

Documentos

ISSN 1517-1973
Dezembro, 2004

71

A Vida Selvagem e as Ondas do Rádio: Apenas Uma Técnica Chamada Telemetria



Embrapa

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimárzzio
Presidente

Clayton Campanhola
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Hélio Tollini

Ernesto Paterniani

Luis Fernando Rigato Vasconcellos

Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola
Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena Tanajura Luz Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Pantanal

Emiko Kawakami de Resende
Chefe-Geral

José Anibal Comastri Filho
Chefe-Adjunto de Administração

Aiesca Oliveira Pellegrin
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

José Robson Bezerra Sereno
Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios

Documentos 71

A Vida Selvagem e as Ondas do Rádio: Apenas Uma Técnica Chamada Telemetria

Ubiratan Piovezan
Artur Andriolo

Corumbá, MS
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS
Caixa Postal 109
Fone: (67) 3233-2430
Fax: (67) 3233-1011
Home page: www.cpap.embrapa.br
Email: sac@cpap.embrapa.br

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS
Caixa Postal 109
Fone: (67) 233-2430
Fax: (67) 233-1011
Home page: www.cpap.embrapa.br
Email: sac@cpap.embrapa.br

Comitê de Publicações:

Presidente: *Aiesca Oliveira Pellegrin*
Secretário-Executivo: *Suzana Maria de Salis*
Membros: *Débora Fernandes Calheiros*
Marçal Henrique Amici Jorge
José Robson Bezerra Sereno
Secretária: *Regina Célia Rachel dos Santos*
Supervisor editorial: *Suzana Maria de Salis*
Revisora de texto: *Mirane Santos da Costa*
Normalização bibliográfica: *Romero de Amorim*
Tratamento de ilustrações: *Regina Célia R. dos Santos*
Foto da capa: *Ubiratan Piovezan*
Editoração eletrônica: *Regina Célia R. dos Santos*
Alessandra Cosme Dantas

1ª edição

1ª impressão (2004): formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Piovezan, Ubiratan.

A vida selvagem e as ondas do rádio: apenas uma técnica chamada telemetria / Ubiratan Piovezan, Artur Andriolo. – Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006.

28p.; 16 cm. (Documentos / Embrapa Pantanal, ISSN 1517-1973; 71)

1. Biologia animal. 2. Rádio transmissão. 3. Telemetria. I. Piovezan, Ubiratan.

II. Embrapa Pantanal. III. Título. IV. Série

CDD: 591.7 (21.ed.)

© Embrapa 2006

Autores

Ubiratan Piovezan

Doutor em Ecologia

Embrapa Pantanal

Rua 21 de setembro, 1880, Caixa Postal 109

CEP 79320-900, Corumbá, MS

Telefone (67) 233-2430

piovezan@cpap.embrapa.br

Artur Andriolo

Doutor em Psicobiologia

Universidade Federal de Juiz de Fora

Instituto de Biociências

Departamento de Zoologia – ICB/UFJF – Campus

Universitário – Bairro Martelos.

CEP 36036-330, Juiz de Fora, MG

Telefone: (32) 3229-3215

andriolo@icb.ufjf.br

Agradecimentos

Aos pesquisadores do projeto Cervo do Pantanal de Porto Primavera, realizado pela FCAV/UNESP do *Campus* de Jaboticabal, na pessoa do Prof, Dr. José Maurício Barbanti Duarte e à pesquisadora Zilca Campos, da Embrapa Pantanal, pela valiosa contribuição ao trabalho.

Apresentação

As pesquisas envolvendo espécies da fauna enfrentam dificuldades muito peculiares, sobretudo quando focam animais discretos ou que não toleram a presença humana. Nesses casos, os avanços tecnológicos de áreas pouco associadas à biologia podem ser muito úteis.

Este documento trata de um desses exemplos. Descreve a utilização da transmissão de rádio como uma ferramenta para auxiliar em estudos de biologia animal, denominada *telemetria*.

