuperassem dos efeitos da anestesia, deslocando-se com equilíbrio por mais de 20m. Todos os procedimentos de captura seguiram as recomendações das ‘Diretrizes para captura, manuseio e cuidado de mamíferos’ conforme aprovado pela Sociedade Americana de Mamalogistas (Animal Care and Use Commitee 1998). Com exceção de um animal, todos os veados campeiros capturados foram equipados com o colete GPS-VHF modificado.

Monitoramento dos veados campeiros silvestres: nós programamos os receptores GPS para obter uma localização a cada 5 minutos (exceto pelos dois primeiros veados capturados, para os quais o intervalo foi de 10 minutos). Sempre que o contato com pelo menos três satélites era perdido, o receptor reiniciava uma nova rotina de localizações no exato momento da recuperação do sinal. Dessa forma, sempre que o sinal fosse perdido momentaneamente, o receptor GPS super mostraria um ponto e reiniciaria um novo ciclo de localizações a cada 5 minutos; contudo, se o sinal fosse perdido por um longo período, o GPS não amostraria esse período de contato cego.

Teste de acurácia. falta de acurácia espacial é um tipo de erro compartilhado por vários sistemas de telemetria. No entanto, desde que a disponibilidade seletiva (S.A.) foi desabilitada, em maio de 2000 (Lawler 2000), sistemas baseados em tecnologia GPS passaram a ser considerados os mais acurados disponíveis para localização remota de animais (Hulbert 2001, Rodgers 2001, Frair *et al.* 2004). Se a acurácia do sistema é suficiente ou não, isso dependerá das características da espécie estudada, dos tipos de ambientes na área de estudo, da escala espacial do trabalho e dos tipos de questões abordadas. Mesmo com todas essas considerações, acessar a acurácia é essencial para evitar a má interpretação dos dados. A acurácia esperada das localizações para os receptores GPS Geko 201 usados neste estudo é de 15m (raiz da

⁷ Os brincos eram do tipo usado para marcação de bovinos e as coleiras eram coleiras caninas convencionais.

média dos quadrados⁸). Tendo em vista que as unidades de receptores acopladas nos animais foram acondicionadas dentro de caixas de PVC e que a orientação da antena não era exatamente vertical (na realidade, estava mais próxima de 45° graus em relação ao solo), nós optamos por testar a acurácia dos aparelhos em condições semelhantes àquelas experimentadas quando presos aos animais. Para tanto, colocamos o conjunto sobre um marco geodésico localizado na Fazenda Nhumirim, mimetizando a orientação de antena experimentada quando sobre um veado campeiro em pé. O marco geodésico estava localizado em pastagem aberta, sem nenhuma obstrução em relação ao céu. Esse procedimento foi realizado duas vezes, uma em abril e outra em junho de 2006, programando a unidade para registrar uma localização a cada 5 minutos por um período de até 72 horas cada vez.

Análise dos dados

Volume de dados: analisamos somente os dados dos animais que acumularam séries mais longas que 4 dias. Essa duração assegura três réplicas do ciclo diário para cada animal, uma vez que descartamos as primeiras 24h após a captura para evitar analisar comportamentos afetados pela anestesia. Calculamos o número total de localizações e tempo de monitoramento para cada animal.

Medida da acurácia. não utilizamos nenhum tipo de correção diferencial dos dados para melhorar a acurácia dos dados. O erro de cada localização foi calculado pela equação 1, como a Distância Euclideana da localização observada em relação a localização real,

$$\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad (1)$$

onde Δx e Δy são a distância em metros das coordenadas horizontal e vertical do marco geodésico em relação às coordenadas horizontal e vertical gravadas pelo GPS estacionário. Porque normalmente o erro de GPS tem uma distribuição log normal, nós usamos as medidas dos percentis 50% e 95% e do erro máximo para descrever a distribuição do erro. Os valores do percentil de 95% e erro máximo foram usados como referências para assinalar um valor limite de deslocamento significativo. Se localizações consecutivas estiverem mais distantes do que este limite o animal é considerado ativo. Se estiverem mais próximas do que o valor limite, o animal é considerado inativo. Nós chamamos este valor de tampão de atividade⁹.

Taxa de ponto: taxa de pontos obtidos com sucesso, ou simplesmente taxa de ponto, é normalmente definida como o número de localizações obtidas dividido pelo número de tentativas de obter localizações, de acordo com o esperado pelo protocolo. Variação espacial e temporal não randômica na chance de se obter uma localização pode ser causada por características da vegetação (Rempel *et al.* 1995, Moen *et al.* 1997, D'Eon *et al.* 2002, Di Orio *et al.* 2003), pela topografia do local (Dussault *et al.* 1999, D'Eon *et al.* 2002), pela atividade do animal (Bowman *et al.* 2000, Moen *et al.* 2001, D'Eon e Delparte 2005, Graves e Waller 2006), ou mesmo pela duração do intervalo entre localizações (Cain III 2005). Como essa variação pode influenciar a interpretação dos dados em diversas maneiras, alguns modelos de correção

⁸ *Root Mean Squared (RMS)* é uma medida de dispersão de valores que varia de negativo a positivo, usada pela Garmin[®] para representar o erro de seus produtos. No presente caso corresponde à raiz quadrada da média dos erros ao quadrado. É sempre igual ou um pouco maior do que o erro médio.

⁹ Tradução proposta para o conceito de *activity buffer*



foram testados com o intuito de reduzir os impactos desse tipo de viés nas conclusões ecológicas (Johnson *et al.* 1998, Rettie e McLoughlin 1999, Frair *et al.* 2004). Nesse estudo, nós definimos a taxa de pontos obtidos com sucesso como o número de localizações obtidas dentro do intervalo programado, dividido pelo número total de localizações, i.e., a porcentagem de pontos que estão dentro do intervalo programado. A diferença relevante reside no fato de que nosso equipamento pode armazenar pontos tanto em intervalos mais curtos quanto mais longos do que o programado, enquanto a maior parte dos GPS colares envia seus dados exclusivamente ao perder pontos em parte de suas tentativas, armazenando novas localizações em intervalos mais longos do que o desejado pelo usuário.

Conforme discutido previamente, nós assumimos que localizações sucessivas na mesma posição – ou mais próximas do que o tampão de atividade – representam comportamento inativo, e não que o animal tenha se deslocado e retornado à mesma posição ao longo do período entre os pontos. Assim, pudemos corrigir os dados inserindo novos pontos de mesma coordenada nas lacunas de sinal de GPS que ocorreram durante turnos de inatividade. Executamos esse procedimento sempre que a lacuna foi mais longa do que duas vezes o intervalo programado. Da mesma forma, removemos pontos super-amostrados (com intervalos mais curtos do que o programado), sempre buscando manter o número de localizações/hora entre 11-13 para os GPS programados para os GPS que foram programados para obter localizações a cada 5 min, e entre 5-7 para os GPS programados para obtê-las a cada 10 min. Nós nos referimos à taxa de ponto obtida após a correção como “taxa de ponto corrigida”. Verificamos o efeito da atividade sobre a taxa de ponto (antes e depois da correção) através do teste *t* pareado usando os dados transformados por uma função $y = \arcsen(\text{raiz}(x))$ (Zar 1999). Apresentamos, ainda, uma outra medida similar de eficiência, chamada aqui de “taxa de tempo” e calculada como a proporção do tempo total de monitoramento em que o animal esteve, de fato, sendo monitorando. Esse cálculo desconta do período entre a primeira e a última localização da série de dados, as lacunas de monitoramento superiores a dois intervalos programados.

Avaliação do protocolo de coleta: distâncias percorridas ao longo de um dado período de tempo são estimadas como uma linha ligando as localizações obtidas pelo receptor GPS na sua ordem cronológica. Dessa maneira, elas são estimativas mínimas da rota efetivamente percorrida pelo animal (Harris *et al.* 1990b, Reynold e Laudre’ 1990, Merrill e Mech 2003). Quanto menor o intervalo entre os pontos (ou quanto maior o número de pontos/dia), maior deveria ser a aproximação entre a estimativa e a distância real percorrida. Nós utilizamos a função assintótica: $y = x/(ax - b)$

$$y = \frac{x}{(ax - b)} \quad (2)$$

proposta por Pépin *et al.* (2004) para modelar a relação entre a razão distância estimada/ distância realmente percorrida por dia e o número de localizações por dia. Essa função assume que, além do valor assintótico (o qual é matematicamente definido como $y_{\text{assint}} = 1/a$), uma diminuição no intervalo entre localizações não aumenta a estimativa da distância percorrida. Devido à forte heterocedasticidade de nossos dados, ao invés de transformar os dados ($y' = 1/y$ e $x' = 1/x$) para uma função linear (i.e. $y' = a - bx'$), nós usamos um modelo não linear para estimar diretamente os parâmetros da equação original de Pépin *et al.* (2004).



Para aplicar a função, cada conjunto de dados referente a um ciclo completo de 24 horas, dos nove animais monitorados com agenda de 288 localizações diárias, foi sub-amostrado para criar novos conjuntos com 144, 96, 72, 48, 24, 8, 6, 4, 2 e 1 localização por dia (n) (Reynolds e Laundre' 1990, Pépin *et al.* 2004). Novos protocolos tinham intervalos resultantes mais longos, correspondendo a múltiplos do intervalo original (i.e. 10, 15, 20, 30 min, 1, 2, 3, 4, 6, 12, 24 horas). Os valores de distância calculados com base no protocolo de 288 pontos/dia foram definidos com a distância 'real' percorrida pelo animal num dia. Todas as distâncias registradas pelos protocolos menos intensivos de coleta foram convertidas para percentagens da distância real, dividindo-as pelo valor de distância percorrida obtido pelo respectivo conjunto completo de coleta. Doravante, esses valores serão sempre referidos como distância registrada/real.

As estimativas das distâncias percorridas para cada nível de sub-amostragem foram efetuadas de acordo com as seguintes equações:

$$D_{est} = D_n \times k_n \quad (3)$$

$$k_n = y_{assimp} / y_n \quad (4)$$

onde D_{est} é a estimativa da real distância percorrida e D_n é a distância registrada no mesmo ciclo de 24h com um dado n . O fator de correção k_n , calculado para cada nível de sub-amostragem (n) corresponde à razão entre valor assintótico de y (y_{assint}) e o valor de y ajustado para o respectivo nível de sub-amostragem, de acordo com a equação 2. O cálculo de D_n descarta os movimentos entre localizações mais próximas do que o limite do tampão de atividade, usando, assim, somente as distâncias entre localizações ativas.

Nós comparamos a variação da média e desvio padrão da distância registrada/real ao longo dos diferentes níveis de sub-amostragem, juntando os dados dos nove indivíduos. Na seqüência executamos correlações entre distâncias registradas *versus* distâncias realmente percorridas a fim de mensurar a degradação do índice de deslocamento gerado por cada protocolo, ou seja, a perda de acurácia e precisão da estimativa de deslocamento diário decorrente do aumento do intervalo entre localizações. A significância da correlação foi testada através de teste t (Zar 1999). Finalmente aplicamos o fator de correção para estimar os dados de distância percorrida por dia para os veados OB02 e OB03, os quais foram monitorados com intervalos de 10 min entre as localizações.

Medimos as taxas de atividade por hora, tanto como a razão entre localizações ativas e o número total de localizações para uma dada hora quanto como a distância percorrida durante o mesmo período. Os dados foram sub-amostrados obtendo-se intervalos de 10, 15, 20, 30 e 60 minutos e recalculando-se os mesmos índices de atividades para os novos protocolos. Utilizamos a Anova de medidas repetidas para testar diferenças na atividade média dos nove veados utilizando-se diferentes protocolos amostrais. A transformação arcseno foi conduzida nos valores percentuais (Zar 1999).

Comparação do custo-benefício com outros estudos: A maioria dos GPS colares disponíveis atualmente podem armazenar localizações em vários protocolos definidos pelo usuário e, mais além, aqueles modelos que incorporam um *link* de comunicação em dois sentidos entre usuário e colar permitem que o usuário mude remotamente a frequência com que o receptor armazena pontos (Rodgers 2001). As baterias são os componentes mais relevantes para a definição de tamanho e peso do conjunto, bem como a duração de sua operacionalidade.

Nesse contexto, comparações entre modelos de GPS colares deveriam levar em conta o montante de localizações que eles são capazes de armazenar e o peso total do equipamento. Portanto, para comparar o custo-benefício do nosso dispositivo modificado com os equipamentos mais utilizados atualmente, nós não utilizamos valores de preços unitários dos colares, mas, sim, uma estimativa dos custos por localização adquirida, tanto em termos monetários (expresso em dólares), quanto em termos de peso do equipamento (expresso em gramas).

A quantificação do custo de aplicação do equipamento utilizado neste estudo levou em conta a rubrica gasta com todo o material usado para executar a modificação de 19 unidades acopladas em animais, somada aos custos dos receptores GPS e rádios transmissores consumidos até estragarem ou acabarem suas baterias. Adicionalmente, nós incluímos, nos custos finais, o valor da mão de obra, estimada em horas de trabalho em laboratório para o desenvolvimento e execução da peça (com base no valor de remuneração de um bolsista de mestrado no Brasil).

Para comparação com demais estudos, nós revisamos os fascículos entre janeiro de 2000 e dezembro de 2006 de 14 grandes periódicos científicos que tratam de tópicos ecológicos e zoológicos relacionados a mamíferos (tabela 1). Selecionamos todos os artigos que utilizaram GPS radiotelemetria para acessar qualquer tipo de informação e identificamos os quatro fabricantes mais utilizados. Contatamos cada fabricante para orçar preços unitários dos modelos adequados para a faixa de peso e tamanho de veado campeiro, e dividimos esse valor pelo número estimado de localizações que o colar é capaz de adquirir em uma agenda de coleta semelhante à nossa (intervalo inferior a 15 minutos). Isso nos forneceu um custo esperado por ponto para ser usado de medida de comparação.

Tabela 1 – Periódicos cobertos pela revisão de literatura de janeiro de 2000 a dezembro de 2006

Periódicos	Volumes
American Naturalist	155-168
Austral Ecology	25-31
Biological Conservation	92-135
Canadian Journal of Zoology	78-84
Conservation Biology	14-20
Ecological Monographs	70-76
Ecology	81-87
Journal of Animal Ecology	69-75
Journal of Applied Ecology	37-43
Journal of Ecology	88-94
Journal of Mammalogy	81-87
Journal of Wildlife Management	64-70
Journal of Zoology	250-270
Mammal Review	30-36
Oecologia	122-150
Oikos	88-115
Wildlife Society Bulletin	28-34



Todas as análises foram executadas no pacote estatístico Systat 11 (Wilkinson 2004).

Resultados

Coleta de dados e performance

Oito dos 19 colares colocados em campo falharam em obter série de dados mínima (i.e., mais do que quatro dias), devido a falhas de contato no circuito elétrico ou ajuste ruim do colete ao corpo dos animais, resultando no desligamento do GPS ou na soltura prematura do equipamento do animal. Dois animais se livraram do colete logo após recuperarem-se da anestesia e um colete caiu do animal apenas dois dias após a captura. O peso dos coletes variou de 2,5-4,2% da massa corpórea dos animais que os utilizaram e os únicos efeitos negativos registrados foram perda de pelo nas partes de maior atrito do tecido com o corpo.

A fêmea OB10 foi encontrada morta em 17 de outubro de 2006 e, após análises dos dados do GPS, foi possível determinar que a morte ocorreu doze dias após a captura, com súbita parada de deslocamento após longo turno ativo. Tendo em vista que o corpo foi encontrado somente 20 dias após a morte, não pudemos determinar se a morte esteve relacionada à captura, ao equipamento, causada por predação ou qualquer outro motivo.

Relativamente aos 11 animais cujos dados ultrapassaram quatro dias de coleta, nós adquirimos um total de 31.596 localizações, as quais representam mais do que 2.888 horas (120 dias) de monitoramento contínuo. Períodos de monitoramento de um mesmo animal variaram de 4,5 a 17,4 dias (tabela 2). A distância média percorrida diariamente foi de $3,09 \pm 1,67$ km, variando entre indivíduos ($r^2=0,36$; $F=5,439$; $d.f.=10:94$; $P<0,001$) mas não entre sexos.

Tabela 2 – Informações gerais sobre os 11 veados campeiros do Pantanal Central do Brasil dos quais obtivemos série mínima de dados.

Veado		Data de captura	Intervalo programado entre pontos	Número de localizações	Período de monitoramento(hr)	Distância percorrida por dia (m) ^a	Porcentagem do tempo ativo por dia
No.	Sexo						
OB02	M	09-02-06	10 min	650	108.683	3504±1015 ^b	43.2
OB03	M	24-03-06	10 min	1018	170.65	1720±633 ^b	43.7
OB05	M	04-05-06	5 min	2049	170.667	2225±527	26.4
OB06	F	05-05-06	5 min	1615	133.917	1394±784	19.7
OB09	M	06-07-06	5 min	5044	418.7	2209±1205	23.3
OB10	F	02-08-06	5 min	3572	301.417	2955±1202	24.3
OB12	M	10-08-06	5 min	2233	185.717	2864±1711	24.1
OB13	M	15-09-06	5 min	4849	402.383	4706±1757	45.3
OB14	F	16-09-06	5 min	3688	311.283	3136±1872	26.4
OB15	M	18-09-06	5 min	3649	415.65	4404±1357	37.1
OB20	M	25-10-06	5 min	3229	268.867	2796±1293	31.2

^a Inclui somente ciclos completos de 24 horas

^b Distância percorrida diariamente corrigida para 5min de acordo com Pépin *et al.* 2004.

O percentil 50% da distribuição dos erros de localização para cada GPS estacionário posicionado sobre o marco geodésico foi de 2.53 e 2.40 metros, ao passo que o percentil 95% foi de 3.57 e 4.64 metros respectivamente. Os erros máximos registrados foram de 5.41 e 5.72 metros. Nesse sentido, conservativamente, nós definimos o valor limite do tampão de atividade como sendo de cinco metros.

As taxas gerais não corrigidas de ponto e tempo foram de 97.8% e 98.6%, e a menor taxa de ponto para um dado animal foi de 94.5%. De todas as localizações, 1.4% (427) foram armazenadas num intervalo mais curto do que o programado e 0.8% (246) num intervalo mais longo (tabela 3).

