

Rastreamento de aves através de telemetria por rádio e satélite

Carlos Candia-Gallardo^{1*}, Marcelo Awade^{1**},
Danilo Boscolo² & Leandro Bugoni³

¹ Pós-Graduação em Ecologia de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos, Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo - USP, Rua do Matão, travessa 14, 321, Cidade Universitária, CEP 05.508-900, São Paulo / SP - Brasil. E-mail's: *candiagallardo@usp.br / **marceloawade@yahoo.com.br

² Programa de Pós-graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia - UFBA, Avenida Ademar de Barros, Campus de Ondina, CEP 40.170-290, Salvador / BA - Brasil. E-mail: danilo.boscolo@googlemail.com

³ Projeto Albatroz, Av. dos Bancários, 76/22, Ponta da Praia, CEP 11.030-300, Santos / SP - Brasil. E-mail: lbugoni@yahoo.com.br

Resumo: Neste capítulo apresentamos um breve histórico das aplicações da telemetria em estudos ornitológicos. Discutimos a viabilidade do emprego da técnica e a relação custo/benefício entre a telemetria e outras técnicas e entre diferentes tipos de telemetria, com ênfase em rastreamento de aves. Descrevemos os componentes básicos de sistemas de telemetria, bem como as principais tecnologias disponíveis (rádio-telemetria, telemetria via satélite, baseada em GPS, geolocalizadores). Apresentamos os principais métodos de fixação de transmissores em aves e seus potenciais efeitos adversos sobre as mesmas. Abordamos também os principais procedimentos de coleta de dados, além de métodos de análise (área de vida, descrição de movimentos, seleção de habitat). Uma lista de fabricantes de equipamentos e softwares é fornecida ao final do capítulo.

Palavras-Chave: área de vida, fixação de transmissores, processamento de dados, triangulação.

INTRODUÇÃO

Em estudos de fauna, telemetria (do grego *tele* = longe e *metro* = medir) é o nome dado a um conjunto de técnicas que utilizam dispositivos eletrônicos sem fio para determinar a posição, movimentação, padrões de atividade e/ou parâmetros fisiológicos de animais à distância. Dependendo dos objetivos do estudo, a telemetria ou sensoramento remoto é extremamente desejável, quando não indispensável. Através destas técnicas é possível rastrear os movimentos de espécies de difícil observação direta, além de monitorar vários indivíduos ao mesmo tempo e de forma contínua, dependendo das tecnologias empregadas. Ainda através da telemetria, animais podem ser monitorados com um mínimo de interferência do observador, em áreas inacessíveis ou quando as distâncias são percorridas rapidamente e por vastas áreas.

A telemetria abrange diferentes tipos e combinações de tecnologia (e.g. rádio-telemetria VHF, UHF, manual, via satélite, baseada em GPS, geo-

localizadores), cada qual com distintas possibilidades e limitações. Neste capítulo discutiremos as principais técnicas de telemetria que vêm sendo utilizadas para responder questões de interesse ornitológico. Daremos ênfase às técnicas utilizadas para a localização e rastreamento de aves (*tracking*), apesar do sensoriamento remoto também poder ser utilizado para o registro de parâmetros fisiológicos e ambientais (*biotelemetry* ou *biologging*), tais como batimentos cardíacos e consequentemente gasto energético, profundidade e duração de mergulho em aves aquáticas, temperatura da água, ritmo de atividades, temperatura estomacal ou taxa de ingestão de alimento, rumo e velocidade de deslocamento, altitude de voo, dentre outras aplicações (para maior aprofundamento sobre estas técnicas ver as revisões de WILSON *et al.*, 2002 e COOKE *et al.*, 2004).

Apresentaremos aqui os principais equipamentos utilizados em telemetria de aves, bem como procedimentos de coleta e análise de dados, sem a pretensão de esgotar o assunto. Existem livros

inteiros dedicados à rádio-telemetria de animais silvestres (e.g., KENWARD, 2001; MILLSPAUGH & MARZLUFF, 2001a), além de livros dedicados exclusivamente à análise de dados provenientes dessas técnicas (WHITE & GARROTT, 1990). Pretendemos, portanto, familiarizar o leitor com o tema e, principalmente, enfatizar as possibilidades e limitações do uso da telemetria para os interessados em responder questões biológicas envolvendo aves. Esperamos que após a leitura deste capítulo (e dos demais), o leitor esteja mais apto a avaliar a viabilidade e pertinência do uso de técnicas de telemetria em seus projetos. Sugerimos, além da leitura das obras acima citadas, a consulta a pesquisadores mais experientes, tanto para questões de delineamento quanto para a escolha de equipamentos adequados. A fim de alcançar estes objetivos, apresentamos ao final do capítulo uma relação de fabricantes de equipamentos de telemetria e de aplicativos para análise de dados (APÊNDICE 1).

BREVE HISTÓRICO DA TELEMETRIA E SUA APLICAÇÃO EM ESTUDOS ORNITOLÓGICOS

No final dos anos 50, foram realizados os primeiros estudos utilizando telemetria em animais silvestres. As principais questões de tais estudos relacionavam-se às respostas fisiológicas destes animais durante atividades como o voo e mergulho. Em um estudo pioneiro, ELIASSEN (1960) monitorou as frequências cardíacas e batimento de asas de patos-reais (*Anas platyrhynchos*) durante o voo através de um dispositivo acoplado às aves.

Os primeiros transmissores que permitiram a localização e rastreamento de animais através de sinais de rádio surgiram nos anos 60 (COCHRAN & LORD, 1963; MARSHALL & KUPA, 1963). Durante as duas décadas seguintes foram desenvolvidos transmissores com tecnologias híbridas, os quais além de fornecer localização, também eram capazes de registrar temperatura, postura, movimento, direção e outros aspectos da atividade animal (KENWARD, 2001).

Em 1981 o exército dos EUA iniciou um programa capaz de rastrear animais em escalas continentais ou globais utilizando satélites. As primeiras aves rastreadas por esse sistema foram cisnes e águias em 1983-84 (SEEGAR *et al.*, 1996) e aves marinhas como o petrel-gigante-do-sul (*Macronectes giganteus*) (PARMELEE *et al.*, 1985) utilizando transmissores com cerca de 180 g. A partir dos anos 90, com a melhoria na precisão das localizações, maior número de satélites em órbita, diminuição do tamanho dos transmissores e fabricação de equipamentos em escala comercial, o uso de tele-

metria via satélite começou a se tornar popular. Os grandes avanços dessas tecnologias foram a possibilidade de coleta remota de dados, isto é, sem a necessidade da presença do pesquisador em campo para medir localizações dos animais, e a possibilidade de rastreamento contínuo de vários indivíduos simultaneamente. O primeiro estudo realizado por pesquisadores brasileiros com a técnica monitorou três Tuiuiús (*Jabiru mycteria*) no Pantanal (ANTAS & NASCIMENTO, 1996).

Atualmente, grande parte dos estudos utilizando telemetria tem se concentrado em determinar o tamanho de áreas de uso e seleção de habitats pelas espécies-alvo através de rádio-telemetria manual (e.g., GRAHAM, 2001; BELLIS *et al.*, 2004; PEACH *et al.*, 2004), além de padrões de migração através de telemetria via satélite (e.g., MARTELL *et al.*, 2001; FOX *et al.*, 2003) e viagens de forrageamento de aves marinhas durante o período reprodutivo (WILSON *et al.*, 2002; PHILLIPS *et al.*, 2008). Técnicas de telemetria também têm sido utilizadas para avaliar dispersão natal (e.g., MARTIN *et al.*, 2008), taxas de sobrevivência de aves jovens e adultas sob diferentes circunstâncias (e.g., NAEF-DAENZER *et al.*, 2001; KING *et al.*, 2006), partição de recursos e competição entre espécies simpátricas (e.g., GRÉMILLET *et al.*, 2004; HAGEN *et al.*, 2007), monitoramento do sucesso de programas de soltura e reintrodução de espécies criadas em cativeiro ou apreendidas do tráfico (e.g., SANZ & GRAJAL, 1997; SEIXAS & MOURÃO, 2000; PARISH & SOTHERHON, 2007), quantificação da dispersão de sementes por aves (WESTCOTT *et al.*, 2005; WEIR & CORLETT, 2006), sobreposição entre áreas utilizadas por aves e atividades antrópicas como a pesca (PHILLIPS *et al.*, 2006) e diferenças de comportamentos diurno e noturno (PHALAN *et al.*, 2006), dentre diversas outras aplicações. Ainda, a telemetria tem sido utilizada para avaliar efeitos da fragmentação e perda de habitats, tais como o efeito de borda sobre aves florestais (HANSBAUER *et al.*, 2008) e o papel de áreas antrópicas (LAURENCE & GOMEZ, 2005; BOSCOLO *et al.*, 2008) e corredores de habitat (CASTELLÓN & SIEVING, 2006) nos deslocamentos de espécies florestais. Outra aplicação que vem sendo dada à telemetria é sua utilização como ferramenta para avaliar a eficiência de outras técnicas de estudo (e.g. premissas da contagem por trajeto - BACHLER & LIECHTI, 2007; observações diretas em obtenção de estimativas de sobrevivência - ESLER *et al.*, 2000; buscas ativas por ninhos para averiguar padrões de seleção de habitats para nidificação - POWELL *et al.*, 2005; impactos de monitoramento de ninhos por

observadores humanos - THORN *et al.*, 2005) e para descobrir áreas de reprodução ou invernagem de espécies ameaçadas (OSBORNE *et al.*, 1997b; KANAI *et al.*, 2002).

AVALIANDO A VIABILIDADE E A RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO DA TELEMETRIA

Antes de se iniciar qualquer projeto de pesquisa é fundamental que os objetivos sejam claros e que o delineamento experimental seja bem planejado, ainda mais devido aos custos iniciais elevados para a compra de equipamentos de telemetria, como veremos adiante. Considerações sobre a elaboração de delineamentos amostrais estão além do escopo deste capítulo, porém detalhes podem ser encontrados em SCHEINER & GUREVITCH (1993), GARTON *et al.* (2001) e QUINN & KEOUGH (2002). Além disso, no Brasil é necessária a obtenção prévia de licenças para a captura e fixação de transmissores em aves, as quais são emitidas pelo CEMAVE (www.ibama.gov.br/cemave) e IBAMA – SISBIO (www.ibama.gov.br/sisbio).

Nem sempre a telemetria é o método mais adequado ou vantajoso para se abordar uma questão, pois uma série de restrições pode tornar sua relação custo-benefício pouco atraente ou até mesmo inviável (JACOB & RUDRAN, 2004). Por outro lado, o uso de telemetria apresenta grandes vantagens em muitas circunstâncias. Por exemplo, estimativas de sobrevivência obtidas por telemetria podem ser mais robustas, pois possibilitam ao pesquisador constatar diretamente eventos de mortalidade e de dispersão, parâmetros essenciais na obtenção destas estimativas. Já a marcação de aves de alta mobilidade com anilhas metálicas ou plásticas coloridas pode ser pouco efetiva para responder perguntas que necessitam de monitoramento individual por resultar em poucos registros posteriores e baixa proporção de recapturas (cerca de 0,05% - ROBERTSON, 2004). Entretanto, este tipo de marcação pode ser bastante eficiente no monitoramento de espécies conspicuas e de baixa mobilidade.

O custo-benefício da utilização de técnicas de telemetria deve ser cuidadosamente avaliado em comparação com métodos alternativos. Questões importantes que devem ser consideradas antes de se optar pelo uso da técnica são: i) há recursos financeiros suficientes? ii) a massa do transmissor e sua colocação não causarão efeitos adversos à ave? iii) a mesma é facilmente capturada para colocação do transmissor? iv) haverá tempo disponível suficiente para o trabalho de campo (especialmente tempo para rastreamento) para responder às perguntas formuladas?

Dentre as técnicas disponíveis para estudar aves, a telemetria é uma das mais custosas financeiramente. Não obstante, pode ser a única alternativa disponível para abordar uma questão de interesse. O custo dos equipamentos, assim como suas características, variam bastante de acordo com o fornecedor, por isso recomendamos uma pesquisa detalhada antes da compra (ver APÊNDICE 1). A telemetria é considerada uma das melhores técnicas a ser utilizada em estudos que envolvem o monitoramento de aves que percorrem longas distâncias (e.g. espécies migratórias), entretanto exige o uso de transmissores de alta potência que, por consequência, são mais pesados. Em geral, quanto maior o transmissor, maior é seu valor e menor é a gama de espécies que podem suportá-lo. O mesmo se aplica aos transmissores por satélite, no qual o sinal de rádio emitido por transmissores ou PTT's (do inglês *Platform Transmitter Terminal*) precisa ser forte o suficiente para ser captado pelo satélite e por isso esgota as baterias pequenas em pouco tempo.

Características da(s) espécie(s)-alvo, tais como massa corpórea, taxas de captura, comportamento e sensibilidade a distúrbios e facilidade de manuseio devem ser levadas em conta antes do início de um estudo com telemetria. A massa dos indivíduos pode ser um fator limitante. Por exemplo, o uso da técnica em aves de tamanho reduzido pode ser inviabilizado se não for possível conciliar o limite máximo de peso do transmissor (ver tópico **Técnicas de fixação**) com a durabilidade e potência mínima necessárias para a condução do estudo (ver tópico **Transmissores** quanto à relação potência/durabilidade). Hoje, por exemplo, existem transmissores que podem ser acoplados a espécies de até 15 g, que duram cerca de 15-25 dias emitindo um sinal detectável a cerca de 1-2 km em condições ideais (linha de visão – *line of sight*), dependendo da potência empregada. Além disso, para espécies mergulhadoras (ex. pinguins, biguás) ou mesmo para espécies de voo rápido, a força de arrasto adicional causado pelo transmissor em contato com o meio pode ser mais importante que a massa (BANNASCH *et al.*, 1994).

Outro ponto fundamental é a avaliação da compatibilidade do cronograma estabelecido em relação ao tempo necessário para a execução do projeto. A elaboração do cronograma deve considerar o tempo necessário para a conclusão de uma série de atividades. A compra dos equipamentos deve ser providenciada pelo menos três meses antes do início previsto das amostragens, pois a maioria dos fabricantes os produz somente sob encomenda. Atrasos podem ainda ocorrer no caso de importações. Deve-se levar em conta o tempo necessário

para se dominar a técnica no campo, já que até mesmo pesquisadores experientes podem demorar em conseguir informações de qualidade ao estudar uma nova espécie (KENWARD, 2001). Espécies de difícil captura acarretam em um tempo maior para a conclusão do estudo (i.e. coleta de uma amostra satisfatória). O tempo gasto devido a imprevistos, tal como a perda de indivíduos monitorados, seja por mortalidade ou devido à queda ou falha dos transmissores, também precisa ser computado (JACOB & RUDRAN, 2004). Por fim, considerar aspectos logísticos é indispensável. Em muitos casos, a aplicação do método de telemetria, principalmente a rádio-telemetria manual, demanda um grande esforço para a obtenção de amostras pequenas. Nesse sentido, projetos de longa duração podem ser necessários para responder as questões propostas. Ademais, o método de acesso às áreas de provável ocorrência da ave marcada precisa ser cuidadosamente considerado. O acesso pode ser feito a pé, com veículo, barco ou mesmo de avião, dependendo do local. Embora a princípio um pesquisador possa ser intimidado pelo custo de uma hora de voo, os resultados obtidos em pouco tempo de voo podem superar em muito a quantidade e qualidade dos dados coletados através de rastreamento terrestre, e mesmo ser financeiramente vantajoso.