Além de mencionar possibilidades de sua aplicação, o presente documento destaca algumas limitações que a técnica possui e suscita uma idéia importante: a de que as metodologias simples devem ser consideradas em todas as oportunidades e, quando possível, devem prevalecer sobre as técnicas invasivas em estudos envolvendo animais silvestres.

Emiko Kawakami de Resende
Chefe-Geral da Embrapa Pantanal

Sumário

A Vida Selvagem e as Ondas do Rádio: Apenas Uma Técnica Chamada Telemetria	11
Introdução	11
A Telemetria	11
Desde o princípio	12
Princípio físico	13
A que distância o sinal pode chegar?	13
Unidades básicas da rádio transmissão	14
Os rádios transmissores	14
Baterias	15
Transmissores com propósito específico	16
Fixação de transmissores em animais	17
Efeitos dos transmissores em animais	17
Antenas de transmissão	18
Os rádios receptores	19
Antenas de recepção	20
Sistema especializado de recepção	21
Aquisição de equipamentos de telemetria	22
Seleção da frequência dos transmissores	22
Aquisição e teste dos equipamentos	22
Localização de transmissores	23
Técnicas de localização dos transmissores	23
Referências Bibliográficas	28

A Vida Selvagem e as Ondas do Rádio: Apenas Uma Técnica Chamada Telemetria

Ubiratan Piovezan

Artur Andriolo

Introdução

Tem sido cada vez mais comum em documentários de televisão, assistirmos a pesquisadores demonstrando o monitoramento de animais através de aparelhos aparentemente sofisticados. Tais equipamentos vêm se tornando cada vez mais acessíveis para a pesquisa ecológica, porém sua adequação deve ser avaliada com parcimônia, considerando a relação custo/benefício envolvida, sob os pontos de vista econômico (custo da pesquisa), ambiental (escala do trabalho, riscos ao ambiente), ético (bem estar animal) e prático (há uma maneira mais simples de testar a mesma hipótese biológica?).

O objetivo deste documento é descrever o princípio de funcionamento da rádio telemetria convencional, permitindo aos potenciais usuários uma visão crítica sobre as aplicações e limitações dessa técnica para a pesquisa animal. As informações apresentadas são baseadas na literatura especializada e na experiência prática dos autores e de colaboradores.

A Telemetria

O termo telemetria refere-se às metodologias que utilizam o princípio da rádio transmissão para quantificar fenômenos biológicos, à distância. Os primeiros trabalhos envolvendo a transmissão de dados biológicos por rádio ocorreram no final da década de 50 e, de forma geral, permitiam a coleta de dados fisiológicos

de animais a distância (Le Munyan et al., 1959; Eliassen, 1960; Kenward, 1987). Nesses estudos, o som percebido pelos pesquisadores resumia-se a um zumbido que variava em intensidade, de acordo com os estímulos recebidos por sensores anexados aos animais (Kenward, 1987). O alto consumo de energia influenciou a evolução dos aparelhos de telemetria. Inicialmente, a transmissão constante foi substituída por um “bip” emitido a intervalos regulares de tempo, o que possibilitou maior durabilidade às baterias. A variação do número de bips por unidade de tempo, associada ao conceito de pêndulos é utilizada para estudar a atividade diária dos animais e, ainda hoje, aparelhos com transmissão constante são utilizados para medidas refinadas como variações de pressão em articulações, artérias, sensores de atividade neural, fluxo sanguíneo, temperatura, pressão, etc. A percepção de variações em transmissões contínuas é garantida atualmente por codificadores de intensidades e de modulações dos sinais recebidos. A rádio telemetria não evoluiu antes do final da década de 50, antes do advento do transistor. Este componente eletrônico substituiu com vantagens a válvula e permitiu a redução de tamanho dos transmissores, tornando sua utilização mais viável. Desde então os equipamentos disponíveis para a rádio telemetria evoluíram rapidamente e mesmo pessoas experientes têm dificuldade para decidir qual modelo utilizar em determinadas condições, devido a variedade de opções disponíveis e a velocidade com que novos aparelhos surgem. A presença de especialistas em biologia animal no atendimento a clientes tem sido uma estratégia de trabalho de algumas empresas do ramo de telemetria.