Oitenta e dois por cento (555) de todos os pontos obtidos fora do intervalo programado ocorreram durante turnos inativos, conseqüentemente a taxa de ponto foi inferior em animais inativos ($t_{\text{pareado},10} = -4,386$; $P = 0,001$). Nós aplicamos a correção sobre as localizações durante comportamento inativo removendo o viés causado por comportamento ($t_{\text{pareado},10} = -1.837$; $P = 0.096$) e ampliando as taxas de ponto e tempo para 98,5% e 99,6% respectivamente (tabela 3). Após essa correção, a porcentagem das horas monitoradas que tiveram entre 11 e 13 pontos (5-7 para os veados OB02 e OB03) também subiu de 95,8% para 98,4%.

Tabela 3 – Taxa de ponto e tempo antes e após correções dos pontos durante turno inativo de veados campeiros no Pantanal Central do Brasil

Veado	Taxa de ponto (%)		Taxa de tempo (%)	
	Não corrigida	Corrigida	Não corrigida	Corrigida
OB02	98.921	98.926	99.1	100
OB03	99.802	99.805	99	100
OB05	100	100	100	100
OB06	96.962	98.073	99.2	99.8
OB09	98.354	98.907	99.8	100
OB10	97.536	98.135	97.6	99
OB12	99.642	99.641	100	100
OB13	98.247	98.883	99.5	100
OB14 ^a	94.494	96.476	98.2	99.1
OB15 ^a	96.025	97.086	72.0	98 ^b
OB20	99.907	99.907	100	100

^a Animais com ajuste precário do coleto ao corpo e, portanto, antena orientada na horizontal.

^b GPS perdeu o sinal de satélite por quatro dias, recuperou e voltou a operar normalmente por cinco horas a mais antes de ficar sem baterias. Nós descartamos essa série final de dados após a perda do sinal.

Uma curva assintótica foi ajustada aos dados de distância percorrida em 95 ciclos completos de 24 horas de monitoramento, reunindo todos os 11 veados monitorados (figura 2, $R[\text{obs vs previsto}]^2=0.67$), bem como aos dados separados por animal monitorado. O valor assintótico para os dados reunidos foi de $91,2 \pm 1,25\%$ da real distância percorrida (assíntotas por animal variaram de 89,0% a 92,6%). Nesse sentido, mesmo depois de aplicar o fator de correção nos valores registrados de distâncias percorridas com amostragens menos intensivas – o qual é sensível ao valor da assíntota – as estimativas de distância tendiam a subestimar a real distância percorrida (Figura 3a). Análise visual da

figura 3a sugere que a acurácia não altera muito com decréscimo no número de localizações/dia, contudo a precisão (variabilidade) das estimativas reduz-se substancialmente com intervalos mais longos. Mesmo assim, as estimativas de distância percorrida diariamente nos 95 ciclos completos de 24horas de monitoramento mantiveram-se significativamente correlacionadas com a real distância percorrida em todos os níveis de sub-amostragem (r^2 variando de 0.99 [10 min de intervalo] até 0,32 [24horas de intervalo]) (figura 3b).

Padrões de atividade por hora descritos na forma de taxa de localizações ativas e distância percorrida por hora mantiveram formato similar à medida que o intervalo entre pontos aumentou. Considerando cada veado como uma réplica, maiores valores de atividade foram registrados durante o dia do que à noite ($t_{\text{pareado},10} = -3,578$; $P=0.005$), com picos de atividade sincronizados com a alvorada e o ocaso (maior atividade de todo o ciclo) e um longo turno de inatividade durante a segunda metade da madrugada (3-5 horas da manhã). Embora as proporções de atividade entre as horas do dia – formato do padrão de atividade – não mudaram muito com os diferentes protocolos, nós verificamos uma tendência no aumento da atividade média registrada em todos os horários nos protocolos menos intensivos ($F=655$; $d.f.=1:50$; $p<0,001$), mas nenhuma tendência no que tange à distância percorrida por hora ($p>0,95$). O teste de hipóteses da anova de medidas repetidas indicou que todas as agendas de coleta apresentaram diferentes médias de atividade (Figura 4).

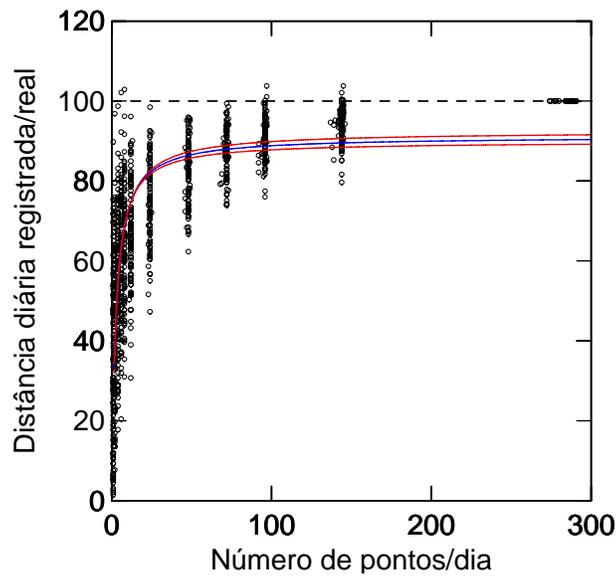


Figura 2 – Distância diária registrada/real durante ciclos completos de 24 horas de monitoramento sub-amostrados em diferentes intensidades. A distância de referência (100%) é obtida com 288 pontos (5 min de intervalo). A função assintótica ajustada é dada com seu intervalo de confiança de 95% (linhas vermelhas). Ela foi determinada pela equação $y = x / (1.097[\pm 0.015] * x + 2.890[\pm 0.191])$. Os dados do protocolo de 288 pontos foram incluídos na estimativa dos parâmetros. Os dados envolvem 95 ciclos completos de 24 horas de 11 animais para cada nível de sub-amostragem. Pantanal Central do Brasil, estação seca de 2006.

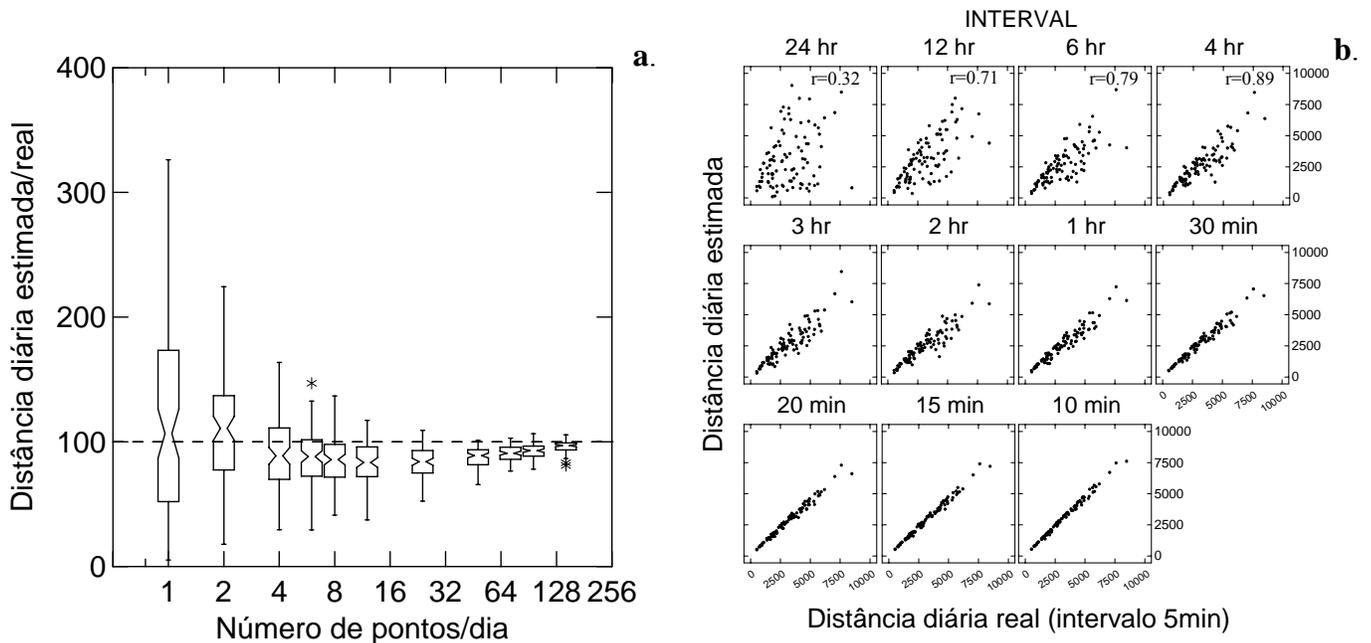


Figura 3 – Correção da distância diária registrada. (a) Razão entre as distâncias estimadas e a real distância percorrida durante ciclo completo de 24 horas de monitoramento para protocolos de diferentes intensidades. (b) Plots de correlações entre a distância real (obtida com protocolo de 288 pontos/dia ou 5 min de intervalo) e distância registrada com cada nível de sub-amostragem aplicado. Dados envolvem 95 ciclos completos de 24 horas de 11 animais para cada nível de sub-amostragem. Pantanal Central do Brasil, estação seca de 2006.

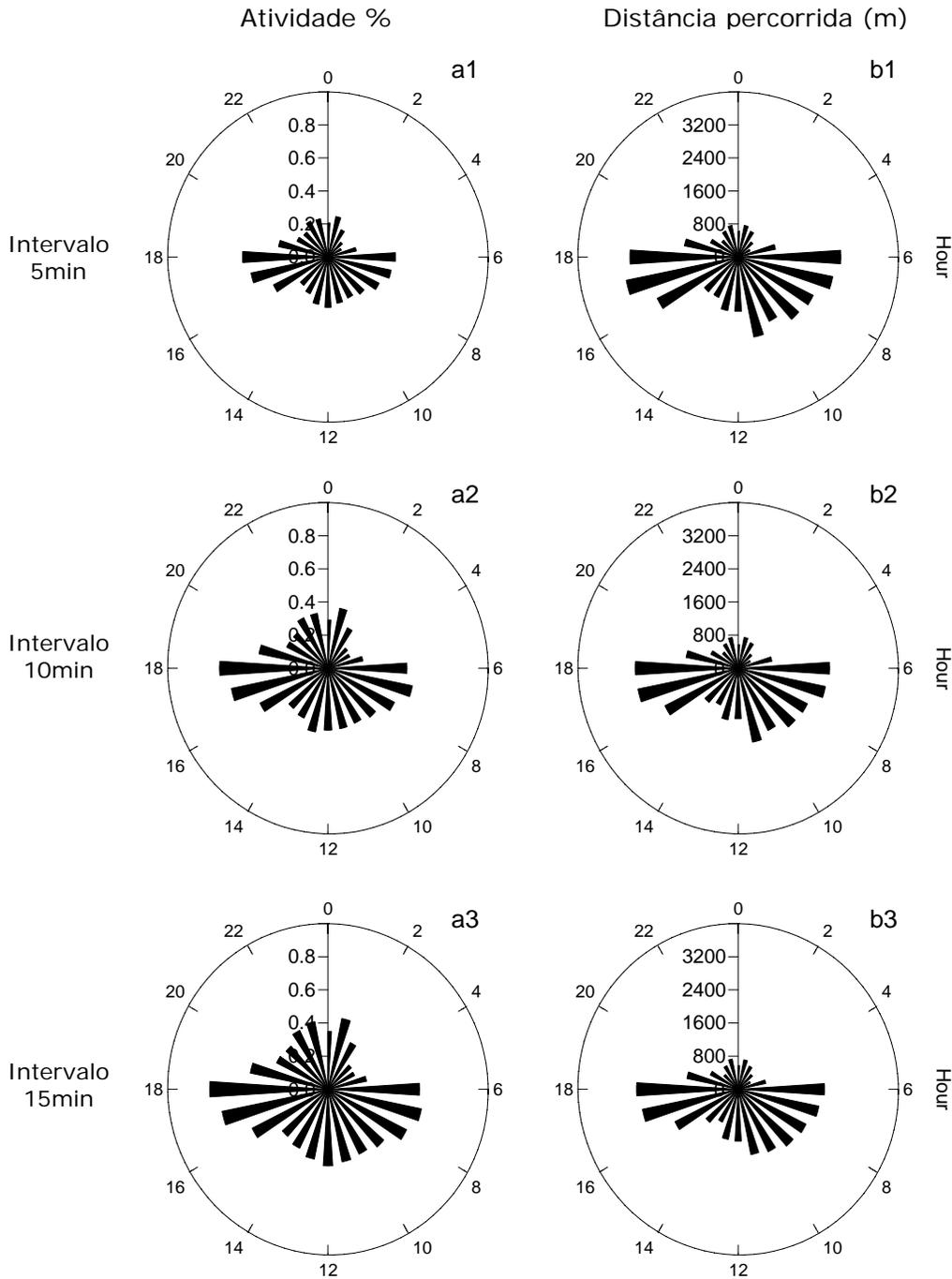


Figura 4. Atividade horária (a – porcentagem de pontos ativos; b – distância percorrida em metros) de veado campeiro no Pantanal Central do Brasil, em diferentes protocolos de coleta obtidos com sub-amostragem do conjunto original com intervalo de 5 minutos. Valores são médias das médias obtidas para cada um dos animais monitorados. Nascer do sol local entre 5:00h e 6:33h e ocaso local entre 17:16h e 18:30.

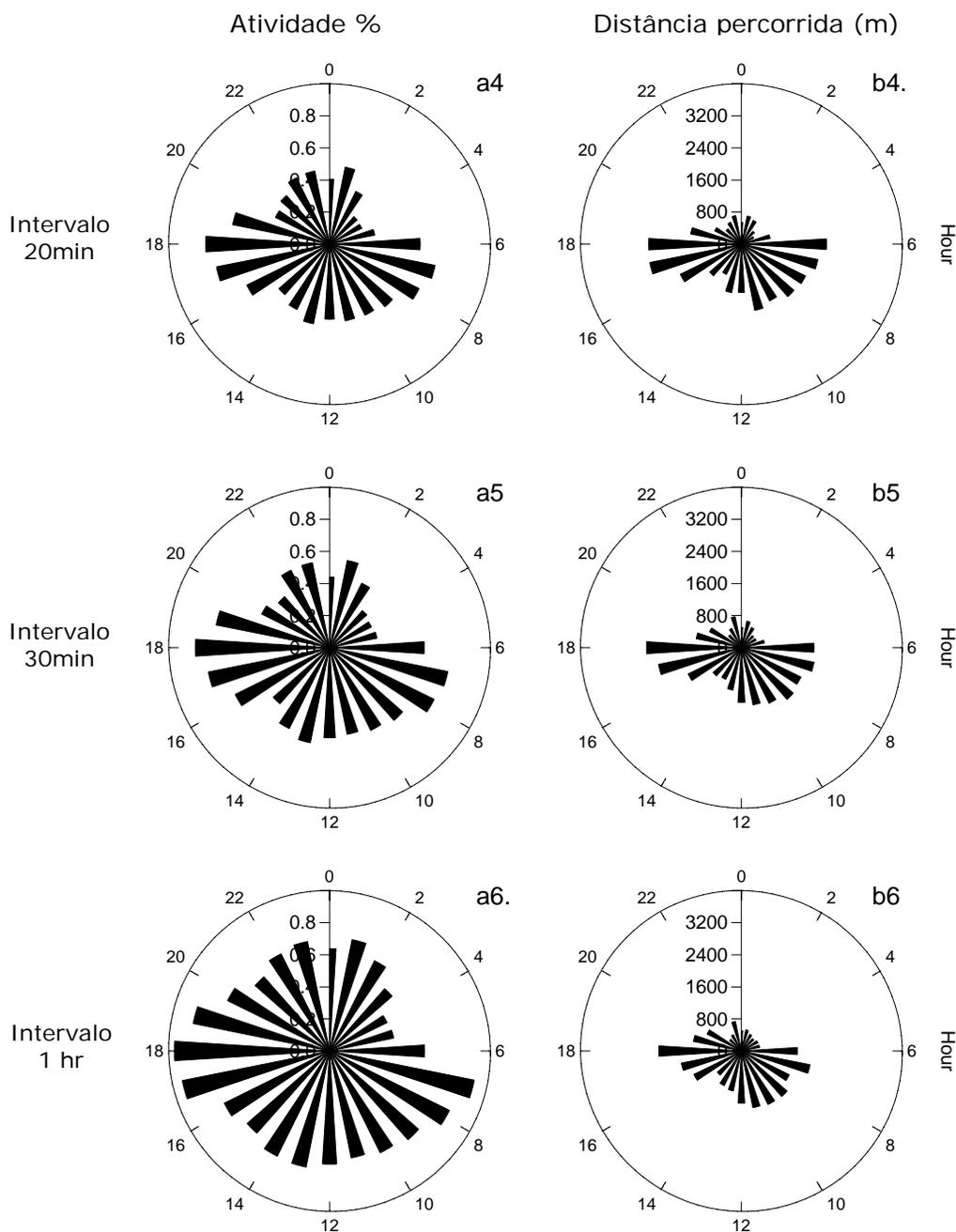


Figura 4 (cont). Atividade horária (a – porcentagem de pontos ativos; b – distância percorrida em metros) de veado campeiro no Pantanal Central do Brazil, em diferentes protocolos de coleta obtidos com sub-amostragem do conjunto original com intervalo de 5 minutos. Valores são médias das médias obtidas para cada um dos animais monitorados. Nascer do sol local entre 5:00h e 6:33h e ocaso local entre 17:16h e 18:30.

Avaliação do custo-benefício

Ao longo do estudo, nós utilizamos cinco receptores GPS e seis radiotransmissores. Ao final da pesquisa, três GPS estavam corrompidos por oxidação ou avarias mecânicas e o consumo em dias de uso de radiotransmissores correspondeu a expectativa de vida de três aparelhos. Os dois receptores GPS e os três radiotransmissores que permaneceram disponíveis para pesquisas futuras não foram incluídos no custo de material deste estudo. Cada unidade custou aproximadamente US\$24 em material não reutilizável (tecido, fios, canos, parafusos e pilhas), mais US\$30 para 12 horas de trabalho de um estudante brasileiro de mestrado. Somando-se os custos de 19 coletes (54 x 19 = US\$ 1,026) ao custo dos GPS (US\$375) e dos radiotransmissores (US\$495) quebrados, nós estimamos um custo final de US\$1,896 para colocar 19 coletes adaptados em veados campeiros e obter 31.596 localizações. Finalmente, o custo por ponto foi de 6.0 centavos de dólares (tabela 4).