COMPONENTES BÁSICOS

Um sistema de rádio-telemetria é composto por três unidades básicas: transmissor, receptor e antena. Para o caso de telemetria via satélite, além dos dois primeiros componentes, há também uma estação base na terra, responsável pela coleta e processamento inicial dos dados. No entanto, diferentes combinações de tecnologias podem tornar o sistema mais complexo. Descreveremos agora as unidades básicas, e abordaremos diferentes possibilidades de sistemas ao longo do texto.

Transmissores

O transmissor é um dispositivo que fixado ao animal transmite sinais (usualmente ondas VHF ou UHF) que podem ser rastreados à distância, revelando sua posição. Transmissores podem, além disso, registrar, armazenar e/ou transmitir informações do animal tais como temperatura, batimentos cardíacos, posição do corpo, além de informações do ambiente que o cerca (COOKE *et al.*, 2004). Em sistemas de telemetria cuja coleta de dados é efetuada via satélite, os transmissores emitem sinais de rádio captados pelos satélites em órbita terrestre que estão sobre a área no momento em que o sinal é emitido (ARGOS, 1996).

Os transmissores são, no geral, constituídos de um circuito eletrônico devidamente encapsulado, alimentado por uma bateria e acoplado a uma antena emissora (não confundir com a antena de recepção; KENWARD, 2001). Este circuito é capaz de gerar ondas eletromagnéticas em uma frequência pré-determinada e transmiti-las em pulsos com taxas também pré-determinadas. A potência do sinal emitido pelo transmissor dependerá do tamanho de sua bateria, sendo que baterias maiores (i.e., mais pesadas) proporcionam uma transmissão mais potente e duradoura. Como veremos no tópico **Técnicas de fixação**, o tamanho de uma ave restringe o peso máximo que um transmissor pode ter e, portanto, sua potência máxima de emissão. Além disso, a potência de emissão também pode ser ajustada regulando-se o consumo energético da bateria. Quanto maior o consumo para enviar o sinal (e.g. maior taxa de emissão) maior a potência emitida, porém, menor será a durabilidade da bateria. PTT's podem ser programados para permanecerem desligados por determinado período (ex. 12h ligado:12h desligado; 24h ligado:48h desligado, etc.) ou programados para transmitirem durante o provável período em que o satélite esteja cruzando a área, desta forma diminuindo o consumo da bateria, aumentando o tempo total de funcionamento do equipamento e maximizando a obtenção de localizações.

Restrições legais ao uso de radiofrequências devem também ser levadas em consideração ao escolher a frequência de seus transmissores. No Brasil, a liberação para o uso de rádio-transmissores de radiação restrita é regulada através da Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL, a qual define as faixas de rádio frequência que podem ser utilizadas sem a emissão de uma licença específica (ver resoluções 365/2004 e 457/2007 em <http://www.anatel.gov.br>).

As principais limitações da telemetria e os principais pontos avaliados na hora de decidir sobre seu uso se referem aos transmissores. Sugerimos a consulta a KENWARD (2001) e ao *website* de fabricantes (APÊNDICE 1) para aqueles que desejam conhecer em detalhes os diferentes modelos de transmissores disponíveis.

Receptores

O receptor é a unidade que capta os sinais emitidos pelo transmissor e os codifica (por exemplo, em pulsos sonoros), possibilitando a identificação e/ou localização da unidade transmissora. Os receptores tornam possível o controle da frequência de recepção do sinal. Essa função é de extrema importância, especialmente para o acompanhamento

simultâneo de diversas aves em uma mesma região, quando o transmissor de cada indivíduo transmite o sinal em uma frequência única. Atualmente há diferentes fabricantes e modelos de receptores (APÊNDICE 1) que, apesar de possuírem diferentes características, no geral têm as mesmas funções básicas. Essas funções são o controle de frequência de recepção, controle de sensibilidade (ganho) do receptor, painel medidor de intensidade do sinal captado e também alto-falantes com controle de volume para que o sinal recebido possa ser ouvido pelo observador. Além disso, receptores podem variar quanto à faixa de frequências em que trabalham, quanto ao número de canais disponíveis (o que influencia na escolha do modelo e quantidade de transmissores que podem ser monitorados simultaneamente) e quanto ao peso. Receptores podem estar junto ao pesquisador, fixos no ambiente ou até mesmo em satélites.

Antenas

Para localizar os transmissores a médias e longas distâncias é necessário o uso de antenas capazes de amplificar o sinal para o receptor. Isso não se aplica no rastreamento por satélite, onde o papel da antena na telemetria convencional (i.e. por rádio) é executado pelos próprios satélites. Dois tipos funcionais de antena existem, as omni-direcionais e as direcionais. Estas últimas, ao contrário das primeiras, permitem estimar a direção do sinal emitido pelo transmissor.

A antena mais simples existente é a do tipo chicote (*whip*), composta por um único elemento vertical e de captação omni-direcional. Outro tipo de antena bastante simplificado é a dipólo (*dipole*), a qual consiste em uma haste metálica simples conectada via cabo ao aparelho receptor e possui uma baixa capacidade de recepção direcional. Outro modelo de antena é a circular (Figura 1B), que possui a forma de um aro e que, com o uso de um adaptador, pode ser fixada diretamente no receptor, sem uso de cabos. Esse tipo de antena também possui baixa direcionalidade na captação do sinal. No entanto, por seu formato simples e campo restrito de recepção, é bastante adequada para seguir indivíduos a curtas distâncias ou com transmissores emitindo frequências abaixo de 100 MHz (KENWARD, 2001).

O tipo de antena direcional mais utilizado é a chamada Yagi (UDA & MUSHIAKE, 1954). Essa antena consiste em uma haste metálica central sobre a qual hastes menores (elementos) são perpendicularmente fixadas, por isso popularmente denominada antena 'espinha de peixe' (Figura 1A). Por apresentar um campo assimétrico de recepção, esse

tipo de antena possibilita ao observador determinar a direção do sinal. Quanto maior for a quantidade de elementos de uma antena Yagi, maior será seu alcance e sua direcionalidade na recepção de um sinal. No entanto, antenas Yagi com mais de três elementos tendem a ser demasiadamente grandes e desconfortáveis para serem carregadas manualmente e manipuladas em campo, porém são adequadas quando fixas a um veículo terrestre, barco ou aeronave.

Semelhante às antenas Yagi há também as do tipo H-Adcock, (TAYLOR & LLOYD, 1978; Figura 1C). Sua direcionalidade é similar a uma antena Yagi, porém sofrem com o problema de ambiguidade reversa, identificando com precisão a direção do sinal, mas não o sentido de onde ele provém (i.e. sinais com picos semelhantes para a direção apontada e para 180° em relação a esta). Esse problema pode ser resolvido se um dos elementos da antena for menor que o outro, forçando a assimetria do campo de recepção e fazendo com que o mesmo seja maior nesse sentido. Entretanto, isso se dá à custa de uma perda na precisão da direção do sinal, tornando-a semelhante a uma Yagi de dois elementos (KENWARD, 2001). Pensando nas dificuldades de carregar estes modelos de antena em campo, os fabricantes vêm desenvolvendo formatos dobráveis.

FIXAÇÃO DOS TRANSMISSORES

Avaliando Efeitos Adversos dos Transmissores

Antes de nos atermos às técnicas de fixação *per se* devemos tecer algumas considerações sobre a manutenção do bem estar dos indivíduos a serem monitorados. Segundo KENWARD (2001), é praticamente impossível evitar totalmente os efeitos adversos provenientes do manuseio e fixação dos transmissores. Portar transmissores, independen-

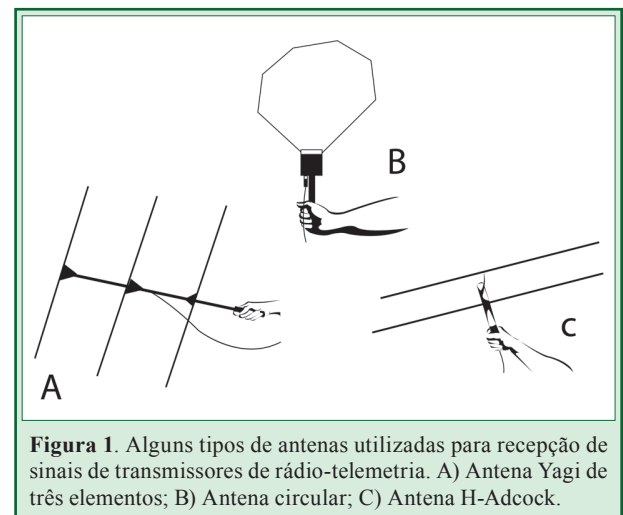


Figura 1. Alguns tipos de antenas utilizadas para recepção de sinais de transmissores de rádio-telemetria. A) Antena Yagi de três elementos; B) Antena circular; C) Antena H-Adcock.

te de quão leve sejam, imputa um custo energético adicional ou desconforto aos animais. O aumento do consumo energético, mesmo que por um breve período após a colocação do transmissor, é comum em muitas espécies (GESSAMAN & NAGY, 1988; CULIK & WILSON, 1991). No entanto, nem sempre o aumento da atividade metabólica incorre em modificações do comportamento de forrageio dos animais (PENNYCUICK *et al.*, 1989).

Os transmissores devem ser fixados adequadamente para evitar desacoplamento prematuro e efeitos adversos sobre o comportamento das aves. Estes são alguns dos principais motivos de uma amostragem não representativa e enviesada. Os efeitos negativos dos transmissores podem ser de longa duração, crônicos ou agudos, e podem alterar drasticamente diversos comportamentos das espécies, como: comprometimento da capacidade de levantar vôo, aumentando sua vulnerabilidade à predação (PUTAALA *et al.*, 1997); redução na velocidade e na duração dos vôos (GESSAMAN & NAGY, 1988); baixas performances de forrageio, reduções na sobrevivência e perda de massa corporal (MARKS & MARKS, 1987; MASSEY *et al.*, 1988; MARCSTRÖM *et al.*, 1989; HUBBARD *et al.*, 1998). Para aves durante o período reprodutivo, podem ocorrer abandono definitivo do ninho, redução na frequência de visitas ao ninho e na alimentação dos filhotes (PHILLIPS *et al.*, 2003).

CALVO & FURNESS (1992) reportam que 66% dos estudos revisados que utilizaram rádio-transmissores (n=187) não mencionaram ou não avaliaram possíveis efeitos nas aves. Entretanto, cerca da metade dos estudos que avaliaram efeitos de transmissores em aves não detectaram efeitos negativos (revisado em WITHEY *et al.*, 2001). Em grande parte dos casos, efeitos decorrentes do manejo e colocação de transmissores em aves selvagens são de curta duração (KENWARD, 2001). É o caso de aumentos nas atividades de limpeza e alisamento das penas (HOOGE, 1991), que geralmente ocorrem por um breve período logo após a soltura dos animais marcados. Mesmo efeitos de longa duração podem não alterar os resultados dependendo dos objetivos da pesquisa. Além disso, alguns efeitos podem ser evitados ou diminuídos. Um exemplo simples é não marcar os animais em períodos do ano em que sabidamente a espécie se encontra mais frágil ou vulnerável (e.g., reprodução, períodos de escassez de alimento; HORTON & CAUSEY, 1984), ou que durante estes períodos sejam tomados cuidados extras para evitar distúrbio excessivo. Pode-se, também, reduzir o tempo de rastreamento das aves quando a recaptura e remoção do equipamento é possível, como por exemplo, em colônias (PHILLIPS *et al.*, 2003).

É indispensável que o pesquisador saiba avaliar a viabilidade da telemetria frente aos seus potenciais efeitos adversos. Quando a fixação de transmissores promove alterações substanciais nos resultados ou prejudicam o bem estar das aves, a telemetria não deve ser aplicada, tanto por razões éticas quanto por produzirem resultados influenciados pelos efeitos adversos dos transmissores. Portanto, é importante que se faça um estudo piloto para avaliar os efeitos da fixação de transmissores nos animais, já que os mesmos variam de acordo com a espécie estudada e o método de fixação (WITHEY *et al.*, 2001).

Quando se suspeita previamente que a colocação de transmissores afeta a espécie, testes preliminares com o uso de uma imitação de transmissor (simulando o tamanho e massa do equipamento) podem ser realizados, associados a observações para constatar possíveis efeitos, tanto comportamentais quanto de adesão do transmissor. Evita-se, assim, a perda de um ou vários transmissores reais (e caros). Estes simuladores podem ser construídos de borraça, cortiça, madeira, arame ou outro material. Além disso, permitir alguns dias de aclimação entre a colocação do transmissor e o início da coleta de dados de interesse também é recomendável (WHITE & GARROTT, 1990).

Técnicas de Fixação

A tecnologia na fabricação de transmissores para uso biológico vem evoluindo notoriamente desde sua primeira aplicação em animais selvagens no começo da década de 1960 (COCHRAN & LORD, 1963; RAWSON & HARTLINE, 1964; NAEF-DAENZER *et al.*, 2005). Atualmente, existem transmissores para quase todos os tipos de aves, com diversos modos de acoplagem, confeccionados por uma grande variedade de fabricantes (APÊNDICE 1). Um dos quesitos mais importantes para a seleção de um transmissor adequado à espécie-alvo é o seu método de fixação. Para a escolha do método de fixação mais apropriado devemos ponderar sobre alguns aspectos essenciais: i) a massa do transmissor em relação à massa corporal do animal, ou o atrito com o meio no caso de aves mergulhadoras, ii) o tempo médio de manuseio do animal para a efetivação do processo de fixação, iii) nível de habilidade necessária para o pesquisador, iv) tempo total de rastreamento do animal, v) taxa de perda dos transmissores, vi) riscos de efeitos adversos significativos no animal, e vii) necessidade de sedação do animal.