No campo da ecologia de vertebrados, a rádio telemetria vem sendo bastante utilizada, principalmente no caso de espécies que habitam locais de difícil acesso. No entanto, é necessário reconhecer que a telemetria raramente é a melhor opção de estudo e que ela possui muitas limitações.

Desde o princípio

Para auxiliar o leitor que desconheça qualquer propriedade física relacionada à propagação de ondas de rádio, disponibilizamos uma introdução geral sobre esse fenômeno, que é o princípio básico da rádio telemetria convencional.

Princípio físico

O princípio físico da transmissão de rádio é o eletromagnetismo, que compartilha várias das características físicas observáveis no fenômeno da propagação da luz. Dessa forma, as ondas de rádio estão sujeitas a fenômenos conhecidos tais como reflexão, refração, difração, interferência e perda de intensidade em função da distância (Kenward, 1987). O conhecimento das características físicas é imprescindível para que os usuários obtenham informações confiáveis e determinem o nível de precisão e de generalização que os dados gerados em campo permitirão (Saltz, 1994).

A que distância o sinal de rádio pode chegar?

Pode-se dizer que a intensidade dos sinais de rádio decresce a uma taxa de 75% cada vez que a distância entre transmissor e receptor dobra, em uma situação onde não há barreiras. Numa condição em que o transmissor e a antena de recepção encontram-se ao nível do solo, essa proporção de variação na intensidade do sinal será influenciada por diversos fatores que, de forma geral, tornam a taxa de decréscimo mais elevada do que 75%. Alguns destes fatores são descritos a seguir, com base no trabalho de Kenward (1987).

- *Reflexão de ondas*: As ondas eletromagnéticas podem ser refletidas por vários tipos de superfícies tais como prédios, montanhas, bordas de matas, rochas, etc. Essa característica é um fator complicador para a localização de transmissores. Em condições onde a fonte emissora encontra-se submersa (organismos aquáticos), a reflexão reduz a área de captação do sinal fora da água. Isto ocorre porque a maior parte das ondas sofre reflexão total na interface ar/água.

- *Refração*: ondas vibratórias em propagação podem sofrer mudanças em sua direção e velocidade ao passarem de um meio para outro. Este fenômeno em particular pode produzir desvios que muitas vezes indicam uma falsa localização do transmissor. Quando o transmissor encontra-se submerso, as ondas que incidem perpendicularmente à interface água/ar, em ângulos maiores do que 6° em relação à perpendicular sofrem reflexão total, enquanto que os sinais que passam para o outro meio sofrem mudança de direção e/ou de velocidade de propagação (menor no ar do que na água). Nesta situação, a antena deve ser direcionada perpendicularmente à superfície da água, em busca das ondas que não se refletem.

- *Difração*: nome atribuído ao desvio que as ondas sofrem ao incidir sobre corpos opacos. Este fenômeno em particular produz zonas de "sombras" nas áreas de captação de sinal que podem confundir muito o pesquisador. Áreas de vegetação muito densa ou mesmo um tronco de árvore podem propiciar a difração.

- *Interferências*: fenômenos diversos que prejudicam a recepção de sinais, podem ser causados por fontes externas aos sistemas de rádio transmissão (motores, redes elétricas, cabos telefônicos, campos eletromagnéticos naturais, etc.) ou pela combinação de fenômenos inerentes aos equipamentos utilizados, como a reflexão. Por exemplo, quando uma antena receptora captar, ao mesmo tempo, ondas que emergem diretamente do transmissor e ondas rebatidas por uma superfície refletora, a qualidade da transmissão provavelmente diminuirá. A própria área de estudo pode conter minério no subsolo, agindo como uma fonte de interferência, daí a importância de testes preliminares no local antes do início do estudo.

Unidades Básicas da Rádio Transmissão

A rádio transmissão depende de quatro unidades básicas para ocorrer: um transmissor, um receptor e duas antenas, uma para a transmissão e outra para a recepção do sinal (Kenward, 1987). Podemos ilustrar o processo de forma simples se considerarmos que cada receptor equivale aos aparelhos convencionais de rádio domésticos e que cada estação de rádio de nossa cidade seja um transmissor (o que anexamos aos animais). A antena da estação de rádio equivale à antena do transmissor e a do nosso rádio doméstico, uma antena de recepção ou interceptação do sinal. A seguir, comentamos cada unidade envolvida na telemetria, com base no trabalho de Samuel e Fuller (1996).