Dez das 17 revistas revisadas apresentaram estudos reportando o uso de equipamentos de GPS radiotelemetria e um total de 47 artigos publicados entre 2000 e 2006 foram encontrados. Destes, todos os estudos com exceção de três foram conduzidos na América do Norte (Canadá e EUA) ou Europa (Escócia, Finlândia, Suécia e França). As exceções eram duas pesquisas realizadas no Brasil e uma no Botsuana, esta última conduzida por uma equipe de pesquisa britânica. Todos os artigos abordavam aspectos ecológicos de grandes carnívoros (7 *Ursus arctos*, 4 *Canis lupus*, 1 *Panthera leo*, 1 *Panthera onca*, 1 *Chrysocyon brachyurus*, 1 *Puma concolor*) ou grandes ungulados (7 *Rangifer tarandus caribou*, 5 *Odocoileus hemionus*, 5 *Odocoileus virginianus*, 5 *Cervus elaphus*, 4 *Alces alces*, 2 *Antilocapra americana*, 1 *Ovis canadensis*, 1 *Bison bison*) e, em oito estudos, GPS estacionários foram colocados em campo para testar taxa de ponto e acurácia de equipamentos em diversas condições de *habitat*.

Os fabricantes de GPS colares mais utilizados, segundo os 40 artigos que os mencionaram, foram Lotek, Inc. (15 artigos; Newmarket, Ontário, Canadá), ATS (em 12 artigos), Televilt (11 artigos; TVP Positioning AB, Lindesberg, Suécia), e Telonics, Inc. (5 artigos; Mesa, Ariz, EUA). Nenhum outro fabricante foi citado mais do que uma vez. Seguindo as recomendações dos próprios fabricantes do modelo mais adequado para um cervídeo do porte de um veado campeiro, ATS apresentou o colar mais barato, Televilt o produto com a melhor razão de ponto por grama, Lotek o colar mais leve disponível (tabela 4). O colar da Televilt foi o que apresentou melhor custo por ponto, nosso principal critério de avaliação de custo-benefício. Mesmo assim, o produto da Televilt apresentou custo por ponto >2X mais alto do que o nosso colete adaptado. No orçamento dos produtos, pedimos equipamentos com as configurações padrões mínimas, incluindo sistema de soltura automática, mas sem sistema de *download* remoto de dado e todos os acessórios adicionais como *software* e cabos específicos muitas vezes requeridos para baixar e analisar dados no computador.

Tabela 4 – Peso, estimativa de duração da bateria, número estimado de pontos capaz de adquirir, e preço por unidade dos modelos de GPS colar dos fabricantes mais utilizados e do colete GPS-VHF modificado usado neste estudo

Fabricante	Peso(g)	Duração estimada da bateria (dias)	Número estimado de ponto adquiridos	Preço (US\$)	Pontos por grama	Preço por ponto (US\$)
Lotek (3300s ^a)	285	26	5000	2248 ^d	17.5	0.45
ATS (G2110 ^b)	350	50	4800	1700	13.7	0.35
Televilt (Tellus 1D ^c)	600	164	20000	2822	33.3	0.14
Telonics(TGW3500 ^c)	750	30	4320	2400	5.8	0.56
Este estudo ^a	950	17	5000 ^d	-	5.3	0.06

^a Intervalo de 5min; ^b Intervalo de 15min; ^c Intervalo de 10min;

^d Número esperado de localizações com duração normal da bateria

Discussão

Avanços na tecnologia para monitoramento de animais silvestres têm levado à incorporação, cada vez maior, de dispositivos nos colares e, por consequência, maior peso para os animais. Até meados da década de oitenta, colares eram compostos basicamente de radiotransmissores VHF; ao longo dos anos foram sendo integrados novos componentes, tais como plataformas Argos (Harris *et al.* 1990a), receptores GPS (Rodgers *et al.* 1996), modems UHF (Rodgers 2001), e módulos GSM (Sistema Globam para telefonia móvel) (Sundell *et al.* 2006). Ressalte-se, contudo, que uma das maiores preocupações ao se acoplar tantos dispositivos nos animais deveria ser minimizar as injúrias e os possíveis efeitos do equipamento sobre o comportamento do animal monitorado (Murray e Fuller 2000).

Krausmann *et al.* (2004) reportaram a formação de úlceras, desde perda de pele até laceração de tecido muscular, em 72% e 90% dos veados mula (*O. hemionus*) e carneiros monteses (*Ovis canadensis*) equipados com GPS radiocolares. Essas lesões foram atribuídas ao formato circular e inflexível dos colares, peso elevado e presença de componentes rígidos situados dorsalmente. Apesar de estarem abaixo dos 5% da massa do animal portador, conforme preconizado por diretrizes éticas de pesquisa com animais (Animal Care Committee, 1998), nosso equipamento é mais pesado do que usualmente utilizado em cervídeos de médio porte. Por essa razão, nós optamos por desenvolver uma maneira de distribuir esse peso ao longo do dorso do animal com o intuito de minimizar efeitos adversos. O contato com componentes rígido e rebites foi evitado com o uso de camadas de espuma EVA (Etil Vinil Acetato). Como resultado, nenhum dos animais envolvidos nesse estudo apresentaram injúrias relevantes provocadas pelo equipamento.

A relativamente alta taxa de falha (42%) do nosso equipamento já era esperada para o processo de desenvolvimento e foi, em parte, devido à dificuldade de encontrar um ajuste apropriado ao corpo dos animais. Chegamos à conclusão de que o ajuste tendeu a ser melhor nos animais maiores e, por conseguinte, este desenho de coleto pode não ser apropriado para espécies menores de cervídeos neotropicais do gênero *Mazama*. Ressalte-se, contudo, que altas taxas de falha, variando de 25-40%, também são reportadas em estudos usando GPS radiocolares



comerciais (Merrill e Mech 2003, Gau *et al.* 2004, D'Eon e Serrouya 2005), resultando em grandes perdas de tempo e dinheiro.

A acurácia do equipamento usada nesse estudo foi melhor do que aquela especificada pelo manual do receptor GPS e semelhante àquela reportada pela literatura de monitoramento de animais com GPS (Hulbert e French 2001, D'Eon *et al.* 2002; Di Orio *et al.* 2003). Desde que a S.A. foi encerrada, em 2000, tem havido uma contínua modernização do sinal disponibilizado para uso civil. (Fontana *et al.* 2001) e a acurácia espacial de localizações não diferencialmente corrigidas tem alcançado níveis de resolução mais finos do que a maior parte dos mapas de disponibilidade de recursos (i.e., vegetação, topografia). Nesse contexto, a acurácia do Sistema GPS passou a ser uma fonte de erro menos preocupante (Frair *et al.* 2004). Com o desenvolvimento de equipamentos cada vez mais leves e a conseqüente aplicação da técnica de GPS telemetria em ampla variedade de espécies, especialmente os pequenos vertebrados, pesquisadores vão passar novamente a lidar com o problema da falta de acurácia espacial. Para a maior parte dos estudos, no entanto, especialmente aqueles referentes a uso de *habitat*, área de vida ou padrões de atividade e movimentação dirigidos a mamíferos médios e grandes, erros médios menores do que 10 metros não comprometerão o poder das conclusões que poderão ser obtidas dos dados.

No presente estudo, a interpretação da atividade foi baseada em deslocamento significativo ao invés de um sensor de movimento integrado no equipamento. Essa abordagem, é subsidiada pela alta acurácia das localizações de GPS, em comparação com rádio localizações. Acessar a acurácia das localizações de GPS nos permitiu evitar confundir o erro do sistema com deslocamento de curta distância e, dessa forma, enviesar nossas conclusões. Tendo em vista que os modernos sensores de atividades utilizados em GPS radiotelemetria são capazes apenas de distinguir comportamento ativo de inativo (Coulombe *et al.* 2006, Moen *et al.* 1996b), não identificando tipos de comportamento tais como descanso, vigília, forrageio, caminhada, nós acreditamos que nossa abordagem pode levar a resultados semelhantes sem requerer sobrecarga para os animais com os novos componentes nos GPS colares.

Viés na taxa de ponto é, contudo, um problema potencialmente mais sério para a GPS radiotelemetria, uma vez que leva a sub-amostragem de alguns *habitats*, animais ou comportamentos específicos. Os primeiros artigos a tratar desse assunto abordaram o problema colocando GPS estacionários em vários locais sob diversas condições de vegetação e topografia. Seus autores reportaram que algumas características de *habitats*, como densidade e altura da vegetação, reduzem a chance de obter uma localização com sucesso (Rempel *et al.* 1995, Moen *et al.* 1996a, Di Orio *et al.* 2003) e que o relevo interage positivamente com a densidade de copa reduzindo a taxa de ponto (D'Eon *et al.* 2002, Frair 2004). No entanto essas relações são fracas (Dussault *et al.* 1999, Biggs *et al.* 2001), e GPS colares acoplados em animais tendem a apresentar menores taxas de ponto do que GPS estacionários nas mesmas condições de *habitat* (Bowman *et al.* 2000, Dussault *et al.* 2001, Cain III *et al.* 2004), o que sugere que a maior parte da perda de informação não é relacionada aos atributos do ambiente. Apesar disso, muitos autores concordam que é relevante testar o desvio na taxa de ponto em novos *habitats* ainda não testados (Frair *et al.* 2004). Nós não realizamos este teste de variação da taxa de ponto causado por vegetação, pois veados campeiros são reconhecidos por evitar fortemente ambientes fechados, selecionando apenas ambientes nos quais a obstrução do sinal é mínima (Redford 1987, Leeuwenberg e Lara Resende 1994). Essa predileção por campos ficou inequívoca quando observamos a disposição das localizações no espaço.



Outros estudos fornecem evidências de que atributos do animal são fontes mais relevantes de viés. Moen *et al.* (2001) demonstrou que tentativas falhas de localização aumentaram de 12% em alces inativos para 38% em alces ativos, enquanto que, assim como ocorreu com nossos resultados, Bowman *et al.* (2000) e Graves e Waller (2006) reportam melhor performance em veados da cola branca e ursos quando ativos. A melhor performance em animais ativos pode ser explicada pelo fato de o receptor GPS estar mais próximo ao chão e, portanto, mais sujeito a obstruções, quando os animais estão deitados. Adicionalmente, orientações sub-ótimas da antena em animais repousando pode aumentar tanto o erro quanto a chance de perder a localização, sobretudo quando a antena está a $>90^\circ$ em relação ao céu (D'Eon e Delparte 2005). Obstrução do sinal pelo corpo do animal pode também explicar nosso resultado, assim como mostrado por Graves e Waller (2006), segundo os quais os ursos maiores e mais pesados apresentavam menores taxas de ponto. Nossos resultados indicaram que veados inativos têm probabilidade um pouco maior de perder pontos e este viés foi removido após correção proposta aqui.

Analisando os dados de 27 artigos revisados, Cain III *et al.* (2005), verificou que a taxa de ponto esteve inversamente relacionada com a duração do intervalo entre pontos, de maneira que melhores resultados foram obtidos em protocolos mais intensivos de monitoramento. A taxa de ponto reportada em nosso estudo é comparável com aquela apresentada na literatura e manteve-se acima da linha de regressão apresentada por Cain III *et al.* (2005), dentro do intervalo de confiança de 95%, mesmo antes da correção.

Frair *et al.* (2004) observou que 10% de perdas de pontos criadas por um modelo enviesado podem levar a 30-40% de probabilidade de causar erro tipo II nas conclusões acerca de seleção de unidades raras de *habitat*. Nesse sentido, nossa taxa de ponto e tempo acima de 96,4% e 98% para cada indivíduo deveria ser mais do que aceitável para estudos de seleção de *habitat* e padrões de atividade. O uso de taxa de tempo neste estudo é relevante devido ao fato de a taxa de ponto contabilizar apenas o número (ou proporção) de vezes em que a aquisição de uma nova localização não obedeceu ao programa estabelecido, não diferenciando a perda de sinal de minutos, horas ou dias, que seriam contabilizados apenas como um evento. Dessa maneira, a taxa de tempo contabiliza a proporção do tempo em que o animal foi de fato monitorado e parece ser uma métrica mais adequada para ser comparada com a taxa de ponto usualmente considerada na literatura.

Antes do avanço da GPS radiotelemetria, protocolos intensivos de monitoramento eram, por vários motivos, extremamente laboriosos, exigindo presença contínua da equipe de pesquisa em campo, não importando quais as condições de clima e luz ou a dificuldade de acessar os *habitats* do animal. Em vários estudos de telemetria, eram localizados uma vez por dia, em intervalos de aproximadamente 24 horas (Laundre' *et al.* 1987). Com GPS acoplados nos animais, o planejamento da agenda de localizações passou a ser uma decisão mais fácil de operar. Aspectos logísticos da coleta deixaram de ser uma preocupação e pesquisadores passaram a ser confrontados com a compensação entre intensidade e duração do monitoramento. Muitos estudos questionam que fatores possam influenciar o deslocamento diário dos animais (Reynolds e Laundre' 1990, Rodrigues, 1996, Fortin e Andruskiw 2003, Pépin *et al.* 2004). Deslocamento diário pode ser um índice útil de atividade em longos intervalos, tais como estações, duração de fotoperíodo, idade do animal ou fase reprodutiva do animal, bem como em comparações através de sítios diferentes.



Independentemente do intervalo entre pontos praticados, a distância percebida necessita ter uma relação consistente com a real distância percorrida para que o estudo seja significativo.

Nós encontramos forte correlação ($r > 0,5$) entre os movimentos percebidos com intervalos mais curtos que 12 horas e os reais movimentos baseados nos intervalos de 5 min entre localizações. A precisão das estimativas cai gradualmente com o crescimento, mas quando o intervalo entre localizações muda de 12 para 24 horas (2 para 1 localização diária) a força da correlação cai abruptamente para menos da metade (0,32), descrevendo uma relação relativamente fraca. Esses resultados diferem do encontrado por Laundre' *et al.* (1987), que relatam a ausência de correlação entre movimentos reais (obtidas com monitoramento intensivo) e percebidos com uma localização diária para pronghorns (*Antilocapra americana*), coiotes (*Canis latrans*) e *Anas platyrhynchos*. Reynolds e Laundre' (1990) encontraram relações mais fracas do que as nossas para intervalos variando de 1-12 horas para pronghorns e coiotes. A relação entre movimentos reais e estimados, a partir de intervalos longos, é dependente dos padrões de movimentos e horários das relocalizações. Se o animal tende a retornar sempre aos mesmos locais para descanso, ou cobrir a maior parte de sua área de vida a cada dia, protocolos menos intensivos tendem a perder a sua relação com a realidade. Adicionalmente, se as localizações coincidem sempre com o começo ou o fim do período ativo de animais com tocas, as localizações tendem a ocorrer num raio próximo à toca, subestimando o comprimento da incursão do animal sobre sua área de vida. Nossa sugestão é a de que uma localização diária não deve fornecer um bom índice para estimar deslocamento diário de veados campeiros no Pantanal Central do Brasil, uma vez que internaliza muita variabilidade no modelo. O fato de que adicionar uma localização a cada dia melhora substancialmente as estimativas reforça essa idéia.

Os resultados de nosso monitoramento intensivo indicam que o veado campeiro no Pantanal Central percorre diariamente $3,09 \pm 1,67$ km, distância esta maior do que a apresentada por Rodrigues e Monteiro-Filho (2000) de $2,19 \pm 0,25$ km na estação chuva e $1,49 \pm 0,15$ km na estação seca do Parque Nacional de Emas (Goiás). Contudo, quando analisamos o movimento com um intervalo mais grosseiro (24 horas), nossos animais deslocaram-se $0,84 \pm 0,60$ km, o que é menos do que o valor de estação seca em Emas. Embora Leeuwenberg e Lara Resende (1997) tenham medido deslocamento diário usando uma métrica diferente, seus achados gerais acerca do deslocamento diário de veados campeiros no Cerrado Central do Brasil (Distrito Federal) são mais semelhantes aos nossos dados do que aos dados do Parque Nacional de Emas (Rodrigues e Monteiro-Filho 2000).

Qualidade e disponibilidade de forragem é um fator que influencia significativamente a movimentação e a área de vida de cervídeos ao longo do espaço e tempo (Puttman 1988). Veados campeiros são considerados podadores seletivos (Rodrigues e Monteiro-Filho 1999, Berndt 2005), comendo principalmente flores, folhas novas de dicotiledôneas e rebrotas de plantas herbáceas. Mesmo nos Pampas Argentinos, onde sua dieta é largamente composta de gramíneas (Jackson e Giulietti 1988), os veados campeiros foram definidos como pastadores seletivos, por causa de sua preferência por ramos verdes na estação seca e rebrota sempre que disponível. Qualquer interpretação da movimentação de veado campeiro deveria levar em conta esses atributos de sua dieta para entender como essa espécie interage com seu ambiente.

Os campos do Pantanal Central, com suas inúmeras pequenas lagoas permanentes e temporárias, formam uma paisagem finamente fragmentada, especialmente sob a ótica de um forrageador seletivo como o veado campeiro. Durante

a estação seca, ramos verdes e rebrotas estão distribuídas ao redor das lagoas remanescentes ou nas porções mais baixas do terreno das lagoas temporárias secas, onde a umidade é retida por mais tempo. De agosto a outubro, quando a vegetação está em sua condição mais seca, fazendeiros renovam seus pastos tocando fogo em algumas porções. Veados campeiros foram freqüentemente vistos nessas áreas recém-queimadas (conforme também observado por Rodrigues 1996 e Berndt 2005), e os maiores grupos observados (10-12 indivíduos) foram vistos forrageando em pasto verde sobre solo úmido do fundo de lagoas temporárias recentemente secas. Nesse sentido, durante toda a estação seca, a forragem de alta qualidade preferida por veados campeiros está concentrada em pequenos fragmentos.