O método de fixação está diretamente relacionado à massa total do transmissor, sendo esta considerada um critério de exclusão na escolha da

técnica de fixação. Por exemplo, a acoplagem de arreios ou laços ao corpo do transmissor pode acarretar em aumentos de massa consideráveis, principalmente nos modelos para pequenos Passeriformes. Transmissores para acoplagem nas retrizes (*tail-mount*) não devem pesar mais de 2% da massa do animal para que não se percebam efeitos adversos significativos (KENWARD, 2001). Essa proporção aumenta para 3% da massa corporal para transmissores do tipo gargantilha/collar e para 5% para transmissores dos tipos arreios, adesivos ou implantes (KENWARD, 2001, ver também ALDRIDGE & BIRGHAM, 1988). Estas proporções são, de certa forma, arbitrárias, pois poucos estudos se destinaram a avaliar o efeito de cargas extras no desempenho das diferentes espécies de aves (GESSAMAN & NAGY, 1988; PENNYCUICK *et al.*, 1989).

Quanto à sedação dos animais, deve-se avaliar sensatamente sua imprescindibilidade. Uma introdução resumida aos tipos de anestésicos e seus efeitos pode ser acessada em KENWARD (2001). Sedativos e anestésicos podem levar um animal à morte se aplicados incorretamente. Por mais fracos que sejam, provocam reações adversas no período pós-anestésico, tais como alterações no reflexo, no senso de espaço e desequilíbrio. Tais efeitos indesejáveis podem durar desde poucas horas até alguns dias, dependendo tanto da droga utilizada e sua dosagem, como da espécie anestesiada. Por isso animais sedados só podem ser liberados após um longo período de recuperação. Dessa forma, sempre que possível deve-se evitar a sedação dos animais (KENWARD, 2001), embora, como veremos adiante, o método de implante exija esse procedimento.

As principais técnicas de fixação empregadas em aves (Tabela 1) são descritas abaixo:

Arreios (Harness): este é o método mais utilizado para fixação de transmissores em aves, exceto as marinhas. Consiste em acoplar alças de material inerte e não cortante ao corpo do transmissor, as quais são utilizadas para vestir o animal. Por isso, os primeiros modelos foram chamados de mochilas

(BRANDER, 1968), onde as alças passam pelos ombros da ave (Figura 2A). As alças podem ser confeccionadas em neoprene, borracha siliconada, fio de cobre envolto pelos materiais anteriores, elástico de roupas, barbante de algodão e até mesmo fio dental neutro (KENWARD, 2001). A escolha do material mais apropriado dependerá da espécie em que será empregado, assim como da fase do desenvolvimento em que o animal se encontra (i.e., recém saído do ninho, jovem, adulto). Desta forma, se o interesse é estudar o comportamento de indivíduos que acabaram de sair do ninho, é desejável utilizar materiais mais elásticos quando estes ainda não apresentarem tamanho adulto.

Apesar de bastante recomendados em estudos ornitológicos (POWELL *et al.*, 1998; HILL *et al.*, 1999; WOOLNOUGH *et al.*, 2004), diversos efeitos negativos do uso de arreios foram reportados. Destacamos a redução de diversos comportamentos associados ao voo, redução das taxas de crescimento, de recaptura e do tempo destinado à alimentação, aumento de tempo destinado a atividades de manutenção e menor conteúdo lipídico corporal (GESSAMAN & NAGY, 1988; HOOGE, 1991; OSBORNE *et al.*, 1997a; HUBBARD *et al.*, 1998; PHILLIPS *et al.*, 2003; ROBERT *et al.*, 2006). Para aves marinhas o uso de arreios não é recomendado, e a massa do transmissor deve ser inferior a 3% da massa corporal da ave, devido às altas taxas de deserção do ninho, redução na habilidade de voo e viagens de forrageamento mais demoradas (PHILLIPS *et al.*, 2003). Além disso, este é um método que demanda bastante tempo no manuseio dos animais e requer muita habilidade do pesquisador para ser implementado (KENWARD, 2001).

Modelos alternativos de transmissores com arreios vêm sendo elaborados a fim de minimizar efeitos indesejáveis. KENWARD *et al.* (2001) propuseram um modelo em que uma das alças passa pelo pescoço e a outra pelo corpo, sendo que elas se ligam por meio de uma tira ao longo do peito – ao invés da tradicional ligação cruzada (em forma de

Tabela 1. Avaliação subjetiva das diferentes técnicas de fixação dos transmissores (X = baixa desvantagem; XX = média desvantagem; XXX = alta desvantagem; modificado de KENWARD, 2001).

Técnica	Tempo de manuseio	Habilidade requerida	Taxa de perda	Risco de efeitos adversos	Considerações
Implante	XXX	XXX	X	XX	Baixo alcance do sinal; invasiva
Arreios	XX	XXX	X	XXX	Pode causar efeitos adversos relevantes
Adesivos	X	XX	XXX	XX	Taxa de retenção varia bastante
Gargantilha	X	X	X	XX	Pode causar efeitos na alimentação
Acoplagem em retriz	X	XX	XX	X	Perda das penas da retriz; somente para aves grandes

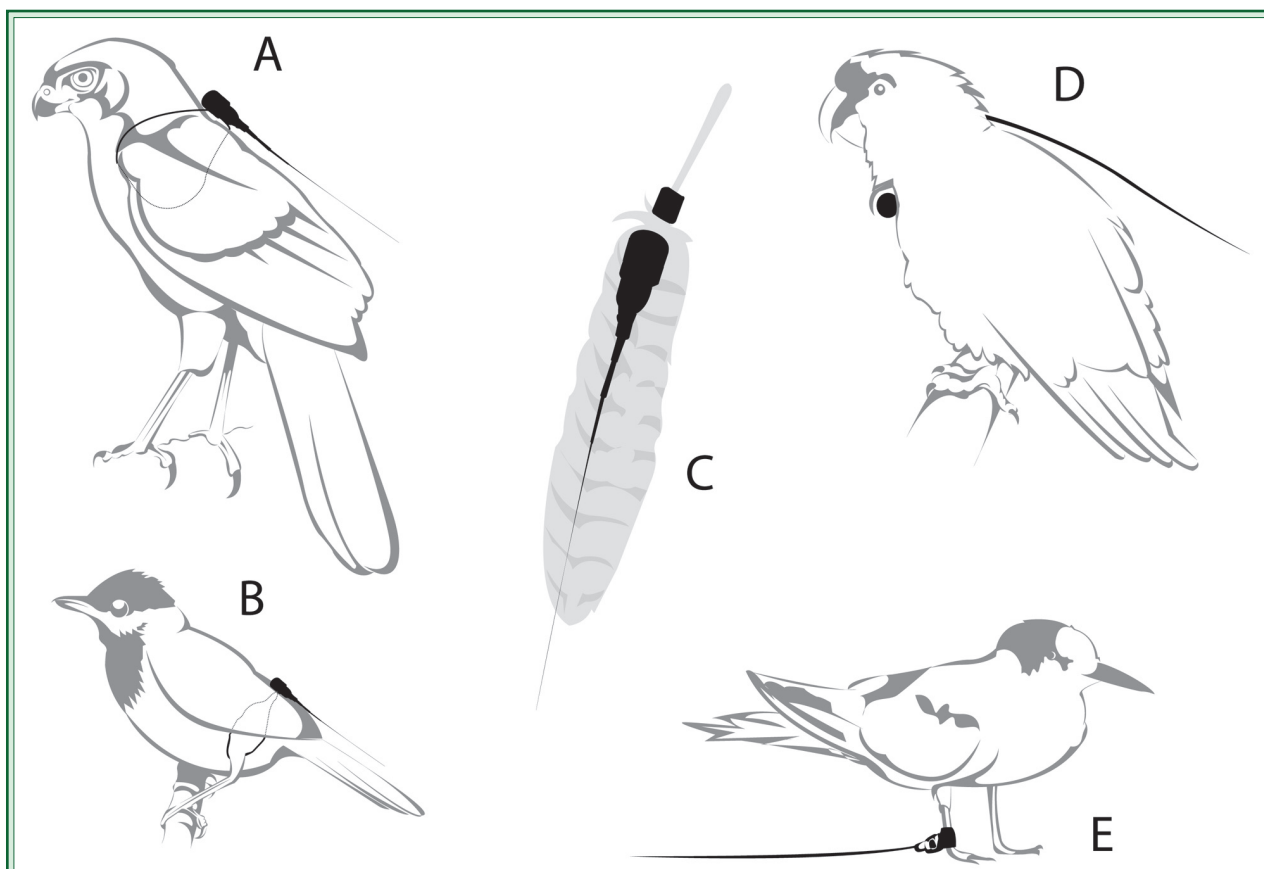


Figura 2. Exemplos de métodos de fixação de transmissores de telemetria em aves. A) Arreios do tipo mochila (*backpack*); B) Arreios do tipo *leg-loop*; C) Montagem sobre retriz (*tail-mount*); D) Gargantilha/colar (*necklace*); E) Transmissor acoplado em anilha.

“X”). Já RAPPOLE & TIPTON (1991) sugerem um modelo para uso em Passeriformes com as alças passando pelas pernas do animal (*leg-loop harness*), tornando o procedimento mais rápido (Figura 2B). Independente do modelo, é preciso ajustar corretamente o diâmetro das alças, evitando que fiquem muito frouxas ou apertadas demais. NAEF-DANZER (2007) fornece uma função para estimar o diâmetro correto das alças do tipo *leg-loop* a partir da massa da espécie-alvo.

Adesivos: essa técnica é bastante apropriada para o uso em pequenas aves tais como Passeriformes, já que adiciona pouco peso extra e pela baixa incidência de efeitos adversos (WITHEY *et al.*, 2001). Consiste basicamente em se colar o transmissor diretamente na pele do animal direcionando a antena para as retrizes. Para isso, as penas da região inter-escapular (RAIM, 1978) ou uropigial devem ser cuidadosamente cortadas, expondo uma área de pele equivalente ao do material a ser colado (Figura 3A). Deve-se tomar muito cuidado para não encobrir a glândula uropigial. Recomenda-se, também, que os transmissores sejam colados antes em uma tira de gaze, neoprene ou espuma finos e esta colada na pele do animal (Figura 3B e C), pro-

porcionando uma melhor fixação e menor desconforto para a ave (RAIM, 1978; KENWARD, 2001).

A cola utilizada não deve irritar e nem causar abrasões na pele da ave. Além disso, deve ter maleabilidade para não restringir seus movimentos, assim como apresentar rápida secagem. As colas mais utilizadas são aquelas à base de cianoacrilato (JOHNSON *et al.*, 1991; BOWMAN *et al.*, 2002; WOOLNOUGH *et al.*, 2004) e colas cosméticas para cílios postiços (SYKES JR. *et al.*, 1990; GÖTH & JONES, 2001), sendo estas últimas, preferencialmente, com látex para aumentar a maleabilidade (M. Hansbauer *com. pess.*).

A grande desvantagem deste método é o baixo tempo de retenção do transmissor no corpo da ave (KENWARD, 2001). Em geral, estes ficam aderidos entre 2-4 semanas (RAIM, 1978; SYKES *et al.*, 1990; JOHNSON *et al.*, 1991; GÖTH & JONES, 2001; BOWMAN *et al.*, 2002), dificultando estudos que demandam mais tempo. A realização de suturas epidérmicas feitas com fio dental sem cera, aliado à colagem dos transmissores nas penas das costas pode aumentar a média do número de dias de retenção, tornando esta técnica equiparável à de arreios (WHEELER, 1991). Entretanto, suturas



Figura 3. Fixação de rádio-transmissor através de adesivo (cola) no olho-de-fogo-do-sul (*Pyriglena leucoptera*). A) Corte de penas e exposição da região do uropígio; B) Fixação do transmissor; C) Visão geral da ave após a fixação. Notar que a glândula uropigial não foi encoberta pelo transmissor.

devem ser evitadas em Passeriformes devido ao pequeno tamanho e à fragilidade destas aves. Já para a fixação de PTT's nas penas do dorso de aves marinhas, o uso de fitas adesivas especiais (*cloth tape*, WILSON *et al.*, 1997) é o método mais recomendável, permanecendo aderidos por diversos meses até que a ave efetue a muda da plumagem.

Acoplagem nas retrizes (Tail-mount): Neste método o transmissor é fixado em uma ou duas retrizes por meio de cola, fitas, fios ou mesmo ganchos (KENWARD, 2001; Figura 2C). Esta técnica é empregada principalmente em aves de rapina (e.g., KENWARD, 1978; TAYLOR, 1991; MONTOYA *et al.*, 1997; KENWARD *et al.*, 1999), dado o tamanho adequado de suas retrizes em relação ao tamanho dos transmissores, e ao fato destas espécies realizarem tardiamente as mudas do segundo par de retrizes (KENWARD, 2001). Apesar dos poucos estudos destinados a verificar os vieses associados à acoplagem dos transmissores nas retrizes, esse é um método que provoca pequeno (IRVINE *et al.*, 2007) ou nenhum efeito adverso nas aves (TAYLOR, 1991;

WOOLNOUGH *et al.*, 2004). As principais desvantagens desta técnica são o alto tempo de manuseio dos animais, a exigência de muita habilidade por parte do pesquisador, a alta taxa de perda dos transmissores e a possibilidade de troca de retrizes (KENWARD, 2001; WOOLNOUGH *et al.*, 2004). Contudo, o uso de fitas adesivas especiais vem se mostrando uma técnica bastante promissora, reduzindo bastante o tempo de manuseio, assim como aumentando consideravelmente o tempo de retenção do transmissor (WILSON *et al.*, 1997).

Gargantilha/Colar (Necklace): dentre os métodos aqui mencionados, este é o mais fácil e rápido de ser executado em campo. A gargantilha ou colar, confeccionada em material flexível e contendo um transmissor acoplado, se prende ao pescoço da ave (Figura 2D). Entretanto, o peso deste tipo de transmissor precisa ser cuidadosamente avaliado, para que não afete a postura dos animais marcados.

Esta técnica aplica-se bem em aves de pescoço longo e a única habilidade requerida é a precisão no nível de aperto da gargantilha, a fim de se

evitar danos físicos, estrangulamento ou incapacidade da ave marcada ingerir alimentos. Portanto, recomenda-se o conhecimento dos hábitos alimentares das espécies-alvo para que se possa levar em conta o tamanho dos alimentos engolidos no ajuste da gargantilha (KENWARD, 2001). Visto que o uso de gargantilhas pode alterar o sucesso reprodutivo (CAIZERGUES & ELLISON, 1998) e aumentar a taxa de mortalidade de juvenis (HÖFLE *et al.*, 2004), deve-se evitar sua utilização durante o período reprodutivo ou em indivíduos que ainda estão em crescimento. Atualmente, existem gargantilhas expansíveis que podem amenizar os efeitos adversos acima mencionados.