- **Os rádios transmissores**

Provavelmente são os elementos que demandaram maior investimento em pesquisas para o seu desenvolvimento dentre os equipamentos de rádio telemetria. Particularmente o tamanho, peso e o formato destes equipamentos têm grande importância para o desempenho. Além disso, são desejáveis características como a durabilidade, a resistência a choques físicos e às intempéries. A maioria dos rádios utilizados em telemetria opera dentro na faixa denominada VHF (Very High Frequencies), entre 30 e 300 MHz. Vários modelos de rádio transmissores podem ser encontrados no mercado (Jacob e Rudi, 2003). A adequação às diversas condições deve ser considerada e discutida com os fabricantes e, principalmente, com outros pesquisadores da área. Esta providência, juntamente com testes preliminares nos locais em que se pretende desenvolver o estudo podem ser fundamentais para a viabilidade do projeto.

- Baterias

Após a invenção do transistor, a adequação de sistemas de geração e armazenamento de energia foi, possivelmente, um dos maiores desafios enfrentados no desenvolvimento de transmissores para estudos biológicos. As baterias e suas capacidades (energia produzida/tempo) e conseqüente potência de emissão representam um importante elemento dos sistemas de transmissão. Os transmissores também podem ser programados para interromper suas atividades em determinados períodos de acordo com os objetivos do estudo, o que se reflete sobre a vida útil das baterias. Alguns tipos de baterias utilizadas e características sobre seu desempenho são listadas a seguir:

- Baterias de Lithium (Li): possuem uma relação 2:1 de energia/peso e voltagem entre 2,9 - 3,9 V; perdem pouco de sua carga se estocadas (10% do total até 5 anos); os modelos mais antigos podiam explodir em caso de curto circuito.

- Baterias de Mercúrio: possuem voltagem menor que as de Li e relação energia/peso também 2:1; não podem ser estocadas fora do freezer por mais de 3 meses pois perdem totalmente sua carga.

- Baterias de Óxido de Prata: relação = 2:1; vida útil muito baixa quando estocada e voltagem de aproximadamente 1,5 V.

- Baterias de Zinco: relação maior que 2:1; voltagem de aproximadamente 1,45V. A sua maior restrição é a necessidade de trabalhar absolutamente livre de umidade e sujeira (pó).

- Fotocélulas: são capazes de gerar correntes suficientes para o funcionamento de um transmissor, porém limitam-se ao funcionamento diurno. Baterias recarregáveis de NiCad podem funcionar bem para a geração de sinal no período noturno, porém como a relação uso/carga necessária deste tipo de bateria é em torno de 1:6 a 1:25, esta alternativa só funcionará por um determinado período. Transmissores utilizando células fotoelétricas e baterias recarregáveis podem permanecer em atividade indefinidamente se falhas não ocorrerem.

Atualmente a tarefa de escolha da bateria mais adequada a cada situação é atribuída ao fabricante que deve ser assessorado e aconselhado sob pena de perdas na capacidade de utilização dos transmissores. Uma característica dos transmissores que merece toda nossa atenção é a expectativa de duração das baterias utilizadas. Esta informação é crucial para o planejamento do estudo e mesmo para a reutilização de transmissores recuperados em caso de desprendimento ou morte do animal. De forma geral, os aparelhos recuperados podem ser reparados e terem suas baterias substituídas a um custo menor do que a aquisição de novos transmissores. Opções recentes de transmissores utilizam

placas solares para a recarga de bateria e são alternativas promissoras para espécies que habitam áreas abertas em regiões tropicais.