A teoria de forrageamento ótimo (MacArthur e Pianka 1966) atesta que a meta de todo forrageador é maximizar o ganho energético por unidade de tempo. Se o veado campeiro está explorando seu ambiente de uma maneira grosseira (isto é, numa escala maior do que o tamanho médio dos fragmentos de unidade de ambiente), ele gastará seu tempo forrageando em fragmentos adequados ou deslocando-se entre fragmentos adequados. Numa situação em que o alimento é escasso (como na estação seca), deslocar-se entre os fragmentos valerá a pena somente se a energia ganha por unidade de tempo forrageando num determinado local cair abaixo do potencial de ganho energético forrageando no próximo fragmento, incorporando nessa conta o custo do deslocamento até ele. Por comparação, em ambientes com distribuição mais uniforme, o tempo gasto com deslocamento tende a ser sempre muito pequeno em comparação àquele gasto forrageando, uma vez que a forragem está disponível em todo lugar, menos concentradamente. Nessa situação, o ganho energético é maximizado através de contínua busca por forragem intercalada com o forrageamento em si. Portanto, é esperado que, no Pantanal Central, onde os recursos têm distribuição concentrada, a distância percorrida diariamente seja menor do que no Parque Nacional das Emas, onde o recurso é distribuído mais homoganeamente.

Para intervalos mais curtos do que uma hora, mudanças no protocolo não influenciaram o deslocamento horário médio nem o padrão de atividade descrito por deslocamento a cada hora do dia. Isso é consistente com nossos achados sobre deslocamentos diários e indicam que a análise de padrões de atividade pode ser feita com agendas menos intensivas do que a usada aqui, desde que os equipamentos incorporem sensores que registrem a informação de atividade referente a uma pequena janela de observação antecedendo cada localização de GPS. Durante o desenvolvimento inicial da GPS radiotelemetria, a maior parte dos sensores era composta de contadores cumulativos desencadeados por balanço nos corpos (Moen 1996 *a, b*, Adrados *et al.* 2003, Pépin *et al.* 2004). Tais contadores acumulavam contagens por minutos e depois tiravam médias das contagens dos minutos no intervalo entre pontos. Como consequência, com o aumento no intervalo entre pontos, as médias de contagem tendiam para valores medianos, pois tanto turnos ativos como inativos passariam a estar inclusos num único valor final. Mais recentemente, sensores e atividade desenvolvidos passaram a tirar a média apenas dos últimos minutos precedendo a localização armazenada (Coulombe *et al.* 2006). A classificação de *status* ativo ou inativo a uma localização, baseada em deslocamento significativo, tem a mesma deficiência desses primeiros sensores de atividade, uma vez que é resultante da acumulação de deslocamento. Com intervalos longos, todos os pontos tendem a ser ativos, a taxa de atividade tende a ser superestimada e o padrão de atividade **acaba sendo** distorcido. Nossos achados sugerem que as taxas de atividade médias por hora obtidas com cada protocolo amostral diferenciaram-se umas das outras. Uma maneira de contornar esse problema, ao usar protocolos menos intensivos, seria programar o receptor GPS para armazenar dois ou três pontos em curto espaço de tempo ao fim de cada intervalo maior

programado e usar o deslocamento entre esses pontos para classificar o *status* comportamental do animal naquele momento.

Leeuwenberg e Lara Resende (1997) obtiveram 15 ciclos completos de 24 horas de monitoramento de dois indivíduos de veado campeiro com intervalos entre pontos de uma hora no Cerrado do Brasil Central. Diferentemente de nós, eles não detectaram picos de atividade nem diferença nas taxas de atividade noturna e diurna (observe a figura 4b.4). Rodrigues e Monteiro-Filho (2000) rastrearam quatro animais em turnos de 12 horas de monitoramento intensivo durante o dia (n=10) e noite (n=11) com intervalo de 30 minutos entre pontos. Plotando os dados todos juntos, observaram que veados campeiros são ativos tanto de dia quanto de noite e apresentam muita variação individual. A taxa de atividade geral das localizações desses autores foi marcadamente maior do que a nossa e, especialmente para um animal monitorado, as taxas de atividade foram constantemente acima dos 80%, o que é um valor muito maior do que o registrado aqui. Acreditamos ser possível explicar tal diferença pelo fato de o tipo de sensor de atividade usado por esses autores (*reset sensor*) ser facilmente desencadeado por movimentos de conforto do animal, mesmo quando em repouso (Coulombe *et al.* 2006).

Nossos resultados preliminares de dois picos de atividade coincidindo como o nascer do sol e o ocaso, bem como maior atividade durante o dia do que à noite eram desconhecidos até então para veado campeiro, embora esse tipo de padrão seja relativamente comum para outras espécies de Odocoileae (Beier e McCullough 1990, Rouleau *et al.* 2002, Coulombe *et al.* 2006).

O equipamento desenvolvido neste estudo teve um custo inferior a 50% do produto do fabricante com menor custo por ponto. É importante salientar, ainda, que não obstante falhas no equipamento possam ocorrer em qualquer pesquisa, os valores decorrentes dessas falhas não foram incorporados nas estimativas de custo dos equipamentos disponíveis nos mercados. Assim, nosso equipamento provou ser uma alternativa de baixo custo à GPS radiotelemetria convencional para monitoramento intensivo de veado campeiro e outros ungulados de médio e grande porte. Apesar do potencial de gerar informação de alta qualidade e quantidade, a GPS radiotelemetria é ainda uma técnica muito cara para acessar comportamento de animais silvestres, principalmente para os padrões dos orçamentos de pesquisas nos países em desenvolvimento. Isso é, em parte, o motivo pelo qual tão poucos estudos com GPS radiotelemetria têm sido realizados nesses países.

O maior fator limitante do equipamento apresentado aqui é que ele só permite períodos curtos de monitoramento para cada animal. Isso impede o seu uso em estudos voltados à área de vida, migrações, mudanças sazonais nos padrões de atividade e uso de *habitat*. Para algumas espécies, contudo, esse obstáculo pode ser contornado monitorando-se repetidamente um grande número de animais por curtos períodos ao longo do tempo.

A partir do que nos foi possível encontrar na literatura, esse foi o primeiro estudo a acoplar receptores GPS em veado campeiro e, até agora, somente outros dois estudos baseados em telemetria foram realizados com esta espécie. Considerando a ausência de informações disponíveis sobre a espécie e seu *status* de conservação preocupante, nossa alternativa para equipamentos comercialmente disponíveis se torna ainda mais relevante para levantar informações básicas e auxiliar estratégias de conservação.

Agradecimentos

Essa pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PELD/CNPq nº 520056/06-1) e contou com o apoio irrestrito da Embrapa Pantanal, tanto no Laboratório de Vida Selvagem quanto na Fazenda Nhumirim. Carlos André Zucco foi apoiado com uma bolsa de mestrado pela CAPES. Nós agradecemos a Idea Wild pela doação dos receptores GPS. Ubiratan Piovezan, Fabiana Rocha, Augusto Lisboa Martins e André Avelar deram relevante apoio em campo nas capturas. Cesar Zucco Jr. e Danielle Brown revisaram a versão em inglês e fizeram comentários proveitosos.

Literatura Citada

Animal Care And Use Committee. 1998. Guidelines for capture, handling and care of mammals as approved by the American Society of Mammalogists. *Journal of Mammalogy* 78:1416-1431.

Adrados, C., H.Verheyden-Tixier, B. Cargnelutti, D.Pépin, e G. Janeau. 2003. GPS approach to study fine-scale site use by wild red deer during active and inactive behavior s. *Wildlife Society Bulletin* 31:544-552.

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.

Berndt, A. 2005. Nutrição e ecologia nutricional de cervídeos brasileiros em cativeiro e no Parque Nacional das Emas – Goiás. Thesis, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brazil.

Beier, P., e D.R. McCullough. 1990. Factor influencing white-tailed deer activity patterns and habitat use. *Wildlife Monographs* 109.

Biggs, J.R., K.D. Bennett e P.R. Frequez. 2001. Relationship between home range characteristics and the probability of obtaining successful global positioning system (GPS) collar positions for elk Western North American *Naturalist* 61:213-222.

Bowman, J.L., C.O. Kochanny, S. Demarais e B.D. Leopold. 2000. Evaluation of a GPS collar for white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 28:141-145.

Breitenmoser, U., C. Breitenmoser-Würsten, G.A. Zuleta, F. Bernhart e M. O'Donoghue. 1992. A method to estimate travel distances of fast moving animals. Pages: 318-326 in Mancini, R., S. Fioretti, C. Cristalli e P. Bedini, editor. *Biotelemetry XII*. Litografia Felici, Ancona, Italy.

Braun, S.E. 1985. Home Range and Activity Patterns of the Giant Kangaroo Rat, *Dipodomys ingens*. *Journal of Mammalogy* 66:1-12.

Calheiros D.F. e W.C Fonseca Jr. 1996. Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal. Embrapa CPAP, Documento 18, Corumbá, Brazil.



Cain III, J.W., P.K. Krausman, B.D. Jansen e J.R. Morgart. 2005. Influence of topography and GPS fix interval on GPS collar performance. *Wildlife Society Bulletin* 33: 926-934.

Camilo-Alves, C. de S.P. e G. Mourão 2006. Responses of a specialized insectivorous mammal to variation on ambient temperature. *Biotropica* 38:1-5.

Cooke, S.J., S.G. Hinch, M. Wikelski, R.D. Andrews, L.J. Kuchel, T.G. Wolcott e P. J. Butler. *Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology*. *Trends in Ecology and Evolution* 19:334-343

Coulombe, M., A. Massé e S.D. Coté. 2006. Quantification and accuracy of activity data measured with VHF and GPS telemetry. *Wildlife Society Bulletin* 34:81-92.

Demaria, M.R., W.J. McShea, K. Koy e N.O. Maceira. 2003. Pampas deer conservation with respect to habitat loss and protected area considerations in San Luis, Argentina. *Biological Conservation* 115:121-130.

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.

D'Eon, R.G. 2003. Effects of a Stationary GPS fix-rate bias on habitat-selection analyses. *Journal of Wildlife Management* 67: 858-863.

D'Eon, R e D. Delparte. 2005. Effects of radio-collar position and orientation on GPS radio-collar performance, and the implication of PDOP in data screening. *Journal of Applied Ecology* 42:383-388.

D'Eon, R. e R. Serrouya. 2005. Mule deer seasonal movement and multiscale resource selection using global positioning system radiotelemetry. *Journal of Mammalogy* 86:736-744.

Di Orió, A.P., R. Callas e R.J. Schaefer. 2003. Performance of two GPS telemetry collars under different habitat conditions. *Wildlife Society Bulletin* 31:372-379.

Dussault, C., R. Courtois, J.P. Quillet e J. Huot. 1999. Evaluation of GPS telemetry collar performance for habitat studies in the boreal forest. *Wildlife Society Bulletin* 27:995-972.

Dussault C., R. Courtois, J.P. Quillet e J. Huot. 2001. Influence of satellite geometry and differential correction on GPS location accuracy. *Wildlife Society Bulletin* 29:171-179.

Frair, J.L., S.E. Nielsen, E.H. Merrill, S.R. Lele, M.S. Boyce, R.H.M. Munro, G.B. Stenhouse e H.L. Beyer. 2004. Removing GPS collar bias from habitat selection studies. *Journal of Applied Ecology* 41:201-212.

Fontana, R.D., W. Cheung e T. Stansell. 2001. The modernized L2 Civil Signal. *GPS World*. September.

Fortin, D. e M. Andruskiw. 2003. Behavioral response of free-ranging bison to human disturbance. *Wildlife Society Bulletin* 31:804-813.

Gau, R.J., R. Mulders, L.M. Ciarniello, D.C. Heard, C.L.B. Chetkiewicz, M. Boyce, R. Munro, G. Stenhouse, B. Chruszez, M.L. Gibeau, B. Milakovic, e K.L. Parker. 2004. Uncontrolled field performance of Televit GPS-Simplex™ collars on grizzly bears in western and northern Canada. *Wildlife Society Bulletin* 32:693-701.

- González, S.; J.E. Maldonado, J.A. Leonard, C. Vilá, J.M. Barbanti-Duarte, M. Merino, N Brum-Zorilla e R.K. Wayne. 1998. Conservation genetics of the endangered pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*). *Molecular Ecology* 7:47-56.
- Graves, T.A. e J. S. Waller. 2006. Understanding the causes of missed global positioning systems telemetry fixes. *Journal of Wildlife Management* 70:844-851.
- 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. *Archiv. F. Hydrobiol.* 137:1-23.
- Harris, R.B., S.G. Fancy, C.G. Douglas, G.W. Garner, S.C. Amstrup, T.R. McCabe e L.F. Pank. 1990a. Tracking wildlife by satellite: current systems and performance. Washington, D.C.: United States Fish and Wildlife Service, Technical Report, N. 30.
- Harris, S., W.J. Cresswell, P.G. Forde, W.J. Trehwella, T. Woodllard e S. Wray. 1990b. Home-range analysis using radio-tracking data – a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* 20:9-123.
- Harris, M.B., W. Tomas, G. Mourão, C.J. da Silva, E. Guimarães, F. Sonoda e E. Fachim. 2005. Safeguarding the Pantanal Wetlands: threats and conservation initiative. *Conservation Biology* 19:714-720.
- Hulbert I. e J. French. 2001. The accuracy of GPS for wildlife telemetry and habitat mapping. *Journal of Applied Ecology* 38:869-878.
- Hulbert, I. 2001. GPS an it's use in animal telemetry: the next five years. Pages 51-60 *in* Proceedings of The Conference on Tracking Animals with GPS. The Macaulay Land Use Research Institute, 12-13 March 2001, Aberdeen, Scotland.
- Hwang M.-H. e D.L. Garshelis. 2007. Activity patterns of Asiatic black bears (*Ursus thibetanus*) in the Central Mountains of Taiwan. *Journal of Zoology* 271: 203-209.
- Jackson, J.E. 1987. *Ozotoceros bezoarticus*. *Mammalian Species* 295:1-5.
- Jackson, J.E. e J.D. Giuliatti. 1988. The food habits of pampas deer *Ozotoceros bezoarticus celer* in relation to its conservation in a relict natural grassland in Argentina. *Biological Conservation* 45:1-10.
- Johnson, B.K., A.A. Ager, S.L. Findholt, M.J. Wisdom, D.B. Mark, J.W. Kern e L.D. Bryant. 1998. Mitigating spatial differences in observation rate of automated telemetry systems. *Journal of Wildlife Management* 62:958-967.
- Krausmann, P.R.; V. C. Bleich, J.W. Cain III, T.R. Stephenson, D.W. DeYoung, P.W. McGrath, P.K. Swift, B.M. Pierce e B.D. Jansen. 2004. From the Field: Neck lesions in ungulates from collars incorporating satellite technology. *Wildlife Society Bulletin* 32:987-991.
- Lawler, A. 2000. Scientist gain access to sharper GPS signal. *Science* 288:783.

Laundre², J.W., T.D. Reynolds, S.T Knicks e I.J. Ball. 1987. Accuracy of daily point relocations in assessing real movement of radio-marked animals. *Journal of Wildlife Management* 51:937-940.

Leeuwenberg F. e S Lara Resende. 1994. Ecologia de cervídeos na reserva ecológica do IBGE-DF: manejo e densidade de populações. *Cadernos de Geociências* 11:89-95.

Leeuwenberg F., S. Lara Resende, F.H.G. Rodrigues e M.X.A. Bezerril. 1997. Home range, activity and habitat use of the Pampas deer *Ozotoceros bezoarticus* L. 1758 (Arctiodactyla, Cervidae) in the Brazilian Cerrado. *Mammalia* 61:487-495.

MacArthur, R.H. e E. Pianka. 1966. On optimal use of patchy environments. *The American Naturalist* 100:603-609.

Merino, M.L., S. Gonzáles, F. Leeuwenberg, F.H.G. Rodrigues, L. Pinder e W. Tomás. 1997. Veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus* Linnaeus 1758): distribuição, história natural, ecologia e conservação. Pages 42-58 *in*: Duarte, J.M.B. editor. *Biologia e conservação dos cervídeos sul-americanos*. FUNEP, Jaboticabal, Brazil.

Merrill, S.B., L.G. Adams, M.E. Nelson e L.D. Mech. 1998. Testing releasable GPS radiocollars on wolves and white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 26:830-835.

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.

Moen, R., J. Pastor, Y. Cohen e C.C. Schwartz. 1996a. Effects of moose movement and habitat use on GPS collar performance. *Journal of Wildlife Management* 60:659-668.

Moen, R., J. Pastor e Y. Cohen. 1996b. Interpreting behaviour from activity counters in GPS collars on moose. *Alces* 32:101-108.

Moen, R., J. Pastor e Y. Cohen. 1997. Accuracy of GPS telemetry collar locations with differential correction. *Journal of Wildlife Management* 61:530-539.

Moen, R., J. Pastor e Y. Cohen. 2001. Effects of animal activity on GPS telemetry location attempts. *Alces* 37:207-216.

Mourão, G. e I. Medri. 2002. A new way of using inexpensive large-scale assembled GPS to monitor giant anteaters in short time intervals. *Wildlife Society Bulletin* 30:1029-1032.

Murray D.L. e M.R. Fuller. 2000. A critical review of the effects of marking on the biology of vertebrates. Pages 15-64 *in* Boitani L. and M.R. Fuller, editors. *Research Techniques in Animal Ecology: controversies and consequences*. Columbia University Press, New York, New York, USA.

Paise, G. e E.M. Vieira. 2006. Daily activity of a neotropical rodent (*Oxymycterus nasutus*): seasonal changes and influence of environmental factors. *Journal of Mammalogy*, 86:733-739.

Pépin, D., C. Adrados, C. Mann and G. Janeau. 2004. Assessing real daily distance traveled by ungulates using differential GPS locations. *Journal of Mammalogy* 85:774-780.

Piovezan, U., C.A. Zucco e F.L. Rocha. 2006. Uso de dardos anestésicos para captura de veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) no Pantanal. Embrapa Pantanal, Documento 71, Corumbá, Brazil.

Putman, R. 1988. *The Natural History of Deer*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.

Quesada M., K.E. Stoner, V. Rosas-Guerrero, C. Palacios-Guevara e J.A Lobo. 2003. Effects of habitat disruption on the activity of nectarivorous bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in a dry tropical forest: implications for the reproductive success of the neotropical tree *Ceiba grandiflora*. *Oecologia* 135:400-406.

Redford, K. 1987. The pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) in central Brazil. Pages 410-414 in Wemmer, C.M. editor. *Biology and Management of the Cervidae*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., USA.

Reynolds, T.D. e J.W. Laundre'. 1990. Time interval for estimating pronghorn and coyote home ranges and daily movements. *Journal of Wildlife Management* 54:316-322.

Rempel R.S., A.R. Rodgers e K.F. Abraham. 1995. Performance of a GPS animal location system under boreal forest canopy. *Journal of Wildlife Management* 59: 543-551.