Implante: os primeiros transmissores utilizados em estudos de telemetria animal em campo eram fixados por meio de implantes subcutâneos (RAWSON & HARTLINE, 1964). As principais vantagens desta técnica são a não interferência externa no comportamento da ave estudada, o longo período no qual os transmissores ficam ancorados e a possibilidade destes poderem conter sensores de monitoramento da atividade do organismo. Entretanto, é a técnica mais invasiva, exigindo procedimentos cirúrgicos com anestesia que requerem supervisão veterinária (MULCAHY, 2006), e um longo tempo de retenção da ave antes de sua soltura. Outra desvantagem importante é o baixo alcance do sinal emitido por tais transmissores, sendo pouco indicados para animais migratórios (JACOB & RUDRAN, 2004).

Existem controvérsias a respeito de seus efeitos adversos, pois dependendo da espécie, estes podem ser mais ou menos graves (SCHULZ *et al.*, 1998; ESLER *et al.*, 2000; GARRETSON *et al.*, 2000; BOWMAN *et al.*, 2002; SMALL *et al.*, 2004; WHIDDEN *et al.*, 2007). O melhor local para o implante do transmissor na ave também é controverso. Alguns estudos mostraram que implantes subcutâneos causam menos efeitos adversos em relação a implantes intra-abdominais (SCHULZ *et al.*, 1998; SMALL *et al.*, 2004). KORSCHGEN *et al.* (1996) observaram uma alta perda de sinal associado a implantes subcutâneos. Além disso, WHIDDEN *et al.*, (2007) mostraram fortes efeitos negativos sobre ninhegos quando implantes subcutâneos foram acoplados em adultos parentais. ESLER *et al.* (2000) recomendam o implante intra-abdominal como a técnica mais confiável para estudos com espécies aquáticas.

Acoplagem em anilhas: rádio-transmissores podem ser aderidos a anilhas metálicas ou plásticas (Figura 2E). Transmissores aderidos a anilhas metálicas foram usados com sucesso para rastrear Trinta-réis-boreal (*Sterna hirundo*) na costa e no

mar por até três semanas (BUGONI *et al.*, 2005). O transmissor possui uma longa e flexível antena (*whip*) que é esperada romper-se em poucos meses, após a exaustão da bateria, reduzindo os efeitos sobre as aves. Trinta-réis rastreados no Brasil foram observados com rádio transmissores em suas colônias nos EUA (P.C. Lima *in litt.*), confirmando que mesmo durante a longa migração os efeitos nesta espécie são reduzidos.

Quando os transmissores prescindem de antena e necessitam ficar em contato com a água para a coleta de temperatura superficial do mar ou ritmo de atividade (e.g. voo *vs.* pouso), a fixação em anilhas é o método mais recomendável. Geolocalizadores que precisam ficar aderidos por longo tempo (até um ano) também são frequentemente fixados deste modo já que as penas são frequentemente trocadas.

ESTIMANDO LOCALIZAÇÕES

Dependendo do sistema de telemetria utilizado, a estimativa de localização das aves marcadas pode ser realizada de diferentes formas, tais como observação direta (*homing in*), rastreamento por satélite, por aeronaves e triangulação usando estações móveis ou fixas (WHITE & GARROTT, 1990). Pode ser presencial (i.e., requer a presença de um observador em campo) ou remota, como no caso de sistemas automatizados. A seguir descrevemos os procedimentos de coleta mais utilizados em estudos com aves.

Coleta Manual de Dados

Na coleta manual de dados as estimativas de localização são obtidas por um ou mais observadores munidos de antena e receptores portáteis. Neste procedimento são preferíveis modelos de antenas e receptores leves e de fácil manuseio, o que restringe o alcance de recepção do sinal. Assim, a coleta de dados manual não é recomendável em estudos de migração ou para espécies que percorrem grandes distâncias diárias. Para contornar este problema, alguns pesquisadores utilizam automóveis, barcos ou até mesmo aeronaves para acompanhar indivíduos (KENWARD, 2001; MILLSPAUGH & MARZLUFF, 2001a). Assim, podem utilizar antenas mais potentes (e pesadas) e cobrir maiores distâncias. Este procedimento pode apresentar altos custos financeiros, embora em algumas situações o custo-benefício seja vantajoso ou mesmo a única opção.

O grau de refinamento exigido para a estimativa das localizações depende dos objetivos do estudo. Assim, o intuito pode ser desde apenas confirmar a presença de uma ave em certo local,

até estimar sua posição exata. A técnica de triangulação é muito utilizada para estimar a posição de indivíduos marcados. Essa técnica exige o uso de antena direcional (e.g. Yagi), que o pesquisador utiliza para estimar a direção do sinal emitido pelo transmissor. Uma vez estabelecida esta direção, seu ângulo em relação ao norte magnético é determinado por meio de uma bússola. Esse procedimento deve ser repetido em três ou mais posições conhecidas pelo pesquisador para que a triangulação possa ser efetuada. Caso haja mais de um observador, as medidas podem ser estabelecidas simultaneamente; caso contrário, devem ser estabelecidas de forma sequencial. As posições a partir de onde foram feitas as medidas devem então ser plotadas em um mapa georreferenciado da região, e, a partir de cada uma delas, traçam-se semi-retas orientadas pelos ângulos coletados em cada posição (estes ângulos devem ser corrigidos pela declinação magnética local para compensar a diferença entre o norte magnético e geográfico da Terra). As semi-retas traçadas devem se intersectar em um ponto ou formar um polígono, indicando a localização do transmissor (Figura 4). Este procedimento de plotagem pode ser realizado através de softwares (ver APÊNDICE 1).

No entanto, a técnica de triangulação não fornece a localização precisa da ave, mas uma **estimativa** de sua verdadeira localização (WITHEY *et al.*, 2001). Diferentes fatores podem embutir erros nas estimativas. O movimento da ave durante medidas de direção sequenciais de uma triangulação aumenta consideravelmente os erros das estimativas. Por isso, é recomendável reduzir os intervalos entre as medições sequenciais de uma triangulação, ou que estas medições sejam realizadas simultaneamente (WITHEY *et al.*, 2001). Além disso, erros dos instrumentos de medida (bússola e GPS) e do observador na determinação das direções também diminuem a acurácia das estimativas. São muito comuns ambiguidades na determinação da direção do sinal (i.e. quando não se é capaz de estabelecer uma única direção). Fatores externos podem alterar a qualidade de recepção do sinal, como tempo chuvoso, a densidade da vegetação e o relevo, refletindo o sinal ou mesmo obstruindo completamente sua recepção. A elevação da antena pode resolver parcialmente esses problemas, pois quanto mais alta sua posição em relação ao solo, melhor a recepção do sinal.

Os erros nas estimativas de localização devem, portanto, ser medidos e minimizados a fim de melhorar a qualidade dos

dados obtidos (ver WITHEY *et al.*, 2001). Com este intuito foram desenvolvidos estimadores de localização para dados coletados por triangulação, muitos deles disponíveis em softwares (ver APÊNDICE 1). No geral, estas estimativas fornecem **polígonos de erro** ou **elipses de confiança** ao redor do ponto estimado (WITHEY *et al.*, 2001). Um destes estimadores calcula o baricentro do triângulo formado pela intersecção das retas (MECH, 1983), uma vez que as localizações são geralmente determinadas por meio de três direções (ângulos de visada). Porém, esta técnica é questionada, visto que cada direção pode ser obtida com uma precisão diferente. Assim, foram propostos estimadores de localização baseados em máxima verossimilhança (LENTH, 1981), os quais exigem cálculos complexos que, sem o uso de computadores, demandam muito tempo para serem executados. No aplicativo LocateIII[®], por exemplo, pode-se optar entre o uso de três estimadores de máxima verossimilhança que ponderam diferentemente os erros de cada medida de direção (NAMS, 2006; manual do LocateIII[®]). O estimador de máxima verossimilhança propriamente dito não atribui pesos às medidas de direção, enquanto que os estimadores de Huber e de Tukey dão menos peso às medidas com maior erro (ANDREWS *et al.*, 1972). Recomenda-se o uso desses dois últimos estimadores quando se possui mais de cinco direções em uma triangulação (NAMS, 2006).

Coleta de Dados por Estações Fixas

Existem sistemas de telemetria que dispensam a presença do pesquisador durante a coleta de dados

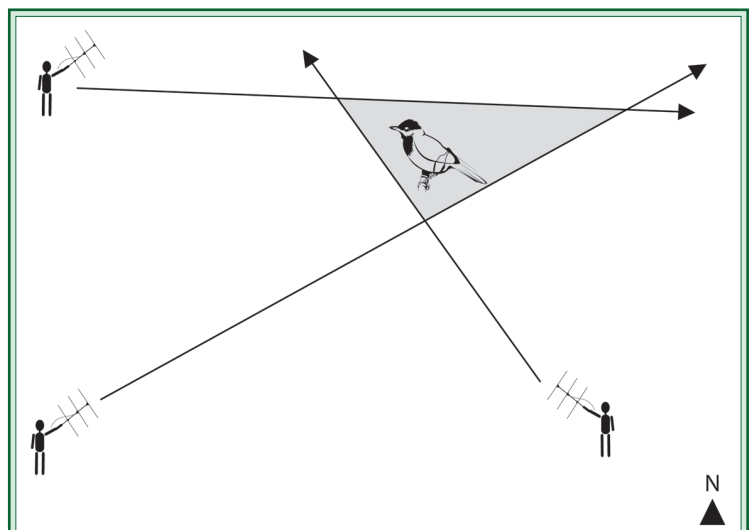


Figura 4. Exemplo de procedimento de triangulação. Em cada ponto (1 a 3) é estimada a direção (ângulo) do transmissor, de forma sequencial ou simultânea. O polígono resultante (área sombreada) deve conter o ponto de localização da ave. Ver a sessão **Estimando Localizações** para maiores detalhes.

através do emprego de estações fixas automatizadas (e.g., COOKE *et al.*, 2004; CASTELLÓN & SIEVING, 2006). Estas são capazes de coletar automaticamente os dados de localização de um ou mais indivíduos simultaneamente. Variam desde simples estações compostas de um receptor e antena omni-direcional a torres munidas de um sistema integrado de antenas direcionais (KENWARD, 2001). Estações do primeiro tipo são usadas quando se deseja verificar a presença de aves marcadas em um dado ambiente, ou quando se deseja monitorar a visitação de locais específicos, como ninhos ou corredores florestais (e.g., CASTELLÓN & SIEVING, 2006). Já o segundo tipo se aplica quando se pretende registrar dados de uso do espaço em que as localizações devem ser determinadas com mais refinamento.

Citamos dois exemplos extremos de sistemas com estações fixas, sendo que variações podem ser implementadas, dependendo da criatividade e tecnologias disponíveis. Por exemplo, podem ser montadas grades (*grids*) de estações fixas, cada qual com um sistema integrado de antenas direcionais, a fim de se registrar o uso do espaço por um animal por meio de triangulação simultânea (COOKE *et al.*, 2004). Sistemas de telemetria hiperbólica (ver RODGERS, 2001) também utilizam grades de estações fixas, porém as estimativas são obtidas através da diferença de tempo (atraso) no qual o sinal chega a cada estação.

Estações fixas podem demandar a presença humana para registro dos dados obtidos pela estação ou podem se valer do uso de memórias acopladas aos receptores (*data loggers*) para o registro. Esses equipamentos podem armazenar informações continuamente, em intervalos pré-definidos ou apenas quando o sinal procurado for detectado. *Data loggers* registram também o momento exato da identificação do sinal. Um sistema desses não requer obrigatoriamente a presença constante de pessoas para operá-lo, mas é preciso que a estação seja verificada periodicamente para a troca de baterias, manutenção do equipamento e coleta dos dados registrados na memória. Entretanto, alguns sistemas contam com envio da informação em tempo real para uma estação coletora de dados, como é o caso do sistema montado na ilha de Barro Colorado, no Panamá (ver www.princeton.edu/~wikelski/research/index.htm).

Coleta de Dados Via Satélite e Baseada em GPS

No rastreamento por satélite com PTT's, o transmissor emite sinais de rádio em frequências altamente estáveis de 401.6 MHz que são captados

pelos satélites em órbita ao passar sobre o transmissor. A localização é calculada com base no efeito Doppler, uma vez que a localização e a velocidade de deslocamento do satélite em órbita são conhecidas. Para o cálculo da localização do animal são necessários diversos sinais do PTT coletados em um intervalo de segundos ou poucos minutos. O sinal coletado é enviado pelo satélite para estações em terra (antenas) que por sua vez repassam os dados para estações de processamento, em geral do sistema ARGOS que opera na França e Estados Unidos (Veja <http://www.cls.fr> e ARGOS, 1996). O pesquisador não precisa se preocupar com estes cálculos, já que receberá os dados impressos ou digitais (em CD-ROM, ou acessando o sistema *on-line* através de senha pessoal) mediante pagamento de taxa de uso do serviço (Tabela 2).

Cada localização vem acompanhada da latitude, longitude, altitude, data, hora e nível de acurácia, entre outras especificações técnicas. O nível de acurácia (LC) é extremamente importante porque determina o grau de confiabilidade na localização fornecida. É classificado em: LC 3 – precisão menor que 150 m; LC 2 – entre 150 e 350 m; LC 1 – entre 350 e 1000 m; LC 0 – precisão > 1000 m; LC A, B e Z, quando o número de sinais obtidos não for suficiente para calcular a acurácia (ARGOS, 1996). Mesmo os sinais com acurácia desconhecida (ou seja A, B e Z) podem ser utilizados desde que tomados alguns cuidados.

As localizações são em geral filtradas posteriormente antes de serem utilizadas para análises da distância percorrida, velocidade, área de vida ou outras. Uma 'limpeza' inicial pode ser feita eliminando-se dados impossíveis com base no conhecimento existente sobre a biologia da espécie, por exemplo uma ave marinha sobrevoando o continente, uma ave terrestre cruzando o mar ou uma ave aquática em meio a uma floresta. Outras localizações improváveis são na maioria das vezes eliminadas através de um filtro iterativo (e.g. MCCONNELL *et al.*, 1992), e estabelecendo-se uma velocidade máxima possível para a espécie: quando os valores de velocidade forem superiores ao valor determinado (por exemplo 90 km/h em albatrozes e petréis, PHILLIPS *et al.*, 2006) a localização de menor LC é eliminada e repete-se o processo até que todas as velocidades entre localizações geográficas sucessivas sejam menores que a velocidade máxima pré-estabelecida. Em geral este procedimento por si só elimina as localizações improváveis (e.g. em terra para uma ave marinha pelágica, Figura 5).