- Transmissores com propósito específico

Vários tipos de sensores podem ser combinados a sistemas de rádio transmissão aumentando o número de parâmetros monitorados através da rádio telemetria. Desde colunas de mercúrio que oscilam de acordo com a posição do transmissor e nos informam sobre as atividades do animal até transdutores de pressão, termômetros, sensores cardíacos e de atividade neural, sensores de luz e som, umidade, inclinação (para o monitoramento de ovos) e sensores de salinidade para água podem ser utilizados.

Os transmissores de rádio também podem auxiliar de várias formas a captura e/ou a contenção de animais. "Gatilhos" comandados à distância para abertura de armadilhas; transmissores anexados à presas ofertadas em locais estratégicos, gatilhos de dardos anestésicos em coleiras anexadas a grandes mamíferos, são exemplos de uso para captura. Nosso trabalho junto ao grupo de pesquisas da UNESP de Jaboticabal, na região do Parque Estadual de Carlos Botelho-SP (Mata Atlântica), gerou idéias de uso de transmissores que auxiliaram na captura do caítiu (*Tayassu tajacu*), no Pantanal, MS. Por sugestão dos colegas paulistas, utilizamos transmissores convencionais para detectar o fechamento de armadilhas à distância. A estratégia foi prender à porta da armadilha um ímã que mantinha o transmissor desligado. Quando a porta se fechava o ímã se movia e a transmissão iniciava. Assim o fechamento da porta podia ser detectado desde nosso alojamento, o que aumentou muito o conforto da equipe durante as capturas.

Transmissores de acompanhamento por satélites (Argos-tiros) podem incorporar cerca de 8 diferentes sensores ao mesmo tempo. Este sistema requer a aquisição de uma PTT (Plataform Transmitter Terminal) cujo custo pode variar entre 2000 e 3000 dólares americanos, além de transmissores específicos para este fim, bem mais complexos e caros que os convencionais. Esses aparelhos operam na faixa UHF (Ultra High Frequency) acima de 400 MHz e os sinais recebidos pelo satélite são redirecionados para a terra onde são decodificados. De forma geral as informações referentes aos acessórios (termômetros, ritmos cardíacos, etc.) são muito confiáveis enquanto que as localizações podem variar de 150 metros até alguns quilômetros (11 Km), dependendo das condições ambientais, comportamento dos animais e de opções no processo de envio de informação. A opção de localização via PPT é mais viável para organismos com áreas de vida extremamente grandes, descrição de rotas de migração, ou mesmo para estudos em áreas remotas. Já sistemas envolvendo GPS colares são muito superiores para obtenção de informações de localização de animais e vêm se tornando cada vez mais acessíveis (Mourão e Medri, 2002). Os constantes avanços tecnológicos nesta área fazem da telemetria por satélite uma opção cada vez mais viável.

- Fixação de transmissores em animais

As variações anatômicas e comportamentais dos animais fazem com que as técnicas de fixação de transmissores tenham uma conotação quase que artística. Inúmeras possibilidades, limitadas pela criatividade e pela viabilidade podem ser trilhadas, porém, algumas técnicas que há mais tempo vêm sendo utilizadas merecem especial atenção.

- Colares: Muito úteis em organismos onde o perímetro do crânio excede o perímetro do pescoço e quando se adaptam aos movimentos e o crescimento desta região do corpo dos animais. Características desejáveis são: flexibilidade, não ser irritante, não possuir extremidades contundentes, durabilidade, ser de fácil instalação e resistente.

- Arreios: importantes quando não há locais mais propícios para a fixação. São desejáveis características similares às listadas para colares

- Adesivos: bom funcionamento durante curtos períodos, atentando para o tipo de cola utilizado. Ex: colas, resina, velcro, fita adesiva, braçadeira.

- Implantes: requerem cirurgias e um longo tempo para recuperação. Têm estreita relação com o tamanho dos transmissores e, por isso, sua utilização é limitada (mais comum para estudos fisiológicos). Ex: lontras, leões, ursos, répteis, anfíbios.

- Métodos mistos: por exemplo, arreios associados a antenas adesivas nas patas de aves.