Rettie W.J. e P.D. McLoughlin. 1999. Overcoming radiotelemetry bias in habitat selection studies. *Canadian Journal of Zoology* 77:1175-1184.

Rodgers, A.R., R.S. Rempel e K.F. Abraham. 1996. A GPS-based telemetry system. *Wildlife Society Bulletin* 24:559-566.

Rodgers, A.R. 2001. Tracking animals with GPS: the first 10 years. Pages 1-10 in *Proceedings of The Conference on Tracking Animals with GPS*. The Macaulay Land Use Research Institute, 12-13 March 2001, Aberdeen, Scotland.

Rodrigues, F.H.G. 1996. *História Natural e biologia comportamental do veado campeiro em cerrado do Brasil Central*. Thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brazil.

Rodrigues, F.H.G. e E.L.A. Monteiro-Filho. 1999. Feeding behaviour of the pampas deer: a grazer or a browser? *Deer Specialist Group News* 15:12-13.

Rodrigues, F.H.G. e E.L.A. Monteiro-Filho. 2000. Home-range and activity patterns of pampas deer in Emas National Park, Brazil. *Journal of Mammalogy* 81:1136-1142.

Rouleau, I., M. Cretê, e J.P. Ouellet. 2002. Contrasting summer ecology of white-tailed deer inhabiting a forested and an agricultural landscape. *Écoscience* 9:459-469.

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.

Sundell, J., I. Kojola e I. Hanski. 2006. A new GPS-GSM-based method to study behavior of brown bear. *Wildlife Society Bulletin* 34:446-450.

Van Schaik, C.P. e M. Griffiths. 1996 Activity periods of Indonesian rain forest mammals. *Biotropica* 28:105-112.

Wilkinson, L. 2004. SYSTAT – systems for statistics. Version 11. Systat Inc, San Jose, CA. USA.

Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. Fourth edition. Prentice Hall, New Jersey, New Jersey, USA.

Versão em Inglês

Low-cost GPS tracking device to study Pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) activity and movements

Carlos André Zucco and Guilherme Mourão¹

¹ Address for Carlos André Zucco: Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Centro de Ciência Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS. 79070-900. Brazil cazucco@ig.com.br. Address for Guilherme Mourão: Embrapa Pantanal, CP 109, Corumbá, MS. 79320-900. Brazil

Low-cost GPS tracking device to study Pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) activity and movements

Carlos André Zucco and Guilherme Mourão²

Abstract

Global Positioning System (GPS) radiotelemetry has proven to be an efficient technique to monitor wildlife activity. This technique, however, generally requires great investment in material, which notwithstanding its possible cost-effectiveness, is still beyond the means of the majority of the scientific community in developing countries. We developed and applied a low cost alternative approach to monitor pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) with GPS in Central Pantanal of Brazil, using regular handheld GPS receivers. Our approach is an adaptation of previous studies conducted with giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) in the same area. We stored a total of 31,596 locations in a 5-min fix interval schedule (more than 120 days of continuous monitoring) for 11 pampas deer. Location error tested with a stationary GPS receiver was shorter than 4.64 m in 95% of the time. The rate of fixes acquired on the programmed schedule after correcting for errors was 98.5% and we detected no bias caused by animal behavior. Mean daily distance traveled was 3.09 ± 1.67 km, varying among individuals, but not between sexes. Pampas deer were more active during the day than during the night, and display activity peaks at dusk and dawn. In comparison with the four most used GPS radiocollar manufacturers, cost per fix in this study was less than half of the cost per fix of the cheapest available product, although our modified device was heavier than all available products suitable for medium sized deer. We consider that our approach was cost-effective to generate reliable information about activity patterns of pampas deer.

Key words

GPS radiotelemetry, intensive monitoring, sampling protocol, methodology, Pantanal

² Address for Carlos André Zucco: Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Centro de Ciência Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS. 79070-900. Brazil cazucco@ig.com.br. Address for Guilherme Mourão: Embrapa Pantanal, CP 109, Corumbá, MS. 79320-900. Brazil



Introduction

Activity patterns of neotropical mammals are poorly known because they are logistically difficult to study, requiring a 24-hour sampling effort, typically under arduous conditions, to avoid bias. Both direct observation by trapping or following animals (Braun 1985, Paise and Vieira 2006) and telemetry systems (in the broader sense presented by Cooke et al. 2004) have been used to obtain data on this subject. Telemetry techniques used to access animal activity include radiotracking (Hwang and Garshelis, 2007), Global Positioning System (GPS) radiotracking (Merrill and Mech 2003, Coulombe et al. 2006), and camera trapping or video recording systems (Van Schaik and Griffiths 1993, Quesada et al. 2003). More automated systems provide longer and more intense data series, with less field effort and less risk of altering animal behavior due to researcher disturbance (Van Schaik and Griffiths 1993). These techniques, however, generally require great investment in material, which notwithstanding its possible cost-effectiveness (see Rodgers 2001, for a review about GPS radiotelemetry), are still beyond the means of the majority of the scientific community in developing countries

Studies of animal activity conducted with GPS radiotelemetry regularly integrate a motion sensor into the GPS-Very High Frequency (VHF) assemblage (Moen 1996*a, b*, Adrados, et al. 2003, Pépin et al. 2004, Coulombe et al. 2006) to determine animals' behavior during the interval between fixes, or at the moment the location is acquired. We employed an adaptation of the GPS-VHF device previously modified by Mourão and Medri (2002) and Camilo-Alves and Mourão (2006) to observe circadian behavior of giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) in Central Pantanal of Brazil. Our approach defines the activity status for each location based on significant displacement (Breitenmoser et al. 1992), without requiring the use of motion sensor, which avoids additional weight on the animal and cost to the researcher. We evaluate the performance of the equipment under different sampling schedules as well as its ability to describe pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) circadian activity.

The pampas deer is a medium sized cervid, whose original range comprised all natural grasslands of eastern South America between 5° and 40° S (Jackson 1987). This wide range has been severely reduced by habitat transformation and fragmentation, hunting, and competition with cattle. Now it is considered the most endangered neotropical cervid, with just small isolated populations throughout its historical range (Gonzalez et al. 1998, Demaría et al. 2003). Most information about this species concentrates on population status across its range, and very little information is available about its ecology and behavior. The Pantanal Wetlands is a vast wilderness region in South America that shelters the largest population and largest reported densities of this species, especially in its central portion (Merino et al. 1997). In this way, this region is an important research field for studies with pampas deer.

This study provides the first data on GPS radiotelemetry of pampas deer, aiming to describe daily distance traveled and general activity patterns of the species on Central Pantanal of Brazil.

Study Site

This study was carried out in the Pantanal Wetlands of Mato Grosso do Sul, one of the largest continuous wetlands in the world, covering approximately 210,000 km² of low elevation seasonal floodplains of the Rio Paraguai and its tributaries (Harris et al. 2005). The Pantanal is located in the west of Brazil and east of Bolivia and Paraguai, near



the geographic center of South America at an elevation of about 100 m and has a semi-humid tropical climate with an average annual temperature of 25.5° C (Calheiros and Fonseca 1996). Summers (November to March) were hot and rainy, with mean seasonal rain of 1100 mm and highest air temperature reaching more than 40° C, and winters (April to October) were warm and dry, with mean winter rain below 300 mm, and average minimum air temperatures just under than 20° C. Occasionally, cold fronts from the South caused the air temperature to drop to close to 0° C (Soriano et al. 1997).

Due to its geological, geomorphologic, and climatic characteristics, as well as its seasonal hydrological variations, the Pantanal can be separated into different sub-regions. We conducted this study in the centrally located Nhecolândia region (*sensu* Hamilton et al. 1996), in an approximately 400-km² area that comprises portions of the Nhumirim, Porto Alegre, Dom Valdir, and Alegria ranches (between 18°55' and 19°02' S; 56°31' and 57°47' W). These ranches were covered by a mosaic of seasonally flooded grasslands, savannas, scrub savannas, forests, and several permanent and temporary ponds (Alho et al. 1987). The main economic activity was cattle ranching.

Methods

Equipment development

The equipment used in this study was adapted from Mourão and Medri (2002) and Camilo-Alves and Mourão (2006), who were the first to report wildlife GPS tracking using a regular handheld GPS receiver. It consisted of a Geko 201[®] handheld GPS receiver (Garmin, Inc., Olathe, Kans.), connected to an external battery source of 4 alkaline D-sized batteries (2 sets of 2 batteries in a parallel circuit) and a glue-on radio transmitter model A2660, produced by Advanced Telemetry Systems, Inc (ATS, Isanti, Minn.). These electronic components were encased in PVC and sealed with silicon to prevent water penetration and to provide shock protection. The VHF transmitter was firmly attached to the GPS in order to ensure that the GPS would not be lost under any condition.

Standard GPS collars are inappropriate for the thin necks of pampas deer. Consequently, we used a mounted specimen to design an elastic fabric harness to which the GPS and telemetry equipment could be attached (Figure 1). The design of the suit did not restrain the deer's legs and let its abdomen free. The GPS device was placed in a dorsal pocket, and each battery pack in a lateral pocket. Each unit weighed approximately 950g (450g of which accounted for batteries, 88g for GPS receiver, 18g radio transmitter, and the remaining for the suit).



Figure 1 – Pampas deer buck moments after anesthesia recovery. Note the two pockets on the suit, one carrying the GPS and the other, carrying a battery pack.

Location data are stored on board and retrieval depends on the recovery of the GPS unit. To facilitate recovery we used an original low-tech auto-release system: the suit was tied to the deer's chest using a rubber tube breakaway link, which lasts for approximately 30 days in field conditions before rotting and breaking. This system allowed us to recover each unit without recapturing the animal - a noteworthy improvement to the equipment used by Mourão and Medri (2002).

Conventional GPS-collars are usually programmed to attempt to record locations (fixes) on a regular schedule specified by users. Each attempt last for about 60-180 seconds (Merrill and Mech 2003, Gau et al. 2004, Cain III et al. 2005) with the unit turning off between fix (location) attempts. Increasing the interval between locations extends the operating life expectancy of the equipment, but decreases information about habitat use and movement. For this reason researchers must deal with the trade off between overall duration of monitoring period and frequency of fixes of the monitoring schedule.

Our adapted device does not perform “stand by” cycles, which means that, for a given battery pack, the sampling period is independent of fix interval. The sampling schedule is programmed using the “track function” of the GPS receiver, which stores tracklogs automatically on an interval defined by user. The unit has a built-in memory capable of storing a maximum of 10,000 tracklog points. Location data, consisting of geographic coordinates, date, time, and altitude, are downloaded to a PC after retrieval of the unit.

Data collection (field trials)

Handling procedures. Between December 2005 and October 2006, we captured 20 pampas deer on the study site (licenses numberers # 26/2005 and 032/2005, granted by the Brazilian Federal Wildlife Agency - IBAMA, Processes n° 02014.001890/2005-66 and n° 02014.002008/05-00, respectively) by darting them from cars, ATV's, or by foot using a Distinject® (Zurich, Switzerland) model 35 dartgun, following methods described by Piovezan et al. (2006). Animals were immobilized with an intramuscular dosage of Telazol® (1:1 tiletamine hydrochloride and zolazepam hydrochloride association; Fort Dodge Laboratories, Inc., Fort Dodge, Ia) (n=8) or an combination of Telazol® plus xylazine hydrochloride (Rompun®; Bayer AG, Leverkusen, Germany) in 2:1 dosage (n=12), using yohimbine hydrochloride as xylazine antagonist.

After an animal had been immobilized, we weighed and measured the deer, collected blood samples and ectoparasites, and marked it with a numbered tag. During handling the animals' vital signs were monitored continuously. After handling, animals were monitored until they recovered from the anesthesia. All handling procedures followed the recommendations of the Guidelines for Capture, Handling and Care of Mammals as approved by the American Society Mammalogists (Animal Care and Use Committee 1998). All but one of the captured animals were fitted with the modified GPS-VHF device.

Monitoring of free-ranging pampas deer. We programmed the GPS receiver to store its location every 5 min (with exception of the two first deer captured for which this interval was 10 minutes). Whenever contact with at least 3 satellites was lost, the GPS receiver restarted the schedule on the exact moment that contact was reestablished. Hence, if



signal contact was momentarily lost, the GPS would over-sample one fix and restart a new 5 minute schedule whereas if contact was lost for a long period, the GPS would sub-sample this period of blind contact.

Accuracy testing. Spatial inaccuracy is a type of error shared by several telemetry systems, however, since Selective Availability (SA) was discontinued in May 2000 (Lawler, 2000), GPS-based systems are thought to be the most accurate technology currently available for remote localization (Hulbert 2001, Rodgers 2001, Frair et al. 2004). Whether GPS accuracy is satisfactory or not will depend on characteristics of the species studied, the habitat type, spatial scale, and the questions that are being asked. Even with these considerations, assessing accuracy is essential to avoid data misinterpretation. Expected positional accuracy of the Geko 201 GPS receiver used in this study is 15-m Root Mean Squared (RMS). However, as the units were placed inside PVC cases and antenna orientation may not always be skywards due to animal movements, we tested actual accuracy by placing the adapted device on a geodesic mark at Nhumirim ranch, in the same position that the GPS is placed on the deer mimicking the antenna orientation (about 45 degrees in relation to ground). The geodesic mark was located in open grassland condition without any kind of solid obstruction of the sky. We did this procedure twice, once in April 2006, and again in June 2006, programming the unit to record a location every 5min over a period of at least 72 hours each time.

Data Analysis

Volume of data. Data of free ranging pampas deer were analyzed only for those animals from which we obtained monitoring periods longer than 4 days. This period length assures a minimum of 3 replicates of day cycle for each animal, since we discard the first 24h period after capture in order to avoid analyzing behavior biased by anesthesia. We calculated total number of locations and total monitoring time for each deer.

Accuracy measurement. Neither real-time nor post-processing differential correction was used to correct location data. Location error for each stored location on stationary GPS was calculated as Euclidean distance of observed location from the true location,

$$\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad (1)$$

where Δx and Δy were the distance in meters between the geodesic mark easting and northing coordinates to UTM coordinates recorded by stationary collar. Because location error is log normally distributed, we use 50th and 95th percentile and max value to express the distribution of location error. Values of 95th percentile and maximum error were used as reference to assign a separation threshold of significant displacement of an animal. If consecutive locations were within distances nearer than this threshold, the animal was considered inactive. Consecutive locations farther than this threshold were considered active fixes. We called this threshold value the “activity buffer”.

Fix rate. Fix success rate, or fix rate, is usually defined as the number of recorded locations divided by the number of attempted locations. Nonrandom spatial and temporal variation in fix rate may be caused by habitat characteristics such as vegetation (Rempel et al. 1995, Moen et al. 1997, D’Eon et al. 2002, Di Orio et al. 2003) and topography (Dussault et al. 1999, D’Eon et al. 2002), animal activity (Bowman et al. 2000, Moen et al. 2001, D’Eon and Delparte, 2005, Graves and Waller 2006), or the interval length that has been programmed (Cain III 2005). As this sort of



variation may influence data interpretation in many ways, some correction models are provided to diminish its impact on ecological conclusions (Johnson et al. 1998, Rettie and McLoughlin 1999, Frair et al. 2004). In this study, we defined fix success rate as the number of locations recorded in a programmed fix interval divided by the total number of recorded locations, i.e. the percentage of fixes stored in the exact programmed interval. The relevant difference is that our equipment may store fixes in both a shorter or longer interval, while most GPS radio collars bias their data by only losing fixes and storing new locations in a longer interval than users desire.

As discussed previously, we assumed that successive locations with same position represent inactive behavior rather than animals moving and returning to the same place during the interval. Thus, during inactive bouts, we inserted new fixes with the same coordinates when the gap between locations was at least two times longer than programmed. Additionally, we removed over-sampled fixes (interval shorter than programmed), always maintaining the number of fixes/hr between 11-13 for GPS receivers programmed to acquire location every 5 min and 5-7 fixes/hr for units with 10 min programmed intervals. We refer to fix rate obtained with this procedure as “corrected fix rate”. We tested for an effect of activity on fix-rate bias (before and after correction) with paired *t*-tests using data transformed by a $y = \arcsin(\sqrt{x})$ function (Zar, 1999). We also reported another similar measure of efficiency computed as the proportion of the monitoring period that was in fact continuously monitored, according to the location schedule. We considered gaps between fixes $\geq 2X$ programmed interval to be non-monitored bouts and the monitoring period was considered to be the time elapsed between the first and the last location stored on the GPS.

Sampling protocol evaluation: distances traveled throughout a period of time are based on straight-line measures connecting successive GPS locations, hence they are minimum estimates of the actual route traveled by an animal (Harris et al. 1990b, Reynold and Laundre’ 1990, Merrill and Mech 2003). As a result, decreasing the fix interval (or increasing the number of fixes/day) should improve the approximation of the true distance traveled. We used the asymptotic function:

$$y = \frac{x}{(ax - b)} \quad (2)$$

proposed by Pépin et al. (2004) to model the relationship between the ratio of estimated divided by real distance traveled per day and the number of recorded fixes per day. This function assumes that beyond y asymptote value (which is deduced from model as $y_{\text{asympt}}=1/a$), further decrease in the fix interval causes no further increase in estimated traveled distances. Because our data were strongly heterocedastic, instead of transforming them ($y'=1/y$ and $x'=1/x$) to achieve linearity (i.e. $y' = a - bx'$), we used a non-linear model to directly estimate the parameters for the original equation.

In order to apply the function, each 24hr dataset of the nine deer monitored under the 288 fix/day schedule (5 min fix interval) was sub-sampled to create new datasets of 144, 96, 72, 48, 24, 8, 6, 4, 2 and 1 attempted locations per day (n) (Reynolds and Laundre’ 1990, Pépin et al. 2004). New ‘protocols’ had longer time intervals corresponding to multiples of the original time interval (i.e. 10, 15, 20, 30-min, 1, 2, 3, 4, 6, 12, 24-hr). Values obtained under $n=288$ were defined as of the ‘real’ traveled distances and all perceived distances under less intensive protocols were converted to



relative estimates (percentages) of ‘real’ distance. From now on, we will refer to these relative estimates as ‘perceived/real’ traveled distance.