Como demonstrado acima a acurácia dos dados obtidos por PTT's é bastante inferior ao for-

necido pelos aparelhos de GPS's portáteis que usamos em campo, devido ao funcionamento bastante distinto entre ambos. Também deve ser evidente ao leitor que os GPS's são bastante maiores e mais pesados que um PTT acoplado a uma ave, e que atualmente variam entre 8 e 60 g. Transmissores GPS ao invés de enviar sinal de rádio ao satélite em órbita, obtêm as coordenadas geográficas de modo similar aos GPS's portáteis e as enviam ao satélite. Desta forma, a precisão destes transmissores é semelhante a dos GPS's portáteis, ou seja, alguns metros e permite coletar localizações em intervalos de poucos segundos. Este tipo de transmissor tem sido utilizado para rastrear grandes mamíferos já há algum tempo, mas somente recentemente tiveram seu tamanho reduzido (atualmente cerca de 20 g) e passaram a ser considerados possíveis em estudos com aves (e.g. WEIMERSKIRCH *et al.*, 2002; BIRO *et al.*, 2004; BURGER & SHAFFER 2008).

Geolocalizadores: Na última década foram desenvolvidos aparelhos que permitem a determinação da localização de aves a partir do registro da intensidade da luz associados à data e horário (WILSON *et al.*, 2002; AFANASYEV, 2004). Geolocalizadores possuem um sensor de luz ambiente e uma unidade de armazenamento e medem a intensidade de luz em intervalos de 30 segundos a 3 minutos. A latitude é derivada a partir do número de horas do dia com luz e a longitude a partir do horário do nascer e pôr-do-sol (WILSON *et al.*, 2002; AFANASYEV, 2004). Por não emitir ondas de rádio o tamanho do equipamento é bastante reduzido e a durabilidade da bateria bastante longa. Atualmente estão disponíveis geolocalizadores de apenas 1,5 g e durabilidade de 2 anos ou 3,6 g e capacidade de rastrear uma ave por até 6 anos, a um custo inicial bastante inferior aos PTT's ou transmissores GPS (similar aos custos de rádio-transmissores), e sem custos de operação (http://www.antarctica.ac.uk/bas_research/instruments/instrument7.php). Limitações do método são a precisão das localizações (180-200 km, PHILLIPS *et al.*, 2004; BURGER & SHAFFER 2008) que o torna útil apenas para rastreamento de longos deslocamentos, a necessidade de recapturar a ave para descarregar os dados, apenas duas localizações por dia e a impossibilidade de determinar a latitude alguns dias antes e depois dos equinócios (WILSON *et al.*, 2002; PHILLIPS *et al.*, 2004).

Tabela 2. Comparação dos custos financeiros e efetividade de transmissores por satélite em comparação com rádio-transmissores em dois estudos de aves marinhas realizados no Brasil.

	PTT's	Rádio-transmissores
Tempo de Rastreamento	2 meses*	3 semanas*
Custos		
Transmissor (valor unitário)	R\$ 6.000,00	R\$ 200,00 (x 14 unidades)
Custo mensal	R\$ 40,00 (x 2 meses)	-----
Custo diário	R\$ 25,00 (x 49 dias)	-----
Custo avião (por hora de voo)	-----	R\$ 800,00 (x 34 h)
Total	R\$ 7.305,00	R\$ 30.000,00
Resultados		
n (número de aves amostradas)	1	12
Dias amostrados	49	7
N.º de localizações por dia	8-14	1
N.º de localizações por ave	3167	4-10
Total de localizações	3167	100
Fonte	Bugoni <i>et al.</i> (no prelo)	Bugoni <i>et al.</i> (2005)

Vantagens dos PTT's: Precisão na localização, várias localizações por dia, mínima logística após a colocação, único método em áreas remotas.

Desvantagens dos PTT's: Elevado custo inicial; em geral, com baixo 'n'; limitado a aves grandes (massa elevada); efeitos adversos nas aves podem ser maiores devido ao tamanho.

* Tempo de vida útil da bateria

ANÁLISE DE DADOS

Nesta seção apresentamos os princípios básicos de análise dos dados obtidos por telemetria, com ênfase em variáveis relacionadas à movimentação, não nos atendo a detalhes dos modelos estatísticos empregados nestas análises. Abordagens detalhadas sobre o tema são apresentadas em WHITE & GARROTT (1990) e MILLSPAUGH & MARZLUFF (2001a).

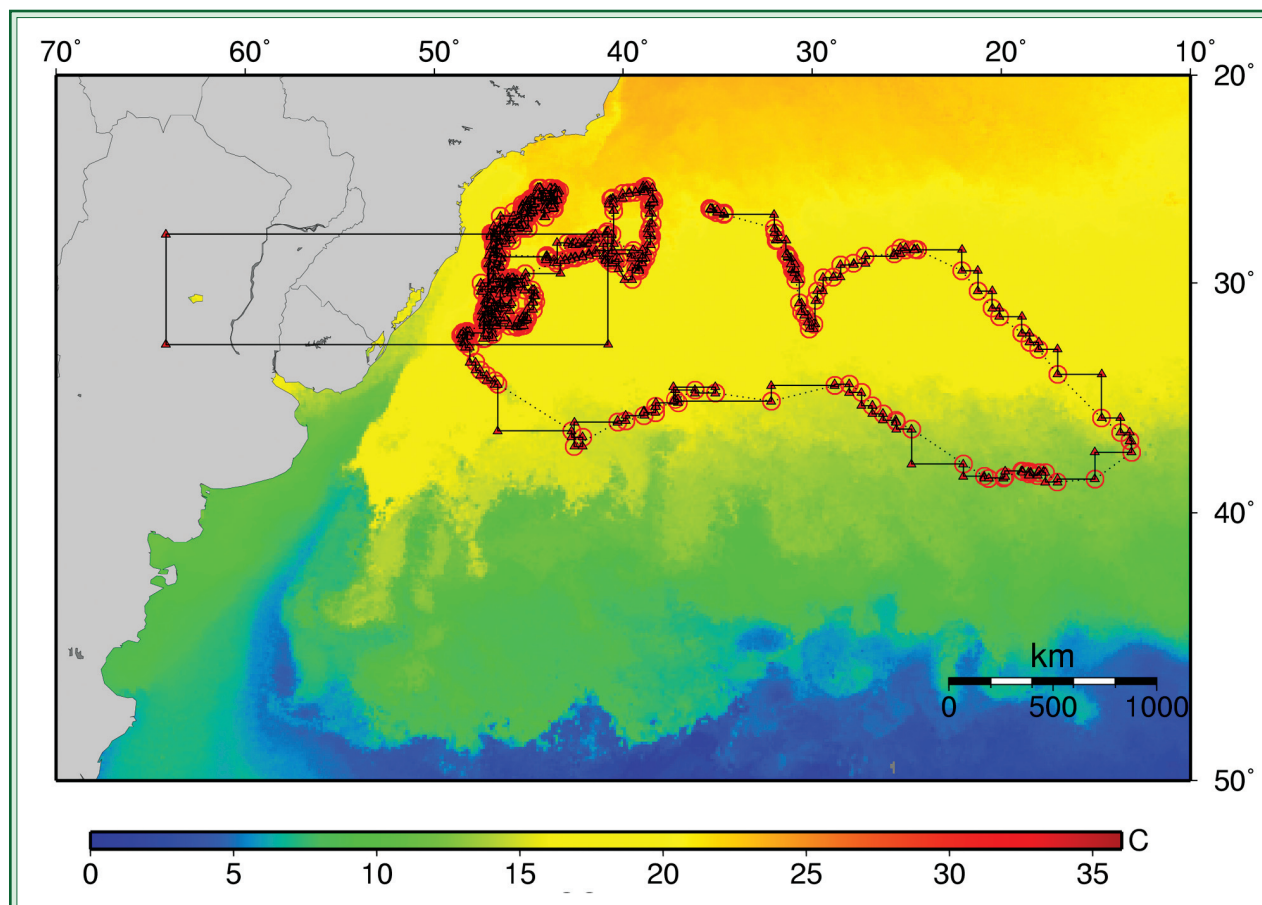


Figura 5. Localizações de uma Pardela-de-óculos (*Procellaria conspicillata*) rastreada com satélite (PTT) no sul do Brasil. Os triângulos sólidos conectados por linha contínua representam todas as localizações com todos os níveis de acurácia (LC's). Após a aplicação de filtro de velocidade, diversos pontos improváveis são eliminados permanecendo apenas aqueles cuja velocidade entre localizações sucessivas é inferior a 90 km/h (a velocidade possível para a espécie). Os pontos filtrados (círculos vazados) e a trajetória da ave (linha pontilhada) são representados. Note que localizações irreais no interior do continente são também eliminadas por este procedimento. A coloração indica a temperatura da superfície do mar média para o mês de setembro de 2006. Mapa elaborado através do STAT (Satellite Tracking and Analysis Tool; COYNE & GODLEY, 2005), disponível online gratuitamente em www.seaturtle.org/maptool.

Requisitos Prévios

Dependendo dos objetivos propostos, é necessária a obtenção de imagens de satélite, fotos aéreas e/ou mapas georreferenciados das áreas de estudo antes de se iniciar a plotagem dos dados. Estes materiais podem ser obtidos através de diversas empresas e instituições especializadas (e.g., www.inpe.br). Atualmente, com a disseminação do uso de sistemas de informação geográfica (SIG) e o desenvolvimento de diversos softwares que lidam com análises espaciais e geoprocessamento (por exemplo, ArcGIS, ERDAS e SPRING), a manipulação dos dados por telemetria vem se tornando mais rápida e eficiente. Além disso, uma gama enorme de softwares para a análise de área de vida e da movimentação de indivíduos monitorados está disponível no mercado (APÊNDICE 1).

Padrões de Movimentação

A telemetria promoveu avanços significativos na obtenção de dados referente a padrões de movimentação, principalmente em espécies de difícil observação. A grande vantagem deste método é a possibilidade de coleta de dados à distância, evitando interferências no comportamento do animal e permitindo que mais de um indivíduo seja monitorado ao mesmo tempo. Os tipos de estudo variam desde a simples descrição de deslocamentos dos animais até análises mais sofisticadas de intensidade de uso, associação com determinados ambientes ou padrões de atividade.

As variáveis usadas para medir padrões de movimentação são baseadas principalmente em distâncias percorridas, tempo, velocidades e ângulos (tortuosidade) entre sucessivos pontos de localização (TURCHIN, 1998; PACE III, 2001). Por

exemplo, padrões de movimento em tratamentos (e.g. ambientes) distintos, ou medidas de atividade exploratória em ambientes desconhecidos pela ave podem ser descritos por meio do cálculo das distâncias entre pontos de localização estimados e da variação angular entre estas posições (Figura 6). As estimativas de localização para descrição de padrões de movimentação devem, portanto, ser acuradas. Assim, hipóteses que propõem diferenças nos padrões de movimentação ou atividade entre diferentes grupos de indivíduos podem ser testadas empregando-se análises estatísticas convencionais (e.g. teste *t*, ANOVA, regressões, Qui-quadrado - ZAR, 1999). Deve-se enfatizar que a maioria dos testes requerem dados independentes e não autocorrelacionados espacialmente ou temporalmente. As réplicas, neste caso representadas pelos indivíduos rastreados, também devem, em teoria, ser independentes. Raramente trabalhos com telemetria contemplam estes pré-requisitos, já que as localizações obtidas são tipicamente dependentes da localização anterior e por isso espacial e temporalmente autocorrelacionadas. Como veremos a seguir, dependendo da pergunta a ser respondida isso é um problema menor.

Área de Uso

As variáveis para estas análises se baseiam na distribuição de localizações dos indivíduos monitorados, sendo as mais complexas de serem analisadas. Apesar do intenso debate a respeito da melhor definição para área de uso (BURT, 1943; COOPER, 1978; GAUTESTAD & MYSTERUD, 1995), diversos estimadores foram propostos, sendo divididos em duas categorias: poligonais ou de mínima ligação e os probabilísticos ou de densidade das localizações (KENWARD, 2001; JACOB & RUDRAN, 2004). Nos primeiros é criado um polígono ligando-se os pontos referentes às localizações, de tal modo que seu perímetro seja mínimo. Nos segundos, são criados elipses ou contornos baseados em estimativas de densidade das localizações, que representam as probabilidades das coordenadas pertencerem à área de vida. Destacaremos os estimadores de área de vida mais utilizados, definindo-os brevemente. As vantagens e desvantagens de cada um deles podem ser acessadas através da literatura citada abaixo, além de JACOB & RUDRAN (2004) em uma visão mais simplificada.

Mínimo polígono convexo (MPC): do tipo poligonal, é o estimador mais antigo e comumente empregado até hoje (HAYNE, 1949; STICKEL, 1954; KENWARD, 2001). Consiste basicamente na união dos pontos mais extremos da distribuição de localizações, de modo a fechar o menor polígono possível sem admitir concavidades. Entretanto, é bastante contestado por incluir todas as localizações, inclusive as mais extremas (*outliers*), como pontos obtidos quando o animal realiza excursões exploratórias fora da área normalmente usada para suas atividades diárias. Alguns métodos foram propostos para lidar com esses problemas, como inclusão de concavidades (STICKEL, 1954) ou a exclusão progressiva dos pontos mais extremos (geralmente 5% do total de localizações – MPC 95%; KENWARD, 2001).

Normal bivariado (ellipse): é um estimador probabilístico paramétrico, cujo cálculo é baseado no centro de atividade do indivíduo, o qual é dado pela média aritmética das coordenadas que com-

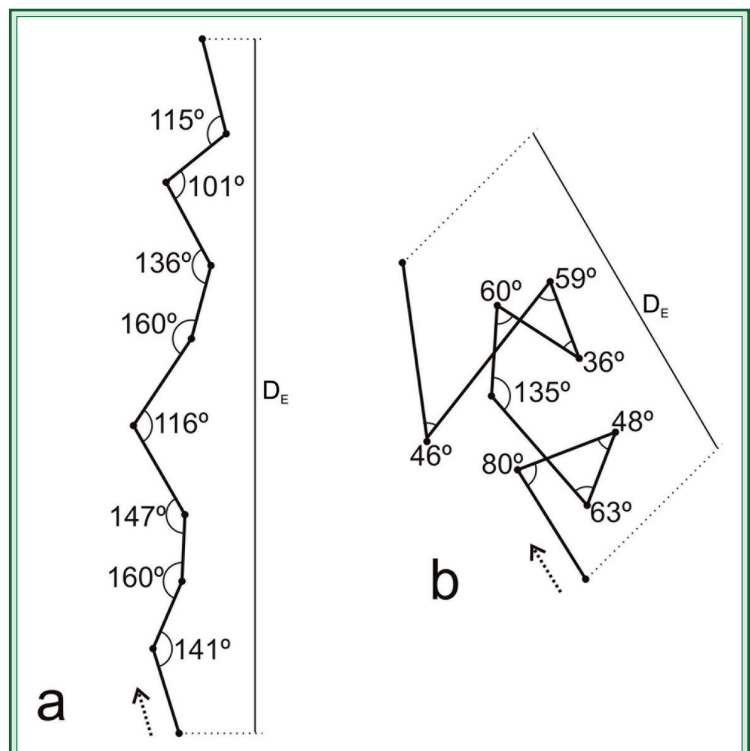


Figura 6. Exemplo de diferentes padrões de movimentação de aves identificados a partir de dados telemétricos coletados em tempos regulares (linhas grossas). Os vértices (pontos escuros) representam as localizações estimadas obtidas em cada medição. As setas pontilhadas indicam a direção do movimento. **a:** movimento de baixa tortuosidade. Note como os ângulos internos de giro de cada vértice são obtusos, acarretando em um deslocamento grosseiramente linear; **b:** movimento de alta tortuosidade, o qual tem como característica a alta incidência de ângulos agudos. Apesar de ambos os casos serem compostos pela mesma quantidade de medições, a distância euclidiana efetiva (D_E) percorrida por **a** é praticamente o dobro que a de **b**.

põem a distribuição de localizações. Este centro de atividade representa a área de maior probabilidade de se encontrar o animal e a partir dele irradiam-se zonas de probabilidade decrescentes de encontro em forma de elipse (ADAMS & DAVIS, 1967; JENN-RICH & TURNER, 1969).