- Efeitos dos transmissores em animais

Acreditamos que os procedimentos de captura, contenção e fixação de transmissores, por mais eficientes que sejam, e mesmo respeitando às normas de ética, sempre irão causar mudanças nas atividades normais dos animais. Esses efeitos variam em função da espécie, época do ano, idade dos animais e dimensões (peso e formato) dos transmissores.

- Efeitos imediatos (ou não duradouros): Alguns animais não retornam ao local de captura após vários dias, mudanças no comportamento, atenção voltada para o transmissor (orçamento comportamental) são exemplos de reações possíveis. Ex: pássaros que passam grande parte do tempo bicando o transmissor, respostas adversas de curto prazo com efeitos sobre a massa corporal, taxas reprodutivas, aumento da auto-limpeza, etc.

- Efeitos de longo prazo: Abandono de ninhos, aumento das taxas de predação, grande tempo dedicando atenção ao transmissor resultando em perda de peso, influência sobre o balanço energético, aumento em 15% em tempo de voo de pombos marcados d = 90 Km e 15% mais de CO₂. Animais voadores serão afetados diferentemente em função do tipo de voo (duração, velocidade). Por ex: morcegos com menos que 70g podem carregar rádios de até 5% de seu peso vivo, porém essa relação não é recomendada para animais mais pesados que 70g, pois a força muscular exigida para carrear frações do peso é maior em organismos maiores (um peso de 3% requer mais força muscular de um pato do que de um beija-flor). Da mesma maneira, aves mergulhadoras e outras espécies de hábitos aquáticos podem ficar impossibilitadas de mergulhar ou retornar à superfície dependendo das dimensões e da forma do transmissor utilizado.

De maneira geral, devemos buscar transmissores com dimensões passíveis de habituação por parte dos animais. Neste sentido, quanto menos agressivo for o estímulo do rádio (menor, mais leve e discreto) melhor será o processo de habituação. Brander e Cochran (1971) afirmam que o equipamento instalado não deve superar 6% do peso vivo em vertebrados terrestres.

- **Antenas de transmissão**

Um dos pontos de estrangulamento do funcionamento dos equipamentos de rádio telemetria são as antenas de transmissão. Sem dúvidas elas são os elementos que mais sofrem avarias em condições normais de uso. No ponto de inserção da antena podem ocorrer vários problemas como a entrada de umidade e o rompimento do chicote da antena em si. Por este motivo devemos considerar a adequação deste elemento de acordo com a espécie em estudo. O comportamento da espécie estudada no sentido de se livrar do transmissor pode impossibilitar a utilização de certos tipos de antena.

Para uma boa transmissão, a antena idealmente deveria trabalhar perpendicular à superfície do solo, estar isolada do corpo do animal e ter aproximadamente 1/4 do comprimento de onda utilizado (o que torna o tamanho ideal de antena inviável para animais pequenos). Para solucionar casos como estes uma opção é a utilização de antenas enroladas (em "loop") e/ou dentro de coleiras. Em geral, as antenas do tipo chicote são mais eficazes do que as antenas em "loop", especialmente quando têm o comprimento próximo ao ideal para a transmissão e um bom tamanho para o conforto do animal. Um fator a ser considerado é a proximidade da antena em relação ao corpo dos animais, que também pode atuar como fonte de interferência (Ken ward, 1987).

- Os rádios receptores

Os rádios receptores primam pela capacidade de decodificar e amplificar os sinais desejáveis e rejeitar outras fontes de interferência. De forma geral são mais complexos que os sistemas de transmissão e transformam as ondas recebidas em pulsos sonoros (assim como os rádios domésticos) ou em outras formas de estímulos perceptíveis (quadro de luzes, por exemplo). Além de mais complexos que os transmissores, os receptores também são maiores e mais pesados (500g - 2,3Kg). Este pode ser um fator muito importante dependendo do tipo de monitoramento projetado: um receptor com 2,3 Kg, antena e fones + bússola + binóculos + cantil + GPS + caneta, papel + um dia de sol forte, podem resultar em fadiga e nas conseqüências indesejáveis que ela pode gerar.

Devemos buscar receptores com controle de frequência sensível para calibrar a intensidade do sinal. A presença de um alto-falante e uma saída para fones de ouvido é importante por oferecer opções de sensibilidade diferenciadas na captação dos sinais pelo receptor.