We calculate estimated traveled distance for all sampling protocols as following:

$$D_{\text{est}} = D_n \times k_n \quad (3)$$

$$k_n = y_{\text{assymp}} / y_n \quad (4)$$

where D_{est} is the estimation of real distance traveled and D_n is the perceived distance traveled obtained for a given n . The correction factor k_n is the ratio between asymptotic value of y (y_{assymp}) and y fitted for a given n (y_n), according to equation 2. The D_n calculation discards movements between fixes shorter than the activity buffer, using just the distances between active locations.

We compared mean and standard error of perceived/real daily movement from data pooled for 9 individuals under different intensity schedules. Then we calculated correlations between perceived distances and real values to measure index degradation, or the decrease in accuracy and precision with the increase of interval duration. Significance of correlations was tested with t test (Zar, 1999). Finally, we applied this correction factor to estimate daily traveled distance of deer #2 and #3 which were monitored with 10 min fix intervals.

Hourly activity rate was measured as the ratio between active fixes and total fixes obtained for a given hourly period, and as the traveled distance during the same period. We sub-sampled locations to obtain fix intervals of 10, 15, 20, 30 and 60 minutes in order to standardize the number of locations per hour. Then we used one-way repeated measures ANOVA (Wilkinson, 2004) to test for differences in mean activity of the nine deer measured with different protocols. Arcsine transformation was applied to percentage values (Zar, 1999).

Comparison of cost-benefit with other studies. Most GPS collars commercially available can store fixes in several different schedules, and those that incorporate a 2-way communication link for data retrieval allow users to remotely change the duty cycle (Rodgers 2001). Moreover, the battery packs of collars vary in size, and consequently, weight and life expectancy. For this reason, cost-effectiveness of GPS collar models depends on the number of fixes that can be stored and the weight of the collar. The most efficient way to make comparisons between collars is to calculate the cost per fix and the cost per gram, which we did for our equipment and by using results reported in other tracking studies.

In estimating our study costs, we took into account the budget for all materials used to modify the 19 units deployed, the costs of GPS receiver units, and the radiotransmitters. Additionally, we include in our total costs the value of estimated time in person-hours to develop and build each piece (based on the value of a Brazilian MSc. Scholarship).

To compare our units with those used in other studies, we reviewed 14 major scientific journals for articles focused on ecological and zoological topics related to mammals (Table 1). The literature search covered the period from January 2000 to December 2006. We selected all papers that used GPS radio telemetry and identified the 4 most popular GPS collar manufacturers with collars available for the appropriate weight range of pampas deer. We then contacted the manufacturer to estimate prices and divided retail price and weight in grams by the estimated number of fixes the equipment is expected to acquire during its operating life on a schedule similar to ours (fix interval shorter than 15 minutes). This provided us with an expected cost per fix and weight per fix, which we compared with our equipment.



Table 1 – Journals covered in the literature review from January 2000 to December 2006

Journal	Volumes
American Naturalist	155-168
Austral Ecology	25-31
Biological Conservation	92-135
Canadian Journal of Zoology	78-84
Conservation Biology	14-20
Ecological Monographs	70-76
Ecology	81-87
Journal of Animal Ecology	69-75
Journal of Applied Ecology	37-43
Journal of Ecology	88-94
Journal of Mammalogy	81-87
Journal of Wildlife Management	64-70
Journal of Zoology	250-270
Mammal Review	30-36
Oecologia	122-150
Oikos	88-115
Wildlife Society Bulletin	28-34

We conducted all statistical analysis in Systat 11 (Wilkinson 2004).

Results

Data collection and error performance

Eight of the 19 suits deployed failed in collecting minimum data series (i.e. more than four days) because of poor electrical contact or mal-adjustment of the suit to the body, resulting in the GPS turning off or equipment falling off the animal prematurely. Among the eight animals with no data, two got free of the suit just after recovering from anesthesia, and one suit fell off after only two days. The weight of suits ranged from 2.5-4.2% of body mass of the animals wearing them and the only observed adverse effect was minor hair loss on the chest due to friction with the fabric.

The female OB10 was found dead on October, 17th, 2006 and after GPS data analysis, we determined that death occurred during the night, 12 days after capture. with a sudden cessation of animal displacement after a long active bout. As the animal's body was found 20 days post mortem, we could not determine if death was related to capture, the equipment, caused by predation or any other reason.



For the 11 successful suits from which we successfully retrieved data, we were able to acquire 31,596 fixes, which represent more than 2,888 hrs (120 days) of continuous monitoring. Monitoring periods of a single animal lasted from 4.5 to 17.4 days (Table 2). Mean daily distance traveled was 3.09 ± 1.67 km and differed between individuals ($r^2=0.36$; $F=5.439$; $d.f.=10:94$; $P<0.001$), but not between sexes.

Table 2 – General information about 11 deer from which we obtained at least four days long data series.

Deer		Dates of Capture	Scheduled fix interval	Number of locations	Monitoring period (hr)	Traveled distance per day (m) ^a	Percentage of time active per day
No.	Gender						
OB02	M	02-09-06	10 min	650	108.683	3504±1015 ^b	43.2
OB03	M	03-24-06	10 min	1018	170.65	1720±633 ^b	43.7
OB05	M	05-04-06	5 min	2049	170.667	2225±527	26.4
OB06	F	05-05-06	5 min	1615	133.917	1394±784	19.7
OB09	M	07-06-06	5 min	5044	418.7	2209±1205	23.3
OB10	F	08-02-06	5 min	3572	301.417	2955±1202	24.3
OB12	M	08-10-06	5 min	2233	185.717	2864±1711	24.1
OB13	M	09-15-06	5 min	4849	402.383	4706±1757	45.3
OB14	F	09-16-06	5 min	3688	311.283	3136±1872	26.4
OB15	M	09-18-06	5 min	3649	415.65	4404±1357	37.1
OB20	M	10-25-06	5 min	3229	268.867	2796±1293	31.2

^a Includes only full 24h monitored cycles

^b Perceived daily displacement corrected to 5min inter location protocol, according to Pépin et al. 2004.

The 50th percentiles of location error for each stationary GPS deployed were 2.53 and 2.40 meters, while the 95th percentiles were respectively 3.57 and 4.64 meters. Maximum location errors recorded were 5.41 and 5.72 meters. Hence we conservatively defined the activity buffer threshold as 5 meters.

Overall uncorrected fix and time rates for all monitored deer were 97.8%, and 98.6% respectively, and the lowest fix rate of a given animal was 94.5%. Of all locations, 1.4% (427) were stored in a shorter interval than programmed and 0.8% (246) in a longer than programmed (Table 3).

Eighty-two percent (555) of all fixes recorded out of schedule were stored during inactive bouts (see determination of activity buffer above), therefore fix rate success was lower in inactive deer ($t_{\text{paired},10} = -4.386$; $P = 0.001$). We were able to apply correction on these fixes, removing this bias ($t_{\text{paired},10} = -1.837$; $P = 0.096$) and improving overall fix rate and time rate respectively to 98.5% and 99,6% (Table 3). After the correction, the percentage of monitored hours with 11-13 fixes/hour (5-7 fixes/hour in OB02 and OB03) stored also improved, from 95.8% to 98.4%.



Table 3 – Fix and time rate before and after correction of locations during inactive bouts of pampas deer on Central Pantanal of Brazil.

Deer	Fix rate (%)		Time rate (%)	
	Uncorrected	Corrected	Uncorrected	Corrected
OB02	98.921	98.926	99.1	100
OB03	99.802	99.805	99	100
OB05	100	100	100	100
OB06	96.962	98.073	99.2	99.8
OB09	98.354	98.907	99.8	100
OB10	97.536	98.135	97.6	99
OB12	99.642	99.641	100	100
OB13	98.247	98.883	99.5	100
OB14 ^a	94.494	96.476	98.2	99.1
OB15 ^a	96.025	97.086	72.0	98 ^b
OB20	99.907	99.907	100	100

^a Animals that present problems in suit adjustment and, therefore, antenna got laterally oriented

^b GPS receiver lost satellite signal for 4 days, recovered and operated normally throughout 5 more hours before running out of batteries. We discarded this separated period from analysis.

A non-linear asymptotic curve was fitted to 95 complete 24-hr monitoring cycles pooled for nine deer (Figure 2, pooled $R[\text{obs vs pred}]^2=0.67$) as well as to the separate cycles of each deer. The asymptote value for pooled data was $91.2 \pm 1.25\%$ of the real traveled distance (asymptotes for individuals ranged from 89.0% to 92.6%). Thus, after applying the correction, estimates of distance tend to underestimate real traveled distance (Figure 3a). Visual analysis of Figure 3 suggests that accuracy did not change much with decrease of number of fixes/day, but precision (variability) of estimates degenerates substantially with longer fix intervals. Nevertheless, estimates of daily distance traveled for 95 daily cycles under all sampling schedules remained significantly correlated with real distance traveled (r^2 ranging from 0.99 [10-min interval] to 0.32 [24-hr interval]) (Figure 3b).

Hourly activity patterns described as rate of active locations and distance traveled maintained a similar shape as fix interval increased. Considering each deer as a replicate, data depicted higher activity levels during the day than at night ($t_{\text{paired},10} = -3,578$; $P=0.005$), activity peaks synchronized with dawn and dusk (higher activity of all cycle), and a longer resting bouts during the second half of the night (3hr – 5hr). Although proportions of activity among hours – shape of the activity pattern – did not changed much with different schedules, we verify a trend in increase of mean rate of active locations with longer intervals ($F=655$; $d.f.=1:50$; $p<0.001$) but no differences in mean distance traveled per hour ($p>0.95$) (Figure 4). Hypothesis testing of the one-way repeated Anova indicated that all sampling schedules presented different mean activity rate.



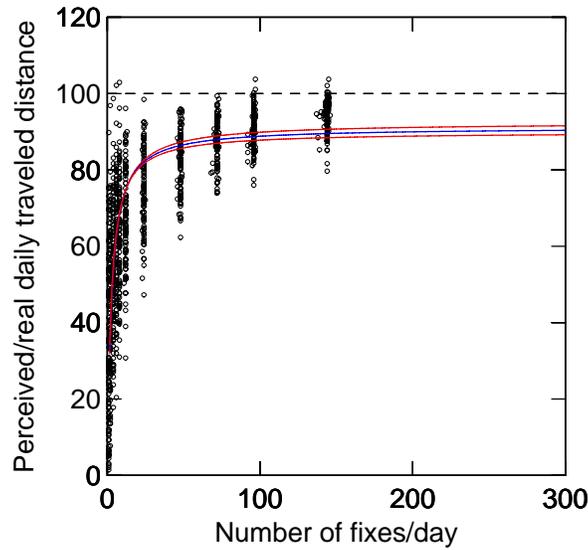


Figure 2 - Perceived/real traveled distance during 24h monitoring periods under-sampled under different intensity monitoring protocols. Reference distance (100%) are obtained from n=288 (5 min fix interval). The adjusted asymptotic function is given with 95% confidence interval. It was determined by equation $y = x / (1.097[\pm 0.015] * x + 2.890[\pm 0.191])$. Data of n=288 were included in parameter estimation. Data comprises 95 complete 24-hr datasets among 9 monitored in each sampling schedule, Central Pantanal of Brazil, dry season of 2006.

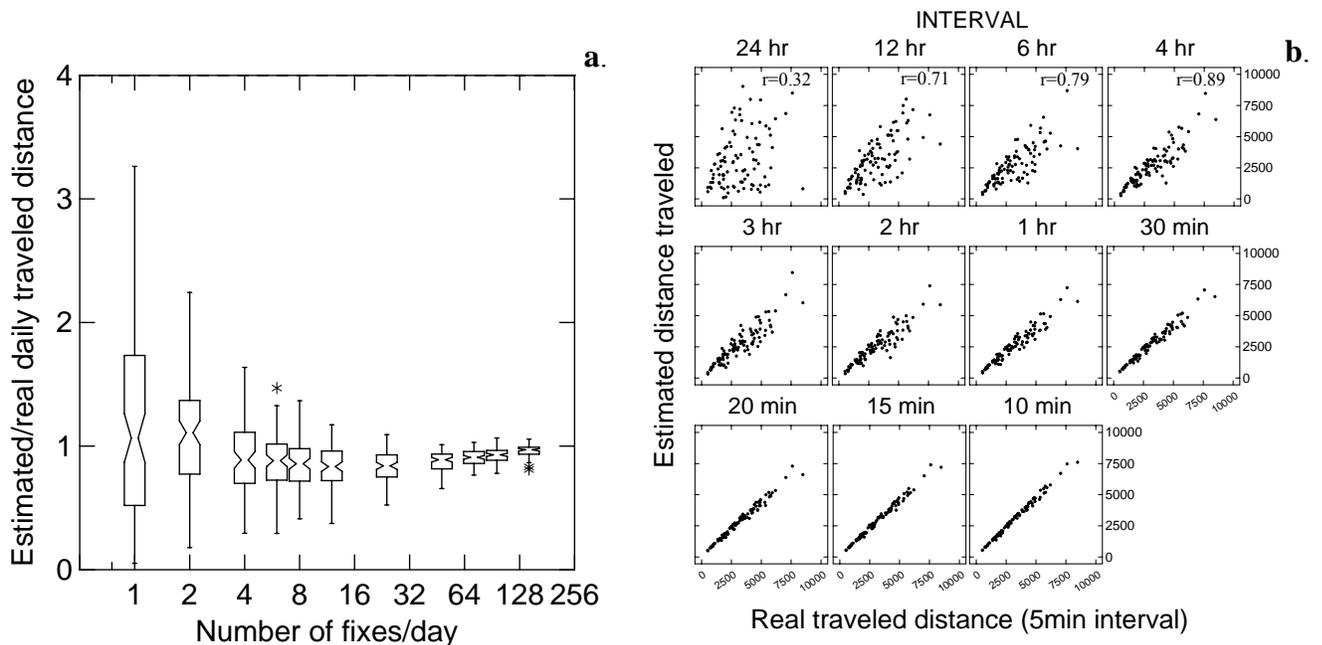


Figure 3 – Correction of daily perceived traveled distance. (a) Ratio between estimated and real distance traveled during 24h monitoring periods sampled under different intensity monitoring protocols. (b) Correlations plots between “reference distance” (100% obtained from n=288 or min fix interval) and perceived distance from each under sampled schedule. Data comprises 95 complete 24-hr datasets among 9 monitored deer at 5 min interval, Central Pantanal of Brazil, dry season of 2006.

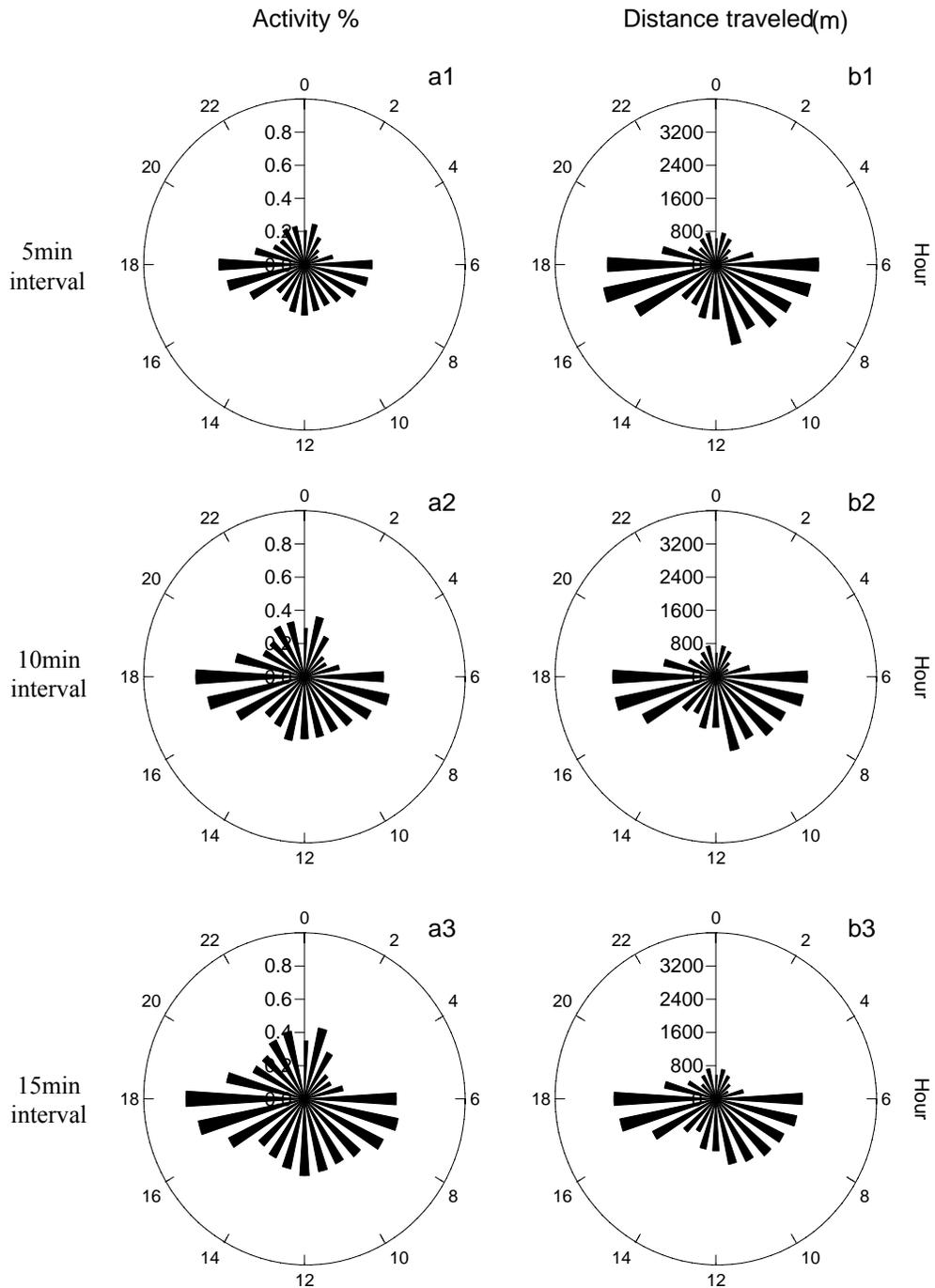


Figure 4. Hourly activity (a – percentage of active points; b – distance traveled in meters) of pampas deer in Central Pantanal of Brazil, at different sampling schedules obtained after sub-sampling the original 5min fix interval schedule. Values are means for each deer, averaged across nine individuals. Local sunrise varied from 5:00h-6:33h and local sunset from 17:16h-18:30h.