Média harmônica: Trata-se de um estimador do tipo probabilístico não-paramétrico. A ideia fundamental de seu desenvolvimento foi elaborar um estimador que aceitasse resultados das áreas de uso com mais de um centro de atividade, através da formação de agrupamentos distintos de acordo com densidade dos pontos de localização dos animais estudados (KENWARD, 2001). DIXON & CHAPMAN (1980) propuseram a média harmônica como a função de densidade a ser utilizada para se determinar a área de uso. Neste caso, deve-se sobrepor uma grade sobre a distribuição de localizações a fim de se calcular, para cada nó desta grade, o valor da média harmônica das distâncias deste nó a cada localização. Os centros de atividade podem ser determinados pelos nós que possuem o menor valor associado de média harmônica das distâncias (DIXON & CHAPMAN, 1980), ou por métodos que não dependem do posicionamento da origem da grade (SPENCER & BARRET, 1984).

Kernel: este método está baseado no uso de uma família de funções de probabilidade denominadas *kernel* (SILVERMAN, 1986), sendo que a média harmônica das distâncias representa apenas uma dessas funções (WORTON, 1987, 1989). Existem diversas funções de probabilidade que satisfazem as premissas de um *kernel*, sendo que a grande diferença deste estimador para os demais é a existência de um parâmetro de suavização (*h*). Esse método permite o estabelecimento de contornos de probabilidade de densidade fixos (20%, 40%, 90%, etc.) ou variáveis. Para este estimador foi demonstrado que autocorrelação não é um problema para a análise (DE SOLLA *et al.*, 1999; NICHOLLS *et al.*, 2005) e que o tamanho da amostra (isto é, o número de localizações) é mais importante que a independência entre as localizações (e.g. SEAMAN *et al.*, 1999).

Os cálculos para a estimativa das áreas através de análise de *kernel* e sua representação gráfica (mapas) são complexos e dependem de programas específicos. Nas últimas décadas, o acesso a computadores pessoais de alta velocidade tem estimulado o uso destes tipos de análise, dos quais *kernel* apresenta diversas vantagens e é um dos preferidos. Para detalhes e ferramentas sugere-se consultar BEYER (2004; <http://www.spatial ecology.com/htools>).

A seleção do estimador mais adequado não é consenso entre os especialistas. Dentre diversos

aspectos que o pesquisador deve levar em consideração na escolha do estimador de área de uso, destacamos a adequação dos dados às premissas subjacentes, a significância biológica das áreas estimadas e o grau de comparabilidade com outros estudos relevantes.

Interações Intra-específicas e Seleção de Habitat

Dado que muitas espécies de aves apresentam algum grau de comportamento territorial, o pesquisador pode ter o interesse em verificar o grau de tolerância à presença de outros indivíduos da mesma espécie em sua área de uso. Para isso foram desenvolvidos métodos de comparação entre as distribuições de localizações dos indivíduos envolvidos (DUNN & GIPSON, 1977). Em geral, estes métodos verificam o nível de sobreposição entre as áreas de vida dos animais estudados e, dependendo do estimador de área de uso empregado, podem ou não levar em conta a distribuição de utilização por probabilidade de densidade.

Outro interesse muito frequente em estudos de aves é verificar e quantificar padrões de seleção de habitat (e.g. PEACH *et al.*, 2004). As análises de seleção de habitat são realizadas comparando-se a disponibilidade de cada tipo de habitat com sua utilização na escala estudada. Este tipo de estudo requer elevada acurácia nas estimativas de localização (MILLSPAUGH & MARZLUFF, 2001a), principalmente quando os habitats possuem pequenas dimensões em comparação com a área ocupada pela ave. Técnicas de análise para acessar seleção de habitats podem ser baseadas em teste de Qui-quadrado ou similar (NEU *et al.*, 1974), análise composicional (*compositional analysis* AEBISCHER *et al.*, 1993), modelos de escolha discreta (*discrete choice modelling* COOPER & MILLSPAUGH, 2001), modelos log-lineares e regressão logística (MANLY *et al.*, 1993). A forma como os habitats são descritos (i.e. como unidades discretas ou como variações contínuas) determina o tipo de análise que pode ser utilizado. Em MANLY *et al.* (1993) podem ser encontrados em mais detalhes os aspectos teóricos e práticos dos estudos de seleção de habitat.

Análise para Outras Variáveis

As variáveis quantificadas por meio do método de telemetria nem sempre remetem diretamente a atributos de movimentação dos animais estudados. Nestes casos, as posições no espaço de cada indivíduo não representam o dado a ser obtido, sendo que a telemetria geralmente é empregada apenas para se localizar visualmente os animais monitorados de

modo a permitir a coleta de um dado relevante ao estudo, como taxas de visitação ao ninho. Sendo assim, as análises destes dados não envolvem técnicas muito complexas ou rebuscadas, como as mencionadas para o caso de área de uso. Exemplificando, diferenças no sucesso reprodutivo, nas estimativas de sobrevivência ou nos parâmetros demográficos entre duas ou mais populações podem ser analisadas aplicando-se os métodos estatísticos convencionais para testes de hipóteses envolvendo estas variáveis (para maiores detalhes, veja ZAR, 1999).

Por mais que os dados referentes a estas variáveis não precisem ser coletados obrigatoriamente por telemetria, esta técnica apresenta grandes vantagens em muitas circunstâncias. Por exemplo, estimativas de sobrevivência obtidas por telemetria podem ser mais robustas, pois esta técnica possibilita ao pesquisador constatar direta e eficazmente eventos de mortalidade e de dispersão, parâmetros essenciais na obtenção destas estimativas.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento de técnicas de telemetria permitiu abordar diversas questões relativas à biologia de aves dificilmente solucionadas através de outros métodos. A telemetria tem sido, portanto, uma das mais versáteis e importantes ferramentas no estudo de animais selvagens nos últimos 30 anos (MILLSPAUGH & MARZLUFF, 2001b). No entanto, as aves brasileiras têm sido pouco estudadas através da técnica. Esperamos que o barateamento dos equipamentos, a crescente disponibilidade de financiamentos para pesquisa e a facilitação de importações contribua para a popularização da técnica entre pesquisadores brasileiros. Sem dúvida, sua disseminação no Brasil terá um considerável impacto positivo sobre o nível de conhecimento de nossas aves.

No entanto, como enfatizado neste capítulo, a aplicação da telemetria em estudos ornitológicos depende de profundas ponderações sobre o tipo de informação que se busca sobre a(s) espécie(s)-alvo, se a telemetria é realmente a melhor forma de se obter essas informações, bem como da escolha dos equipamentos mais adequados e se os dados coletados não são enviesados devido a efeitos dos transmissores sobre as aves. Estas ponderações não devem ser vistas como simples empecilhos à aplicação da técnica, mas sim como características inerentes a ela e que têm o intuito de garantir, com o auxílio dos avanços tecnológicos, a coleta de dados de qualidade sobre aspectos da vida e comportamento de aves que apenas a telemetria nos permite obter.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Sandro Von Matter e Jean Paul Metzger pelo convite para escrever este capítulo, bem como a um revisor anônimo pelos comentários. As pesquisas com telemetria conduzidas pelos autores tiveram apoio logístico e financeiro do projeto BIOCASP, Universidade de São Paulo, R. W. Furness e University of Glasgow. As Figuras 1, 2 e 4 foram ilustradas por Renata Polydoro de Oliveira. Pedro C. Lima gentilmente cedeu uma fotografia que serviu de modelo para a ilustração 2E. As fotografias da Figura 3 são de autoria de José Roberto Silveira Mello Junior. A CAPES e CNPq forneceram ou forneceram bolsas de pós-graduação para os autores.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, L. & DAVIS, S. D. 1967. The internal anatomy of home range. **Journal of Mammalogy**, 48: 529-536.
- AEBISCHER, N. J.; ROBERTSON, P. A. & KENWARD, R. E. 1993. Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data. **Ecology**, 74: 1313-1325.
- AFANASYEV, V. 2004. A miniature daylight level and activity data recorder for tracking animals over long periods. **Memoirs of the National Institute of Polar Research**, 58: 227-233.
- ALDRIDGE, H. & BIRGHAM, R. M. 1988. Load carrying and maneuverability in an insectivorous bat: a test of the 5% "rule" of radio telemetry. **Journal of Mammalogy**, 69: 379-382.
- ANDREWS, D. F.; BICKEL, P. J.; HAMPEL, F. R.; HUBER, P. J.; ROGERS, W. H. & TUKEY, J. W. 1972. **Robust Estimates of Location, Survey and Advances**. Princeton University Press, New Jersey, 374 p.
- ANTAS, P. T. Z. & NASCIMENTO, I. L. S. 1996. **Sob os Céus do Pantanal: Biologia e Conservação do Tuiuiú *Jabiru mycteria***. São Paulo, Empresa das Artes, 176 p.
- ARGOS. 1996. **User's manual**. CLS/Service Argos, Toulouse.
- BACHLER, E. & LIECHTI, F. 2007. On the importance of g(0) for estimating bird population densities with standard distance-sampling: implications from a telemetry study and a literature review. **Ibis**, 149: 693-700.
- BANNASCH, R.; WILSON, R. P. & CULIK, B. 1994. Hydrodynamic aspects of design and attachment of a back-mounted device in penguins. **Journal of Experimental Biology**, 194: 83-96.
- BELLIS, L. M.; MARTELLA, M. B. & NAVARRO, J. L. 2004. Habitat use by wild and captive-reared Greater Rheas *Rhea americana* in agricultural landscapes in Argentina. **Oryx**, 38: 304-310.
- BEYER, H. L. 2004. Hawth's Analysis Tools for ArcGIS. Disponível em <<http://www.spatialecology.com/htools>>. Acesso em 12 de Maio de 2008.
- BIRO, D.; MEADE, J. & GUILFORD T. 2004. Familiar route loyalty implies visual pilotage in the homing Pigeon. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 101: 17440-17443.
- BOSCOLO, D.; CANDIA-GALLARDO, C.; AWADE, M.