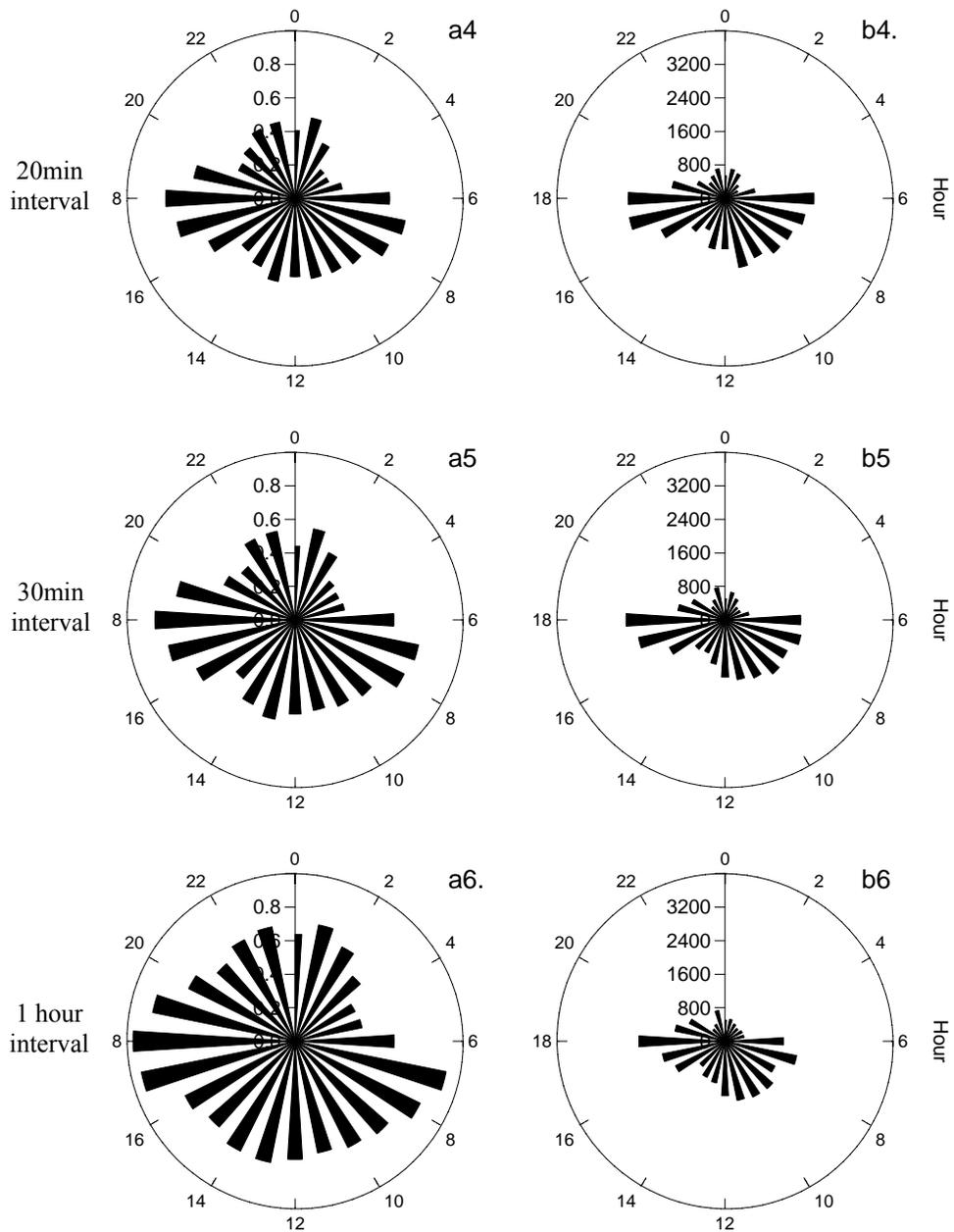


Figure 4. Hourly activity (a – percentage of active points; b – distance traveled in meters) of pampas deer in Central Pantanal of Brazil, at different sampling schedules obtained after sub-sampling the original 5min fix interval schedule. Values are means for each deer, averaged across nine individuals. Local sunrise varied from 5:00h-6:33h and local sunset from 17:16h-18:30h.

Cost-benefit evaluation

Throughout the study, we worked with 5 GPS receivers and 6 radiotransmitters. At the end of fieldwork, three GPS units were spoiled by oxidation or mechanical shocks and three radiotransmitters exhausted their batteries.. The 2 GPS units and 3 radiotransmitters that remain available for further research are not included in the cost of this study. Each suit costs approximately US\$24 in material (fabric, wires, pipes, screws, and batteries), plus US\$30 for 12 hours of work by a Brazilian masters student. Adding the costs for 19 suits ($54 \times 19 = \text{US\$}1026$) to the costs of three broken GPS receivers (US\$375) and three exhausted radiotransmitters (US\$495), we estimate a final cost of US\$1896 to deploy 19 adapted GPS radiocollars and obtain 31,596 fixes at a 5 min interval. Finally, we achieve a cost of 6.0 cents per fix (Table 4)

Ten of the 17 major scientific journals searched presented studies reporting the use of GPS radiotelemetry equipment, and a total of 47 papers published between 2000 and 2006 were found. Of these, all but three studies were conducted in North America (Canada and USA) or Europe (Scotland, Finland, Sweden and France). The exceptions were two studies in Brazil and one in Botswana, the latter conducted by research team from UK. All papers were on large carnivores (7 *Ursus arctos*, 4 *Canis lupus*, 1 *Panthera leo*, 1 *Panthera onca*, 1 *Chrysocyon brachyurus*, 1 *Puma concolor*) and large ungulates (7 *Rangifer tarandus caribou*, 5 *Odocoileus hemionus*, 5 *Odocoileus virginianus*, 5 *Cervus elaphus*, 4 *Alces alces*, 2 *Antilocapra americana*, 1 *Ovis canadensis*, 1 *Bison bison*) and in 8 studies, stationary GPS were deployed in the field to test fix rate success and accuracy in several habitat types.

For the 40 papers that mentioned the GPS radiocollar manufacturer, the most used were Lotek, Inc. (15 papers; Newmarket, Ontario, Canada), ATS in 12 papers, Televilt (11 papers; TVP Positioning AB, Lindesberg, Sweden), and Telonics, Inc. (5 papers; Mesa, Ariz). No other manufacturers were used more than once. Following the manufacturer's recommendation on which model was best for pampas deer, ATS had the cheapest collar, Televilt's product had the best fix per gram ratio, and Lotek had the lightest equipment (Table 4) Televilt's collar had the best cost:benefit ratio overall, but is also >2X more expensive than our adapted device. To estimate prices, we used the minimum standard specifications for a drop-off system, which did not include remote downloading of data, and did not account for additional accessories such as software or cables that are required to retrieve and analyze the data.

Table 4 – Weigh, estimated batteries life, estimated number of fixes stored and price per piece for the most used manufactured of GPS radiocollar and for the adapted GPS-VHF collar used in this study.

Manufacturer	Weight(g)	Estimated batteries life (days)	Estimated number of fixes stored	Retail Price (US\$)	Fix per gram	Price per fix (US\$)
Lotek (3300s ^a)	285	26	5000	2248 ^d	17.5	0.45
ATS (G2110 ^b)	350	50	4800	1700	13.7	0.35
Televilt (Tellus 1D ^c)	600	164	20000	2822	33.3	0.14
Telonics(TGW3500 ^c)	750	30	4320	2400	5.8	0.56
This study ^a	950	17	5000 ^d	-	5.3	0.06



^a 5min interval; ^b 15-min interval; ^c 10-min interval; ^d expected number of locations in normal battery duration;

Discussion

Advances in technology for wildlife tracking have led to the incorporation of more devices on the collar and hence, a heavier load for the animal. Until the mid-1980's collars have been basically composed of a VHF beacon, with various new components added over the years such as Argos PPT (Harris et al. 1990a), GPS receivers (Rodgers et al. 1996), UHF modems (Rodgers 2001), and Global System for Mobile Communication (GSM) modules (Sundell et al. 2006). However, one of the main concerns when attaching collars to animals should be to minimize injuries and effects of the equipment on the behavior of the tracked animal (Murray and Fuller 2000).

Krausmann et al. (2004) report ulcer formation from skin lost to muscle destruction in 72% and 90% of mule deer (*O. hemionus*) and mountain sheep (*Ovis canadensis*) equipped with GPS radiocollars. These lesions were deemed to be a result of the collars' circular, inflexible design, increased weight, and a rigid component situated dorsally.. Despite being below 5% of the body mass as indicated in general animal research guidelines (Animal Care Committee, 1998), our equipment is heavier than that usually used in midsized deer. For this reason we opted to develop a way to distribute the load across the torso in order to minimize adverse effects. Contact with hard cases or rivets was prevented with EVA foam (Ethyl Vinyl Acetate) layers. As a result, none of the deer monitored in this study presented injuries related to the equipment.

The relatively high rate of failure (42%) of our equipment is expected during the development process, and was partly due to the difficulty in determining the appropriate fit of the suit.. We found out that suits fit better on larger pampas deer and therefore this design might not be appropriate for smaller deer species such as brocket deer (*Mazama spp.*). Nevertheless, rates of failure ranging from 25-40% are reported in studies using commercial GPS radiocollars (Merrill and Mech 2003, Gau et al. 2004, D'Eon and Serrouya et al. 2005), resulting in large losses of time and money.

Accuracy of the equipment used in this study is better than what was specified by the GPS receiver manufacturer and similar to that reported in the GPS wildlife tracking literature (Hulbert and French 2001, D'Eon et al. 2002; Di Orio et al. 2003). Since SA was ceased in 2000, there has been continuous modernization of civil GPS signals (Fontana et al. 2001) and spatial inaccuracy of non-post-processed GPS locations have achieved a level of resolution finer than most resource availability maps (i.e. vegetation, topography) and has become a source of error of least concern (Frair et al. 2004). With the development of lighter equipment and application of GPS telemetry techniques over a wider range of species, especially smaller vertebrates, researchers will be dealing again with the spatial inaccuracy problem. For most studies, though, especially those concerning habitat use, home-range or activity and movement patterns addressed to medium and large mammals, mean errors smaller than 10m won't jeopardize the power of conclusions that can be made from the data.

In this study, determination of activity was based on significant displacement rather than an activity sensor integrated into the equipment. This approach, although similar to linear distance between consecutive radiolocations, is underpinned by high accuracy of GPS locations. Assessing accuracy of GPS locations allowed us to avoid confounding



GPS error with short-distance movements and thereby biases our conclusions. Since modern activity sensors used in GPS radiotelemetry are only able to distinguish inactive from active behavior (Coulombe et al. 2006, Moen et al. 1996b) and not different types of behavior such as resting, standing, or feeding, we believe that our approach can yield similar results without requiring additional devices on the GPS collar.

Fix rate bias is yet a potentially more serious problem in GPS radiotelemetry, since it causes specific habitats, animals, or behaviors to be under-sampled. The first papers concerned with the fix rate bias approached this problem by placing Stationary GPS units in several places under different vegetation and terrain conditions. These authors reported that some habitat characteristics, such as density and height of vegetation, reduced the rate of successful location attempts (Rempel et al. 1995, Moen et al. 1996a, Di Orio et al. 2003) and that terrain interact with canopy closure reducing fix rate (D'Eon et al. 2002, Frair 2004) However, these relationships were relatively weak (Dussault et al. 1999, Biggs 2001), and animal-borne GPS collars tend to show lower fix rates than stationary GPS collars in the same habitats (Bowman et al. 2000, Dussault et al. 2001, Cain III et al. 2004) which suggests that most data loss is not related to site attributes. Nevertheless authors agree that it is still worthwhile to test fix rate bias in new habitats (Frair et al. 2004). We did not test for habitat-driven bias in fix rate because pampas deer are known to strongly avoid mature forest, selecting only open habitats (Redford 1987, Leeuwenberg and Lara Resende 1994), which our results confirmed.

Other studies provide evidence that animal attributes are a more important source of bias. Moen (2001) demonstrated that failed locations attempts increased from 12% when moose were inactive to 38% when active, whereas, in accordance to our results, Bowman et al. (2000) and Grave and Waller (2006) report better performance when animals are active in their work with white-tailed deer and grizzly bears, respectively. Better performance when animals are active can be explained by the GPS receiver being closer to the ground when animals are bedded, and hence more likely to be obstructed. Additionally, poor orientation of the antenna when the animal is lying down may increase both location error and fix-rate bias, mainly when antenna angle is $>90^\circ$ relative to the sky (D'Eon and Delparte 2005). Obstruction of the signal by the animal's body may also explain our results, as shown by Graves and Waller (2006) that bigger and heavier bears had lower fix success rates. Our results indicate that inactive deer have a slightly higher probability of losing fixes, however, this bias was removed after the data correction proposed here.

In 27 papers reviewed by Cain III et al. (2005) fix interval is inversely related with fix rate success, thus short-interval studies produce better results. The fix rate reported here is comparable with that reported in the literature and it remained above the regression line, within 95% CI limits, even before correction. Frair et al. (2004) observed that the 10% data loss created by following a biased model could lead to 30-40% probability of making a type II error in conclusions about the selection of rare habitat units. Our final corrected fix rate and time rate above 96,4% and 98% for each individual should be more than acceptable both for habitat selection and activity pattern studies. The use of time rate in our study is important because the fix rate measure only accounts for how many times the system did not follow the schedule. If the signal was lost for several minutes, or hours, this would be counted as one event of unscheduled location, even if it meant that many locations failed to be stored. In this way, time rate accounts for the ratio of the time monitoring was actually performed to the time it was expected to be performed, and may be more comparable with fix rates presented in other studies.



Before the advance of GPS radiotelemetry, intensive monitoring schedules were troublesome because of the demand for continuous presence of a research crew in the field, no matter the weather and light conditions, or the difficulty in accessing the animal's habitat. In many telemetry studies, animals were relocated once daily at roughly 24-hr intervals (Laundre' et al. 1987). With animal-borne GPS, planning a monitoring schedule became much simpler. Logistics are no longer the main concern, instead, researchers are confronted by the trade-off between frequency of location attempts and length of monitoring period. Studies are frequently concerned with factors influencing animals' daily displacement (Reynolds and Laundre' 1990, Rodrigues 1996, Fortin and Andruskiw 2003, Pépin et al. 2004). Daily displacement might be useful as an index of activity for long term periods, such as seasons, photoperiod length, age, reproductive cycle, etc, or cross-site comparison. Regardless of the sampling schedule, for this sort of study to be meaningful, perceived distance traveled must have a consistent relationship with actual distance traveled.

We found strong correlations ($r > 0.5$) between perceived movements (estimates of real movements) and real movements based on a 5min fix interval for sampling schedules with intervals shorter than 12 hours. The precision of the estimate falls gradually as the interval between fixes increases but when it shifts from 12-hr to 24-hr, the correlation coefficient falls abruptly to less than half (0,32), describing a relatively weak relationship. Our results differ from Laundre' et al. (1987) who did not find a correlation between one daily locations and real movement (depicted by short interval relocation) for pronghorns (*Antilocapra americana*), coyotes (*Canis latrans*) and mallard hens (*Anas platyrhynchos*). Reynolds and Laundre' (1990) found weaker relationships than ours using intervals varying from 1-12 hours for pronghorn and coyotes. The relationship between real movements and estimated movements at 12-24 hr fix intervals depends on movement patterns and time of the relocation. If the animal tends to return to the same sites to rest or to cover most of its home range in one day, less intensive sampling protocols estimates of displacement tend to lose relationship with actual daily displacement. Additionally, if location attempts coincide with the beginning or ending of active periods of denning animals, locations will always be within short distances of the den, underestimating the length of the animal's incursion through its home range. Our results suggest that once-daily relocations might not be a good activity index for pampas deer in the Central Pantanal of Brazil, as it accounts for too much unmeasured variability. The fact that one additional location each day resulted in a substantial improvement to the precision of the estimates further supports this assertion. .

The results of our fine-scale schedule indicate that pampas deer of the Central Pantanal have an average daily movement of 3.09 ± 1.67 km which is higher than that reported by Rodrigues and Monteiro-Filho (2000) of 2.19 ± 0.25 km in the rainy season and 1.49 ± 0.15 km in the dry season at Emas National Park. However, when we analyze movement in a coarser sampling interval (24-hr), our pampas deer moved 0.84 ± 0.60 km, which is less than that reported for Emas National Park in the dry season. Although Leeuwenberg and Lara Resende (1997) measured daily movement in different metrics, their general finding about movement and home-range of pampas deer in central Brazilian Cerrado (in the Federal District) are more similar to ours than to the results of Emas National Park (Rodrigues and Monteiro-Filho 2000).

Forage quality and availability is clearly a significant factor influencing deer movement rates and home-range throughout space and time (Puttman 1988). Pampas deer are considered to be selective browsers (Rodrigues and



Monteiro-Filho 1999, Berndt 2005) eating mostly flowers, new dicotyledonean leaves and new-growth herbs. Even in Argentinean Pampas, where the diet is largely composed of grasses (Jackson and Giuliatti 1988), pampas deer were defined as selective grazers, because of their preference for green shoots in dry conditions and for new-growth when available. Though, any interpretation of pampas deer movement should consider this foraging attributes to understand how this species interact with its environment.

The Central Pantanal grassland, with its several permanent and temporary ponds, is a very patchy landscape, especially from the view of selective foragers such as pampas deer. During the dry season, the green shoots and new-growth grasses are distributed around the water sources or on the lowest terrain of dried temporary ponds. From August to October, when vegetation is in its driest condition, ranchers renew their pasture by setting fires in some places. Pampas deer were frequently seen foraging in these burnt areas (as observed by Rodrigues 1996 and Berndt 2005), and the largest groups (10-12 animals) were seen foraging in green pasture growing on the moist soil of dried temporary ponds. In this way, during all dry season, distribution of high quality forage preferred by selective animals is concentrate on small patches.

Optimal foraging theory (MacArthur and Pianka 1966) attests that the main goal of a forager is to maximize energy uptake per unit of time. If a pampas deer is exploring its environment in a coarse-grained manner it will spent its time foraging in suitable food patches or traveling between suitable forage patches. In a situation where food is scarce (as in the dry season), travel between patches may only be worthwhile if energy uptake per unit of time spent in a given patch falls sufficiently below the potential energy available in the next patch, accounting also for the time it costs to reach the next patch. Under these conditions, animals would be expected to stay a relatively long amount of time in each patch before moving on. By comparison, in more uniform environments, time spent traveling is always low in comparison to time spent foraging, as forage is available everywhere in a less concentrated manner. In this situation, energy intake rate is optimized by continuous searching. Therefore, it is expected that in the Central Pantanal where resource distribution is patchier in space and time, pampas deer have lower movement rates than in Emas National Park, where resource distribution is more homogeneous.

For fix intervals shorter than one hour, change in sampling protocol did not influence the mean hourly displacement, nor the diel activity patterns described by hourly displacement. This is consistent with our finding related to daily displacement, and indicates that analysis of activity patterns in pampas deer may be done with coarser schedules than that used here, since the researchers use sensors that record activity information for the observation window directly preceding the reported GPS location. Early in the development of GPS radiotelemetry, most activity sensors were cumulative motion counters that were triggered by body bouncing (Moen 1996 *a, b*, Adrados et al. 2003, Pépin et al. 2004). The counters accumulated counts each minute, and then averaged these minutes' counts throughout the fix interval. The consequence was that with an increase in fix interval, sensor averages would tend to fall at central values, since both active and inactive bouts would be computed. More recently, activity sensors developed averaged only the counts in the few last minutes preceding each GPS location, thereby maintaining consistency over longer location intervals (Coulombe et al. 2006). Fix classification as active or inactive based on significant displacement have the same deficiency of the early activity sensors. Since the classification is based on movement accumulation, with a longer fix



interval, all fixes tend to be classified as active; activity rates tend to be super-estimated and hourly activity patterns become distorted. Our findings suggest that all mean hourly activity rates differed from each other with change in sampling protocols. A way to contour this problem when using fix interval longer than 5 minutes, may be to programmed GPS receiver to store two or three locations within a few minutes at each duty cycle and use the displacement between these locations to classify animals activity status at that moment. If not having this option, long fix interval should not be used to describe activity based on significative displacement.

Leeuwenberg and Lara Resende (1997), obtained 15 24-hr datasets with 1-hr fix intervals of two pampas deer in the central Brazilian Cerrado. They did not detect activity peaks nor differences between diurnal and nocturnal activity, as we did (described by figure 4b.4). Rodrigues and Monteiro-Filho (2000) tracked four animals on 12-hr monitoring periods during day (n=10) and night (n=11) with 30-min fix intervals and pooled the results to describe the daily cycle of pampas deer. Their findings indicated that pampas deer are active both during day and night and display large inter-individual variation in activity. These authors report a higher proportion of active locations than we do, and specially for one individual, activity rates were constantly around 80%, which is much higher than activity rates during dusk and dawn peaks registered here. One possible explanation for this difference is that the reset motion sensor used by Rodrigues and Monteiro-Filho (2000) is known to be easily triggered by head and comfort movements made by resting animals (Coulombe et al. 2006).

Our preliminary findings of major activity peaks at dawn and dusk, and higher activity during day than night were previously unknown for pampas deer, although these patterns are relatively common for other odocoilinae species (Beier and McCullough 1990, Rouleau et al. 2002, Coulombe et al. 2006).

Equipment developed in this study was half the cost per fix than the cheapest collar available from the most commonly used manufacturer. It is important to note that failure occurs in virtually all studies and that the potential additional costs related to equipment failure were not included in the costs estimates of the manufacturer's products. In this way, our equipment proved to be a useful low-cost alternative to conventional GPS collars for pampas deer and other medium and large ungulates. Despite its potential for generating high-quality information, GPS radiotelemetry is still an expensive tool to assess behavior of free-ranging animals, typically beyond the budget for developing countries, which is partly why so few studies have been conducted with GPS radiotelemetry in these countries.

The most serious limiting factor of the equipment presented in this study is the short length of the monitoring period for each individual animal. This short period hinders its use in studies of home range, migration, and seasonal changes in activity and patterns of habitat use. For some species, this obstacle could be overcome by repeatedly monitoring a large number of animals over short periods of time.

To our knowledge, this was the first study to deploy GPS on pampas deer, and until now, just two other studies reported the results of telemetry-based movements for this species. Considering the dearth of available information about this species, and its conservation status, our alternative to commercially available equipment becomes even more relevant in raising basic information to help conservation strategies...



Acknowledgments.

This research was supported by the “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” (Proc. PELD/CNPq nº 520056/06-1) and used the facilities of the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa Pantanal) on Nhumirim Ranch. CAZ was supported by scholarship from the “Brazilian Federal Agency for Support and Evaluation of Graduate Education” (CAPES). We thanks to “Idea Wild” for the donation of the GPS receivers. Ubiratan Piovezan and Fabiana Rocha, Augusto Lisboa Martins and Andre Avelar provide important help during capture procedures. Cesar Zucco Jr and Danielle Brown revised the English version e made helpful comments.

Literature cited

Animal Care And Use Committee. 1998. Guidelines for capture, handling and care of mammals as approved by the American Society of Mammalogists. *Journal of Mammalogy* 78:1416-1431,

Adrados, C., H.Verheyden-Tixier, B. Cargnelutti, D.Pépin, and G. Janeau. 2003. GPS approach to study fine-scale site use by wild red deer during active and inactive behavior s. *Wildlife Society Bulletin* 31:544-552

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

Bernt, A. 2005. Nutrição e ecologia nutricional de cervídeos brasileiros em cativeiro e no Parque Nacional das Emas – Goiás. Thesis, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brazil.

Beier, P., and D.R. McCullough. 1990. Factor influencing white-tailed deer activity patterns and habitat use. *Wildlife Monographs* 109.

Biggs, J.R., K.D. Bennett and P.R. Frequez. 2001. Relationship between home range characteristics and the probability of obtaining successful global positioning system (GPS) collar positions for elk Westen North American *Naturalist* 61:213-222.

Bowman, J.L., C.O. Kochanny, S. Demarais, and B.D. Leopold. 2000. Evaluation of a GPS collar for white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 28:141-145.

Breitenmoser, U., C. Breitenmoser-Würsten, G.A. Zuleta, F. Bernhart and M. O’Donoghue. 1992. A method to estimate travel distances of fast moving animals. Pages: 318-326 *in* Mancini, R., S. Fioretti, C. Cristalli and P. Bedini, editor. *Biotelemetry XII*. Litografia Felici, Ancona, Italy.

Braun, S.E. 1985. Home Range and Activity Patterns of the Giant Kangaroo Rat, *Dipodomys ingens*. *Journal of Mammalogy* 66:1-12

Calheiros D.F. and W.C Fonseca Jr. 1996. Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal. Embrapa CPAP, Documento 18, Corumbá, Brazil.



Cain III, J.W., P.K. Krausman, B.D. Jansen and J.R. Morgart. 2005. Influence of topography and GPS fix interval on GPS collar performance. *Wildlife Society Bulletin* 33: 926-934.

Camilo-Alves, C. de S.P. and G. Mourão 2006. Responses of a specialized insectivorous mammal to variation on ambient temperature. *Biotropica* 38:1-5

Cooke, S.J., S.G. Hinch, M. Wikelski, R.D. Andrews, L.J. Kuchel, T.G. Wolcott and P.J. Butler. 2004. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 19:334-343.

Coulombe, M., A. Massé and S.D. Coté. 2006. Quantification and accuracy of activity data measured with VHF and GPS telemetry. *Wildlife Society Bulletin* 34:81-92

Demaría, M.R., W.J. McShea, K. Koy and N.O. Maceira. 2003. Pampas deer conservation with respect to habitat loss and protected área considerations in San Luis, Argentina. *Biological Conservation* 115:121-130.

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.

D'Eon, R.G. 2003. Effects of a Stationary GPS fix-rate bias on habitat-selection analyses. *Journal of Wildlife Management* 67: 858-863.

D'Eon, R and D. Delparte. 2005. Effects of radio-collar position and orientation on GPS radio-collar performance, and the implication of PDOP in data screening. *Journal of Applied Ecology* 42:383-388

D'Eon, R. and R. Serrouya. 2005. Mule deer seasonal movement and multiscale resource selection using global positioning system radiotelemetry. *Journal of Mammalogy* 86:736-744

Di Orio, A.P., R. Callas and R.J. Schaefer. 2003. Performance of two GPS telemetry collars under different habitat conditions. *Wildlife Society Bulletin* 31:372-379.

Dussault, C., R. Courtois, J.P. Quellet and J. Huot. 1999. Evaluation of GPS telemetry collar performance for habitat studies in the boreal forest. *Wildlife Society Bulletin* 27:995-972.

Dussault C., R. Courtois, J.P. Quellet and J. Huot. 2001. Influence of satellite geometry and differential correction on GPS location accuracy. *Wildlife Society Bulletin* 29:171-179.

Frair, J.L., S.E. Nielsen, E.H. Merrill, S.R. Lele, M.S. Boyce, R.H.M. Munro, G.B. Stenhouse and H.L. Beyer. 2004. Removing GPS collar bias from habitat selection studies. *Journal of Applied Ecology* 41:201-212.

Fontana, R.D., W. Cheung and T. Stansell. 2001. The modernized L2 Civil Signal. *GPS World*. September.

Fortin, D., and M. Andruskiw. 2003. Behavioral response of free-ranging bison to human disturbance. *Wildlife Society Bulletin* 31:804-813.

Gau, R.J., R. Mulders, L.M. Ciarniello, D.C. Heard, C.L.B. Chetkiewicz, M. Boyce, R. Munro, G. Stenhouse, B. Chruszez, M.L. Gibeau, B. Milakovic, and K.L. Parker. 2004. Uncontrolled field performance of Televit GPS-Simplex™ collars on grizzly bears in western and northern Canada. *Wildlife Society Bulletin* 32:693-701.



González, S.; J.E. Maldonado, J.A. Leonard, C. Vilá, J.M. Barbanti-Duarte, M. Merino, N Brum-Zorilla and R.K. Wayne. 1998. Conservation genetics of the endangered pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*). *Molecular Ecology* 7:47-56,

Graves, T.A. and J. S. Waller. 2006. Understanding the causes of missed global positioning systems telemetry fixes. *Journal of Wildlife Management* 70:844-851.

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. *Archiv. F. Hydrobiol.* 137:1-23.

Harris, R.B., S.G. Fancy, C.G. Douglas, G.W. Garner, S.C. Amstrup, T.R. McCabe and L.F. Pank. 1990a. Tracking wildlife by satellite: current systems and performance. Washington, D.C.: United States Fish and Wildlife Service, Technical Report, No 30.

Harris, S., W.J. Cresswell, P.G. Forde, W.J. Trehwella, T. Woodllard and S. Wray. 1990b. Home-range analysis using radio-tracking data – a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* 20:9-123.

Harris, M.B., W. Tomas, G. Mourão, C.J. da Silva, E. Guimarães, F. Sonoda and E. Fachim. 2005. Safeguarding the Pantanal Wetlands: threats and conservation initiative. *Conservation Biology* 19:714-720

Hulbert I. and J. French. 2001. The accuracy of GPS for wildlife telemetry and habitat mapping. *Journal of Applied Ecology* 38:869-878.

Hulbert, I. 2001. GPS an it's use in animal telemetry: the next five years. Pages 51-60 in Proceedings of The Conference on Tracking Animals with GPS. The Macaulay Land Use Research Institute, 12-13 March 2001, Aberdeen, Scotland.

Hwang M.-H. and D.L. Garshelis. 2007. Activity patterns of Asiatic black bears (*Ursus thibetanus*) in the Central Mountains of Taiwan. *Journal of Zoology* 271: 203-209.

Jackson, J.E. 1987. *Ozotoceros bezoarticus*. *Mammalian Species* 295:1-5.

Jackson, J.E. and J.D. Giulietti. 1988. The food habits of pampas deer *Ozotoceros bezoarticus celer* in relation to its conservation in a relict natural grassland in Argentina. *Biological Conservation* 45:1-10.

Johnson, B.K., A.A. Ager, S.L. Findholt, M.J. Wisdom, D.B. Mark, J.W. Kern and L.D. Bryant. 1998. Mitigating spatial differences in observation rate of automated telemetry systems. *Journal of Wildlife Management* 62:958-967.

Krausmann, P.R.; V. C. Bleich, J.W. Cain III, T.R. Stephenson, D.W. DeYoung, P.W. McGrath, P.K. Swift, B.M. Pierce and B.D. Jansen. 2004. From the Field: Neck lesions in ungulates from collars incorporating satellite technology. *Wildlife Society Bulletin* 32:987-991.

Lawler, A. 2000. Scientist gain access to sharper GPS signal. *Science* 288:783.

Laundre², J.W., T.D. Reynolds, S.T Knicks and I.J. Ball. 1987. Accuracy of daily point relocations in assessing real movement of radio-marked animals. *Journal of Wildlife Management* 51:937-940.



Leeuwenberg F. and S Lara Resende. 1994. Ecologia de cervídeos na reserva ecológica do IBGE-DF: manejo e densidade de populações. *Cadernos de Geociências* 11:89-95.

Leeuwenberg F., S. Lara Resende, F.H.G. Rodrigues and M.X.A. Bezerril. 1997. Home range, activity and habitat use of the Pampas deer *Ozotoceros bezoarticus* L. 1758 (Arctiodactyla, Cervidae) in the Brazilian Cerrado. *Mammalia* 61:487-495.

MacArthur, R.H. and E. Pianka. 1966. On optimal use of patchy environments. *The American Naturalist* 100:603-609.

Merino, M.L., S. Gonzáles, F. Leeuwenberg, F.H.G. Rodrigues, L. Pinder and W. Tomás. 1997. Veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus* Linnaeus 1758): distribuição, história natural, ecologia e conservação. Pages 42-58 *in*: Duarte, J.M.B. editor. *Biologia e conservação dos cervídeos sul-americanos*. FUNEP, Jaboticabal, Brazil.

Merrill, S.B., L.G. Adams, M.E. Nelson and L.D. Mech. 1998. Testing releasable GPS radiocollars on wolves and white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 26:830-835

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.

Moen, R., J. Pastor, Y. Cohen and C.C. Schwartz. 1996a. Effects of moose movement and habitat use on GPS collar performance. *Journal of Wildlife Management* 60:659-668.

Moen, R., J. Pastor and Y. Cohen. 1996b. Interpreting behaviour from activity counters in GPS collars on moose. *Alces* 32:101-108.

Moen, R., J. Pastor and Y. Cohen. 1997. Accuracy of GPS telemetry collar locations with differential correction. *Journal of Wildlife Management* 61:530-539.

Moen, R., J. Pastor and Y. Cohen. 2001. Effects of animal activity on GPS telemetry location attempts. *Alces* 37:207-216.

Mourão, G. and I. Medri. 2002. A new way of using inexpensive large-scale assembled GPS to monitor giant anteaters in short time intervals. *Wildlife Society Bulletin* 30:1029-1032.

Murray D.L. and M.R. Fuller. 2000. A critical review of the effects of marking on the biology of vertebrates. Pages 15-64 *in*. Boitani L. and M.R. Fuller, editors. *Research Techniques in Animal Ecology: controversies and consequences*. Columbia University Press, New York, New York, USA.

Paise, G. and E.M. Vieira. 2006. Daily activity of a neotropical rodent (*Oxymycterus nasutus*): seasonal changes and influence of environmental factors. *Journal of Mammalogy*, 86:733-739

Pépin, D., C. Adrados, C. Mann and G. Janeau. 2004. Assessing real daily distance traveled by ungulates using differential GPS locations. *Journal of Mammalogy* 85:774-780.

Piovezan, U., C.A. Zucco and F.L. Rocha. 2006. Uso de dardos anestésicos para captura de veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) no Pantanal. Embrapa Pantanal, Documento 71, Corumbá, Brazil.



- Putman, R. 1988. *The Natural History of Deer*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Quesada M., K.E. Stoner, V. Rosas-Guerrero, C. Palacios-Guevara and, J.A Lobo. 2003. Effects of habitat disruption on the activity of nectarivorous bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in a dry tropical forest: implications for the reproductive success of the neotropical tree *Ceiba grandiflora*. *Oecologia* 135:400-406
- Redford, K. 1987. The pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) in central Brazil. Pages 410-414 in. Wemmer, C.M. editor. *Biology and Management of the Cervidae*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., USA.
- Reynolds, T.D. and J.W. Laundre'. 1990. Time interval for estimating pronghorn and coyote home ranges and daily movements. *Journal of Wildlife Management* 54:316-322
- Rempel R.S., A.R. Rodgers and K.F. Abraham. 1995. Performance of a GPS animal location system under boreal forest canopy. *Journal of Wildlife Management* 59: 543-551.
- Rettie W.J. and P.D. McLoughlin. 1999. Overcoming radiotelemetry bias in habitat selection studies. *Canadian Journal of Zoology* 77:1175-1184
- Rodgers, A.R., R.S. Rempel and K.F. Abraham.1996. A GPS-based telemetry system. *Wildlife Society Bulletin* 24:559-566.
- Rodgers, A.R. 2001. Tracking animals with GPS: the first 10 years. Pages 1-10 in *Proceedings of The Conference on Tracking Animals with GPS*. The Macaulay Land Use Research Institute, 12-13 March 2001, Aberdeen, Scotland.
- Rodrigues, F.H.G. 1996. *História Natural e biologia comportamental do veado campeiro em cerrado do Brasil Central*. Thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brazil.
- Rodrigues, F.H.G. and E.L.A. Monteiro-Filho. 1999. Feeding behaviour of the pampas deer: a grazer or a browser? *Deer Specialist Group News* 15:12-13.
- Rodrigues, F.H.G. and E.L.A. Monteiro-Filho. 2000. Home-range and activity patterns of pampas deer in Emas National Park, Brazil. *Journal of Mammalogy* 81:1136-1142.
- Rouleau, I., M. Cretê, and J.P. Ouellet. 2002. Contrasting summer ecology of white-tailed deer inhabiting a forested and an agricultural landscape. *Écoscience* 9:459-469.
- 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.
- Sundell, J., I. Kojola and I. Hanski. 2006. A new GPS-GSM-based method to study behavior of brown bear. *Wildlife Society Bulletin* 34:446-450.
- Van Schaik, C.P. e M. Griffiths. 1996. Activity periods of Indonesian rain forest mammals. *Biotropica* 28:105-112
- Wilkinson, L. 2004. *SYSTAT – systems for statistics*. Version 11. Systat Inc, San Jose, CA. USA.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Fourth edition. Prentice Hall, New Jersey, New Jersey, USA.



Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)