- & METZGER, J. P. 2008. Importance of interhabitat gaps and stepping-stones for Lesser Woodcreepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica**, 40: 273-276.
- BOWMAN, J.; WALLACE, M. C.; BALLARD, W. B.; BRUNJES IV, J. H.; MILLER, M. S. & HELLMAN, J. M. 2002. Evaluation of two techniques for attaching radio transmitters to Turkey poults. **Journal of Field Ornithology**, 73: 276-280.
- BRANDER, R. B. 1968. A radio-package harness for game birds. **Journal of Wildlife Management**, 32: 630-632.
- BUGONI, L.; CORMONS, T. D.; BOYNE A. W. & HAYS, H. 2005. Feeding grounds, daily foraging activities, and movements of Common Terns in southern Brazil, determined by radio-telemetry. **Waterbirds**, 28: 468-477.
- BUGONI, L.; D'ALBA, L. & FURNESS R. W. (*no prelo*). Marine habitat use of wintering Spectacled Petrels *Procellaria conspicillata* and overlap with longline fishery. **Marine Ecology Progress Series**
- BURGER, A. E. & SHAFFER, S. A. 2008. Application of tracking and data-logging technology in research and conservation of seabirds. **Auk**, 125: 253-264.
- BURT, W. H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. **Journal of Mammalogy**, 24: 346-352.
- CAIZERGUES, A. & ELLISON, L. N. 1998. Impact of radio-tracking on Black Grouse *Tetrao tetrix* reproductive success in the French Alps. **Wildlife Biology**, 4: 205-212.
- CALVO, B. & FURNESS, R. W. 1992. A review of the use and the effects of marks and devices on birds. **Ringed & Migration**, 13: 129-151.
- CASTELLÓN, T. D. & SIEVING K. E. 2006. An experimental test of matrix permeability and corridor use by an endemic understory bird. **Conservation Biology**, 20: 135-145.
- COCHRAN, W. W. & LORD, R. D. 1963. A radio-tracking system for wild animals. **Journal of Wildlife Management**, 27: 9-24.
- COOKE, S. J.; HINCH, S. G.; WIKELSKI, M.; ANDREWS, R. D.; KUCHEL L. J.; WOLCOTT, T. G. & BUTLER, P. J. 2004. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. **Trends in Ecology and Evolution**, 16: 334-343.
- COOPER, A. B. & MILLSPAUGH, J. J. 2001. Accounting for variation in resource availability and animal behavior in resource selection studies, p. 243-273. *In* MILLSPAUGH, J. J. & MARZLUFF, J. M. (Eds.). **Radio-Tracking and Animal Populations**. Academic Press, San Diego, CA, 475 p.
- COOPER, W. E. 1978. Home range size and population dynamics. **Journal of Theoretical Biology**, 75: 327-337.
- COYNE, M. S. & GODLEY, B. J. 2005. Satellite Tracking and Analysis Tool (STAT): an integrated system for archiving, analyzing and mapping animal tracking data. **Marine Ecology Progress Series**, 301: 1-7.
- CULIK, B. & WILSON, R. P. 1991. Swimming energetics and performance of instrumented Adelie Penguins *Pygoscelis adeliae*. **Journal of Experimental Biology**, 158: 335-368.
- DE SOLLA, S. R.; BONDURIANSKY, R. & BROOKS, R. J. 1999. Eliminating autocorrelation reduces biological relevance of home range estimates. **Journal of Animal Ecology**, 68: 221-234.
- DIXON, K. R. & CHAPMAN, J. A. 1980. Harmonic mean measure of animal activity areas. **Ecology**, 61: 1040-1044.
- DUNN, J. E. & GIPSON, P. S. 1977. Analysis of radio telemetry data in studies of home range. **Biometrics**, 33: 85-101.
- ELIASSEN, E. 1960. A method for measuring the heart rate and stroke/pulse pressures in birds in normal flight. **Årbok Universitet Bergen, Matematisk Naturvitenskapelig**, 12: 1-22.
- ESLER, D.; MULCAHY, D. M. & JARVIS, R. L. 2000. Testing assumptions for unbiased estimation of survival of radiomarked Harlequin Ducks. **Journal of Wildlife Management**, 64: 591-598.
- FOX, A. D.; GLAHDER, C. M. & WALSH, A. J. 2003. Spring migration routes and timing of Greenland White-fronted Geese - results from satellite telemetry. **Oikos**, 103: 415-425.
- GARRETSON, P. R.; ROHWER, F. C. & MOSER, E. B. 2000. Effects of backpack and implanted radiotransmitters on captive Blue-winged Teal. **Journal of Wildlife Management**, 64: 216-222.
- GARTON, E. O.; WISDOM, M. J.; LEBAN, F. A. & JOHNSON, B. K. 2001. Experimental design for radiotelemetry studies, p. 15-42. *In* MILLSPAUGH, J. J. & MARZLUFF, J. M. (Eds.). **Radio-Tracking and Animal Populations**. Academic Press, San Diego, CA, 475 p.
- GAUTESTAD, A. O. & MYSTERUD, I. 1995. The home range ghost. **Oikos**, 74: 195-204.
- GESSAMAN, J. A. & NAGY, K. A. 1988. Transmitter loads affect the flight speed and metabolism of homing Pigeons. **Condor**, 90: 662-668.
- GÖTH, A. & JONES, D. N. 2001. Transmitter attachment and its effects on Australian Brush-Turkey hatchlings. **Wildlife Research**, 28: 73-78.
- GRAHAM, C. 2001. Habitat selection and activity budgets of Keel-billed Toucans at the landscape level. **Auk**, 103: 776-784.
- GRÉMILLET, D.; DELL'OMO, G. & RYAN, P. G. 2004. Offshore diplomacy, or how seabirds mitigate intra-specific competition: a case study based on GPS tracking of Cape Gannets from neighbouring colonies. **Marine Ecology Progress Series**, 268: 265-279.
- HAGEN, C. A.; PITMAN, J. C. & ROBE, R. J. 2007. Niche partitioning by Lesser Prairie-Chicken *Tympanuchus pallidicinctus* and Ring-necked Pheasant *Phasianus colchicus* in southwestern Kansas. **Wildlife Biology**, 13: 34-41.
- HANSBAUER, M. M.; STORCH, I.; LEU, S.; NIETO-HOLGUIN, J-P.; PIMENTEL, R. G.; KNAUER, F. & METZGER, J. P. W. 2008. Movements of Neotropical understory passerines affected by anthropogenic forest edges in the Brazilian Atlantic rainforest. **Biological Conservation**, 141: 782-791.
- HAYNE, D. W. 1949. Calculation of size of home range. **Journal of Mammalogy**, 30: 1-18.
- HILL, I.; CRESSWELL, B. H. & KENWARD, R. E. 1999. Field testing the suitability of a new back pack harness for radio-tagging passerines. **Journal of Avian Biology**, 30: 135-142.
- HÖFLE, U.; MILLÁN, J.; GORTÁZAR, C.; BUENESTADO, F. J.; MARCO, I. & VILLAFUERTE, R. 2004. Self-injury and capture myopathy in net-captured juvenile Red-legged Partridge with necklace radiotags. **Wildlife Society Bulletin**, 32: 344-350.
- HOOGE, P. N. 1991. The effects of radio weight and harness

- on time budgets and movements of Acorn Woodpeckers. **Journal of Field Ornithology**, 62: 230-238.
- HORTON, G. I. & CAUSEY, M. K. 1984. Brood abandonment by radio-tagged American Woodcock Hens. **Journal of Wildlife Management**, 48: 606-607.
- HUBBARD, M. W.; TSAO, L. L.; KLAAS, E. E.; KAISER, M. & JACKSON, D. H. 1998. Evaluation of transmitter attachment techniques on growth of wild Turkey poults. **Journal of Wildlife Management**, 62: 1574-1578.
- IRVINE, R. J.; LECKIE, F. & REDPATH, S. M. 2007. Cost of carrying radio transmitters: A test with racing Pigeons *Columba livia*. **Wildlife Biology**, 13: 238-243.
- JACOB, A. A. & RUDRAN, R. 2006. Radiotelemetria em estudos populacionais, p. 285-342. In CULLEN JR., L.; RUDRAN, R. & VALLADARES-PADUA, C. (Eds.). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba, Editora UFPR, 652 p.
- JENNIRICH, R. I. & TURNER, F. B. 1969. Measurements of non-circular home range. **Journal of Theoretical Biology**, 22: 227-237.
- JOHNSON, J. D.; PEBWORTH, J. L. & KRUEGER, H. O. 1991. Retention of transmitters attached to passerines using a glue-on technique. **Journal of Field Ornithology**, 62: 486-491.
- KANAI, Y.; NAGENDRAN, M.; UETA, M.; MARKIN, Y.; RINNE, J.; SOROKIN, A. G. HIGUCHI, H. & ARCHIBALD, G. W. 2002. Discovery of breeding grounds of a Siberian Crane *Grus leucogeranus* flock that winters in Iran, via satellite telemetry. **Bird Conservation International**, 12: 327-333.
- KENWARD, R. E. 1978. Radio transmitters tail-mounted on hawks. **Ornis Scandinavica**, 9: 220-223.
- KENWARD, R. E. 2001. **A Manual for Wildlife Radio Tagging**. Academic Press, London, UK., 311 p.
- KENWARD, R. E.; MARCSTRÖM, V. & KARLBOM, M. 1999. Demographic estimates from radio-tagging: models of age-specific survival and breeding in the Goshawk. **Journal of Animal Ecology**, 68: 1020-1033.
- KING, D. I.; DEGRAAF, R. M.; SMITH, M. L. & BUONACCORSI, J. P. 2006. Habitat selection and habitat-specific survival of fledgling Ovenbirds (*Seiurus aurocapilla*). **Journal of Zoology, London**, 269: 414-421.
- KORSCHGEN, C. E.; KENOW, K. P.; GREEN, W. L.; SAMUEL, M. D. & SILEO, L. 1996. Technique for implanting radio transmitters subcutaneously in day-old ducklings. **Journal of Field Ornithology**, 67: 392-397.
- LAURANCE, S. G. W. & GOMEZ, M. S. 2005. Clearing width and movements of understory rainforest birds. **Biotropica**, 37: 149-152.
- LENTH, R. V. 1981. On finding the source of a signal. **Technometrics**, 23: 149-154.
- MANLY, B. F. J.; MACDONALD, L. L. & THOMAS, D. L. 1993. **Resource Selection by Animals: Statistical Design and Analysis for Field Studies**. Chapman & Hall, London, UK, 240 p.
- MARCSTRÖM, V.; KENWARD, R. E. & KARLBORN, M. 1989. Survival of ring-necked pheasants with backpacks, necklaces, and leg bands. **Journal of Wildlife Management**, 53: 808-810.
- MARKS, J. S. & MARKS, V. S. 1987. Influence of radio collars on survival of Sharp-tailed Grouse. **Journal of Wildlife Management**, 51: 468-471.
- MARSHALL, W. F. & KUPPA, J. J. 1963. Development of radio-telemetry techniques for Ruffed Grouse studies. **Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference**, 28: 443-456.
- MARTELL, M. S.; HENNY, C. J. & NYE, P. E. 2001. Fall migration routes, timing, and wintering sites of North American Ospreys as determined by satellite telemetry. **Condor**, 103: 715-724.
- MARTIN, C. A.; ALONSO, J. C., & ALONSO, J. A. 2008. Natal dispersal in Great Bustards: the effect of sex, local population size and spatial isolation. **Journal of Animal Ecology**, 77: 326-334.
- MASSEY, B. W.; KEENE, K.; & BOARDMAN, C. 1988. Adverse effects of radio transmitters on the behaviour of nesting Least Terns. **Condor**, 90: 945-947.
- MECH, L. D. 1983. **Handbook of Animal Radio-Tracking**. University of Minnesota Press, Minnesota, 120 p.
- MILLSPAUGH, J. J. & MARZLUFF, J. M. 2001a. **Radio-Tracking and Animal Populations**. Academic Press, San Diego, CA, 475 p.
- MILLSPAUGH, J. J. & MARZLUFF, J. M. 2001b. Radio-tracking and animal populations: past trends and future needs, p. 383-393. In MILLSPAUGH, J. J. & MARZLUFF, J. M. (Eds.). **Radio-Tracking and Animal Populations**. Academic Press, San Diego, CA, 475 p.
- MONTOYA, A. B.; ZWANK, P. J. & CARDENAS, M. 1997. Breeding biology of Aplomado Falcons in desert grasslands of Chihuahua, Mexico. **Journal of Field Ornithology**, 68: 135-143.
- MULCAHY, D. M. 2006. Are subcutaneous transmitters better than intracelomic? The relevance of reporting methodology to interpreting results. **Wildlife Society Bulletin**, 34: 884-889.
- NAEF-DAENZER, B. 2007. An allometric function to fit leg-loop harnesses to terrestrial birds. **Journal of Avian Biology**, 38: 404-407.
- NAEF-DAENZER, B.; FRÜH, D.; STALDER, M.; WETLI, P. & WEISE, E. 2005. Miniaturization (0.2 g) and evaluation of attachment techniques of telemetry studies. **Journal of Experimental Biology**, 208: 4063-4068.
- NAEF-DAENZER, B.; WIDMER, F. & NUBER, M. 2001. Differential post-fledging survival of Great and Coal Tits in relation to their condition and fledging date. **Journal of Animal Ecology**, 70: 730-738.
- NAMS, V. O. 2006. **Locate III User's Guide**. Pacer Computer Software, Tatamagouche, Nova Scotia, Canada.
- NEU, C. W.; BYERS, C. R.; PEEK, J. M. & BOY, V. 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. **Journal of Wildlife Management**, 38: 541-545.
- NICHOLLS, D. G.; ROBERTSON, C. J. R. & NAEF-DAENZER, B. 2005. Evaluating distribution modelling using kernel functions for Northern Royal Albatrosses (*Diomedea sanfordi*) at sea off South America. **Notornis**, 52: 223-235.
- OSBORNE, D. A.; FRAWLEY, B. J. & WEEKS JR, H. P. 1997a. Effects of radio tags on captive Northern Bobwhite (*Colinus virginianus*) body composition and survival. **American Midland Naturalist**, 137: 213-224.
- OSBORNE, P. E.; LAUNAY, F. & GLIDDON, D. 1997b. Wintering habitat use by Houbara Bustards *Chlamydotis undulata* in Abu Dhabi and implications for management. **Biological Conservation**, 81: 51-56.
- PACE, R. M. III. 2001. Estimating and visualizing movement paths from radio-tracking data, p. 189-206. In MILLSPAUGH, J. J. & MARZLUFF, J. M. (Eds.). **Radio-Tracking and Animal Populations**. Academic Press, San Diego, CA, 475 p.

- PARISH, D. M. B. & SOTHERTON, N. W. 2007. The fate of released captive-reared Grey Partridges *Perdix perdix*: implications for reintroduction programmes. **Wildlife Biology**, 13: 140-149.
- PARMELEE, D. F.; PARMELEE, J. M., & FULLER, M. 1985. Ornithological investigations at Palmer Station: the first long-distance tracking of seabirds by satellites. **Antarctic Journal of the United States**, 20: 162-163.
- PEACH, W. J.; DENNY, M. & COTTON, P. A. 2004. Habitat selection by Song Thrushes in stable and declining farmland populations. **Journal of Applied Ecology**, 41: 275-293.
- PENNYCUICK, C. J.; FULLER, M. R. & McALLISTER, L. 1989. Climbing performance of Harris' Hawks (*Parabuteo unicinctus*) with added load: implications for muscle mechanics and for radiotracking. **Journal of Experimental Biology**, 142: 17-29.
- PERROW, M. R.; SKEATE, E. R. & LINES, P. 2006. Radio telemetry as a tool for impact assessment of wind farms: the case of Little Terns *Sterna albfrons* at Scroby Sands, Norfolk, UK. **Ibis**, 148: 57-75.
- PHALAN, B.; PHILLIPS, R. A.; SILK, J. R. D.; AFANASYEV, V.; FUKUDA, A.; FOX, J.; CATRY, P.; HIGUCHI, H. & CROXALL, J. P. 2007. Foraging behaviour of four albatross species by night and day. **Marine Ecology Progress Series**, 340: 271-286.
- PHILLIPS, R. A.; CROXALL, J. P.; SILK, J. R. D. & BRIGGS, D. R. 2008. Foraging ecology of albatrosses and petrels from South Georgia: two decades of insights from tracking technologies. **Aquatic Conservation**, 17: S6-S21.
- PHILLIPS, R. A.; SILK, J. R. D.; CROXALL, J. P.; AFANASYEV, V. & BRIGGS, D. R. 2004. Accuracy of geolocation estimates for flying seabirds. **Marine Ecology Progress Series**, 266: 265-272.
- PHILLIPS, R. A.; XAVIER, J. C. & CROXALL, J. P. 2003. Effects of satellite transmitters on albatrosses and petrels. **Auk**, 120: 1082-1090.
- POWELL, L. A.; KREMENTZ, D. G.; LANG, J. D. & CONROY, M. J. 1998. Effects of radio transmitters on migrating Wood Thrushes. **Journal of Field Ornithology**, 69: 306-315.
- POWELL, L. A.; LANG, J. D. & KREMENTZ, D. G. 2005. Use of radio-telemetry to reduce bias in nest searching. **Journal of Field Ornithology**, 76: 274-278.
- PUTAALA, A.; OKSA, J.; RINTAMÄKI, H. & HISSA, R. 1997. Effects of hand-hearing and radiotransmitters on flight of Gray Partridge. **Journal of Wildlife Management**, 61: 1345-1351.
- QUINN, G. P. & KEOUGH, M. J. 2002. **Experimental Design and Data Analysis for Biologists**. Cambridge University Press, 520 p.
- RAIM, A. 1978. A radio transmitter attachment for small passerine birds. **Bird Banding**, 49: 326-332.
- RAPPOLE, J. H. & TIPTON, A. R. 1991. New harness design for attachment of radio-transmitters to small passerines. **Journal of Field Ornithology**, 62: 335-337.
- RAWSON, K. S. & HARTLINE, P. H. 1964. Telemetry of homing behaviour by the Deermouse, *Peromyscus*. **Science**, 146: 1596-1598.
- ROBERT, M.; DROLET, B. & SAVARD, J-P. L. 2006. Effects of backpack radio-transmitters on female Barrow's Goldeneyes. **Waterbirds**, 29: 115-120.
- ROBERTSON, B. A. 2004. Stable isotope analysis, forging new links in bird migration. **Birding**, 36: 142-145.
- RODGERS, A. R. 2001. Recent telemetry technology, p. 79-121. In MILLSPAUGH, J. J. & MARZLUFF, J. M. (Eds.). **Radio-Tracking and Animal Populations**. Academic Press, San Diego, CA, 475 p.
- SANZ, V. & GRAJAL, A. 1997. Successful reintroduction of captive-raised Yellow-shouldered Amazon Parrots on Margarita Island, Venezuela. **Conservation Biology**, 12: 430-441.
- SCHEINER, S. M. & GUREVITCH, J. 1993. **Design and Analysis of Ecological Experiments**. Chapman & Hall, New York, 445 p.
- SCHULZ, J. H.; BERMUDEZ, A. J.; TOMLINSON, J. L.; FIRMAN, J. D. & HE, Z. 1998. Effects of implanted radiotransmitters on captive Mourning Doves. **Journal of Wildlife Management**, 62: 1451-1460.
- SEAMAN, D. E.; MILLSPAUGH, J. L.; KERNOHAN, B. J.; BRUNDIGE, G. C.; RAEDEKE, K. J. & GITZEN, R. A. 1999. Effects of sample size on kernel home range estimates. **Journal of Wildlife Management**, 63: 739-747.
- SEEGAR, W. S.; CUTCHIS, P. N.; FULLER, M. R.; SUTER, J. J.; BHATNAGAR, V. & WALL, J. G. 1996. Fifteen years of satellite tracking development and applications to wildlife research and conservation. **Johns Hopkins APL Technical Digest**, 17: 401-411.
- SEIXAS, G. H. F. & MOURÃO, G. 2002. Assessment of restocking Blue-fronted Amazon (*Amazona aestiva*) in the Pantanal of Brazil. **Ararajuba**, 8: 73-78.
- SILVERMAN, B. W. 1986. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. Chapman & Hall, London, 176 p.
- SMALL, M. F.; ROSALES, R.; BACCUS, J. T.; WECKERLY, F. W.; PHALEN, D. N. & ROBERSON, J. A. 2004. A comparison of effects of radiotransmitter attachment techniques on captive White-winged Doves. **Wildlife Society Bulletin**, 32: 627-637.
- SPENCER, W. D. & BARRET, R. H. 1984. An evaluation of the harmonic mean measure for defining carnivore activity areas. **Acta Zoologica Fennica**, 171: 225-259.
- STICKEL, L. F. 1954. A comparison of certain methods of measuring ranges of small mammals. **Journal of Mammalogy**, 35: 1-15.
- SYKES JR., P. W.; CARPENTER, J. W.; HOLZMAN, S. & GEISSLER, P. H. 1990. Evaluation of three miniature radio transmitter attachment methods for small passerines. **Wildlife Society Bulletin**, 18: 41-48.
- TAYLOR, I. R. 1991. Effects of nest inspections and radiotagging on Barn Owl breeding success. **Journal of Wildlife Management**, 55: 312-315.
- TAYLOR, K. D. & LLOYD, H. G. 1978. The design, construction and use of a radio-tracking system for some British mammals. **Mammal Review**, 8: 117-141.
- THORN, T. D.; EMERY, R. B. & HOWERTER, D. W. 2005. Use of radio-telemetry to test for investigator effects on nesting Mallards, *Anas platyrhynchos*. **Canadian Field-Naturalist**, 119: 541-545.
- TURCHIN, P. 1998. **Quantitative Analysis of Animal Movement: Measuring and Modeling Population Redistribution in Animals and Plants**. Sinauer Associates, Massachusetts, USA, 396 p.
- UDA, S. & MUSHIAKE, Y. 1954. **Yagi-Uda Antenna**. Sasaki Printing and Publishing, Sendai, 183 p.
- WEIMERSKIRCH, H.; BONADONNA, F.; BAILLEUL, F.; MABILLE, G.; DELL'OMO, G. & LIPP, H. P. 2002. GPS tracking of foraging albatrosses. **Science**, 295: 1259.
- WEIR, J. E. S. & CORLETT, R. T. 2007. How far do birds disperse seeds in the degraded tropical landscape of

- Hong Kong, China? **Landscape Ecology**, 22: 131-140.
- WESTCOTT, D. A.; BENTRUPPERBÄUMER, J.; BRADFORD, M. G. & McKEOWN, A. 2005. Incorporating patterns of disperser behaviour into models of seed dispersal and its effects on estimated dispersal curves. **Oecologia**, 146: 57-67.
- WHEELER, W. E. 1991. Suture and glue attachment of radio transmitters on ducks. **Journal of Field Ornithology**, 62: 271-278.
- WHIDDEN, S. E.; WILLIAMS, C. T.; BRETON, A. R. & BUCK, C. L. 2007. Effects of transmitters on the reproductive success of Tufted Puffins. **Journal of Field Ornithology**, 78: 206-212.
- WHITE, G. C. & GARROTT, R. A. 1990. **Analysis of Wildlife Radio-Tracking Data**. Academic Press, San Diego, USA, 383 p.
- WILSON, R. P.; GRÉMILLET, D.; SYDER, J.; KIERSPEL, M. A. M.; GARTHE, S.; WEIMERSKIRCH, H.; SCHÄFER-NETH, C.; SCOLARO, J. A.; BOST, C. A.; PLÖTZ, J. & NEL, D. 2002. Remote-sensing systems and seabirds: their use, abuse and potential for measuring marine environmental variables. **Marine Ecology Progress Series**, 228: 241-261.
- WILSON, R. P.; PÜTZ, K.; PETERS, G.; CULIK, B.; SCOLARO, J. A.; CHARRASSIN, J. & ROPERT-COUDERT, Y. 1997. Long-term attachment of transmitting and recording devices to penguins and other seabirds. **Wildlife Society Bulletin**, 25: 101-106.
- WITHEY, J. C.; BLOXTON, T. D. & MARZLUFF, J. 2001. Effects of tagging and location error in wildlife telemetry studies, p. 43-75. *In* MILLSPAUGH, J. J. & MARZLUFF, J. M. (Eds.). **Radio-Tracking and Animal Populations**. Academic Press, San Diego, CA, 475 p.
- WOOLNOUGH, A. P.; WINFRED, E. K.; LOWE, T. J. & ROSE, K. 2004. Comparison of three techniques for the attachment of radio transmitters to European Starlings. **Journal of Field Ornithology**, 75: 330-336.
- WORTON, B. J. 1987. A review of models of home range for animal movement. **Ecological Modelling**, 38: 277-298.
- WORTON, B. J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. **Ecology**, 70: 164-168.
- ZAR, J. H. 1999. **Biostatistical Analysis**. Prentice-Hall International, Inc., New Jersey, 929 p.

APÊNDICE 1. Relação de fabricantes de equipamentos para telemetria (A) e aplicativos para análise de dados (B).

A) FABRICANTES

Relação *on-line* de fabricantes de equipamentos para telemetria:

<http://biotelem.org/manufact.htm>

http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/wes/equipment_suppliers.html

Advanced Telemetry Systems, Inc (Sistemas de rádio-telemetria).

e-mail: sales@atstrack.com

<http://www.atstrack.com>

AF Electronics, Inc (Antenas).

Fone / Fax: 217-328-0800.

American Wildlife Enterprises (Transmissores para aves pequenas feitos sob medida).

Fone: 1-850-997-3551 / Fax: 1-850-997-3552

e-mail: BradAWE@aol.com

AVM Instrument Co., Ltd (Sistemas de rádio-telemetria).

Fone: 1-530-346-6300 / Fax: 1-530-346-6306

e-mail: sales@avinstrument.com

<http://www.avinstrument.com>

Biotelemetry, Inc (Transmissores miniaturizados para implante feitos sob medida).

Fone: 1-407-394-0315 / Fax: 1-407-394-0315

e-mail: biotran@ix.netcom.com

Biotrack Ltd (Sistemas de rádio-telemetria e softwares).

Fone: +44(0) 1929 552 992 / Fax: +44(0) 1929 554 948

e-mail: info@biotrack.co.uk

<http://www.biotrack.co.uk>

Communications Specialists, Inc (Receptores de rádio-telemetria).

Fone: 1-800-854-0547 / Fax: 1-800-850-0547

e-mail: com-spec@earthlink.net

<http://www.com-spec.com>

Custom Electronics of Urbana, Inc (Receptores e antenas feitos sob medida, vários transmissores para aves com especialidade em rapinantes).

Fone: 1-217-344-3460 / Fax: 1-217-344-3460

e-mail: customel@aol.com

<http://members.aol.com/~customel/>

Custom Telemetry and Consulting (Especializada em sistemas de rádio-telemetria sob medida para pequenos animais).

Fone: 1-706-769-4024 / Fax: 1-706-769-4026

F&L Electronics (Transmissores de tamanho reduzido, receptores e antenas).

Fone: 1-217-586-2132 / Fax: 1-217-586-5733

GFT - Gesellschaft fur Telemetriesysteme mbH (rádio-transmissores, PTT's e GPS; desenvolve

softwares de acordo com especificações do cliente).

Fone: +49-(0)4126-38793 (or 49-4322-699669) / Fax.: +49-(0)4126-38794 (or 49-4322-699671)

e-mail: rls.gftmbh@t-online.de

Global Tracking Systems (GTS), Inc (rádio-transmissores sob medida).

Fone: 1-403-563-5063 / Fax: 1-403-887-8866

e-mail: gtsdmt@telusplanet.net or gts-rjc@telusplanet.net

<http://www.gtstrack.com>

H.A.B.I.T. Research, Ltd (rádio-transmissores, PTT's e GPS).

Fone: 1-250-381-9425 / Fax: 1-250-381-9426

e-mail: info@habitresearch.com

<http://www.habitresearch.com/>

Hi-Tech Services (Transmissores).

Fone: 1-315-487-2484

email: JKenty@aol.com

Holohil Systems Ltd (Sistemas de rádio-telemetria sob medida).

Fone: 1-613-839-0676 / Fax: 1-613-839-0675

email: info@holohil.com

<http://www.holohil.com>

ICOM America (Receptores portáteis).

Fone: 1-425-454-8155 / Fax: 1-425-454-1509

<http://www.icomamerica.com>

Lotek Wireless, Inc. (Sistemas de rádio-telemetria, telemetria via satélite e GPS)

Fone: 1-905-836-6680 / Fax: 1-905-836-6455

e-mail: telemetry@lotek.com

<http://www.lotek.com>

Mariner Radar Ltd (Transmissores via satélite).

Fone: 44-1502-567-195 / Fax: 44-1502-567-762

Microwave Telemetry, Inc (Especializada em PTT's miniaturizados para aves e sistemas de coleta de dados).

Fone: 1-410-715-5292 or 1-410-715-5293 / Fax: 1-410-715-5295

e-mail: microwt@aol.com

<http://www.microwavetelemetry.com>

North Star Science and Technology, LLC (Telemetria via satélite).

Fone: 1-410-961-6692 / Fax: 1-603-462-5144 or 1-410-772-5985

e-mail: blakehenke@msn.com

<http://www.northstarst.com>

Service Argos, Inc (Fornece transferência de dados coletados pelo sistema de satélites Argos; não fornece equipamentos).

Fone: 1-301-925-4411 / Fax: 1-301-925-8995

e-mail: info@argosinc.com

<http://www.argosinc.com>

Sirtrack Limited (Sistemas de rádio-telemetria e via satélite sob medida).

Fone: 64-6-877-7736 / Fax: 64-6-877-5422

e-mail: sirtrack@landcare.cri.nz
<http://sirtrack.landcare.cri.nz/>

Telenax (Sistemas de rádio-telemetria; treinamento gratuito).

Fone: 52 55 5532-2531 / Fax: 52 55 5532-2531

e-mail: alexcampos@telenax.com

<http://www.telenax.com>

Telonics, Inc (Sistemas de rádio-telemetria, via satélite e baseada em GPS).

Fone: 1-480-892-4444 / Fax: 1-480-892-9139

e-mail: info@telonics.com

<http://www.telonics.com>

Titely Electronics Pty Ltd (Sistemas de rádio-telemetria).

Fone / Fax: 61 - 2-66-866-617

email: titely@nor.com.au

<http://www.titely.com.au>

TVP Positioning AB -Televilt International

AB (Rádio-telemetria, GPS, coleta de dados automatizada e softwares de análise de dados).

Fone: +46.581.17195 / Fax: +46.581.17196

e-mail: info@televilt.se

<http://www.positioning.televilt.se>

Wildlife Materials Inc. (Sistemas de rádio-telemetria, coleta automatizada de dados, transmissores implantáveis).

Phone: US 1-800-842-4537 e Canadá 1-800-626-2704

e-mail: info@wildlifematerials.com

<http://www.wildlifematerials.com>

B) APLICATIVOS PARA ANÁLISE DE DADOS:

Websites com relação de aplicativos para análise de dados provenientes de telemetria:

<http://detritus.inhs.uiuc.edu>

<http://fwie.fw.vt.edu/wsb/>

<http://welcome.warnercnr.colostate.edu/~gwhite/software.html>

Estimativas de localização (triangulação):

ARCVIEW (pacote Animal Movements): <http://www.absc.usgs.gov/glba/gistools>

GTM: <http://www.conservation.state.mo.us/mnrc/gtm.html>

LOCATEIII: <http://www.locateiii.com/>

TRIANG: http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/wes/radio_telemetry.html

WILDTRAK: <http://www.geocities.com/rainforest/3722>

Análise de movimentação:

ARCVIEW (pacote Animal Movements)

ARCVIEW (pacote Tracking Analyst): <http://www.esri.com/software/arcview/extensions/trackingext.html>

ELSA: http://www.cls.fr/html/argos/general/elsa_en.html

RANGES 6: <http://www.anatrack.com/>

UTOOLS: http://forsys.cfr.washington.edu/utools_uvview.html

WILDTRAK

Estimadores de área de vida:

ANTELOPE: http://www.nbb.cornell.edu/neurobio/jbsv_downloads/programs.html

ARCVIEW (pacote Animal Movements)

HOMERANGE: http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/wes/home_range.html

RANGES 6

McPAAL: http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/wes/home_range.html

THE KERNEL: http://www.nbb.cornell.edu/neurobio/jbsv_downloads/programs.html

WILDTRAK