Os cabos que ligam o receptor à antena, também fazem parte do sistema de recepção. Estes elementos devem ser mantidos em boas condições de funcionamento sob pena de agirem como fontes de interferência. Encaixes práticos como os do tipo baioneta são importantes para a durabilidade dos cabos e para o conforto de quem manuseia o equipamento. Em caso de necessidade de substituição ou confecção de cabos sobressalentes deve-se seguir as especificações de impedância e formato dos cabos utilizados (normalmente 50 Ω para a telemetria VHF). Baterias recarregáveis são preferíveis às não recicláveis, desde que sejam bem manejadas. É desejável ainda que os receptores possuam conexões para entrada de fontes externas de energia (utilização de acendedores de carros e aeronaves).

Alguns modelos de receptores ainda possuem conexões para gravadores e computadores que podem ser muito úteis em determinadas situações. Uma boa providência no planejamento de estudos com rádio telemetria é a tentativa de manter uma unidade de recepção de sinais completa sobressalente. Como já foi dito estes equipamentos são complexos e, por este motivo, defeitos não são incomuns. Apesar de atualmente termos mais facilidade para a importação de equipamentos, a confecção destes aparelhos é normalmente demorada pois não existem grandes estoques. Além disso, o próprio traslado da encomenda pode provocar atrasos e interrupções indesejáveis nos trabalhos de pesquisa em curso.

Deve-se ter em mente que este equipamento faz parte do instrumental de medidas espaciais em estudos de localização e seu estado de manutenção pode influenciar

a precisão das medidas. Não é recomendada a confecção caseira de elementos avariados, caso não haja plena certeza de que as modificações do conserto não influenciarão os dados obtidos.

- **Antenas de Recepção**

As antenas de recepção têm como função captar os sinais e elevar a potência da transmissão. Em grande parte dos casos, elas representam o único artefato que nos permite conhecer a direção de origem do sinal captado. Sua importância, portanto, não pode ser subestimada.

Na prática, cuidados tais como manter o devido isolamento em relação a metais e até em relação ao corpo do observador são medidas que evitam a redução da potência da recepção e da capacidade de determinar a origem do sinal.

Um dos fatores básicos que norteiam o dimensionamento e formato da antena é o comprimento da onda envolvida na transmissão. Frequências mais baixas (de maior capacidade de propagação) resultam em ondas de maior comprimento e requerem maiores elementos para as antenas de recepção. A capacidade de direcionamento da antena também pode ser aumentada através do aumento do número dos elementos da antena, que são mais interessantes até o limite da praticidade.

Diversas antenas podem ser encontradas no mercado. Uma descrição dos tipos mais comuns de antenas, é apresentada a seguir e na Fig. 1.

- Bipolares - Mais utilizada para presença ou ausência de sinais (pessoas com prática conseguem determinar ângulos de origem de sinal com um desvio de 15°).
- Antenas em "loop"- Boas para determinação de ângulos, porém possuem menor capacidade de captura de sinal que as de elementos fixos, de forma geral. Por este motivo tem melhor desempenho quando operando em frequências mais baixas.
- Antenas multidirecionais ou em chicote - Ótimo desempenho para captação de sinais, principalmente em áreas mais confinadas; não permitem estimar a origem do sinal, captam a presença ou ausência da frequência desejada dentro de sua zona de alcance.
- Antenas tipo Yagi - Este grupo compreende os modelos de antenas mais potentes e efetivos na determinação do ângulo de origem do sinal. Basicamente possuem um elemento direcionador (frente) e um elemento refletor (fundo da antena), sendo que diversos elementos (parasitas) podem ser acrescentados

adiante do elemento direcionador para o aumento da potencia. Estes são também os modelos mais utilizados em trabalhos de campo no Brasil.

-Antenas adcock ou em "H" - Possuem aparência semelhante à das antenas Yagi, porém são menos potentes, ao passo que são mais portáteis que aquelas. Uma das principais diferenças entre essas antenas é o fato de que os modelos Adcock possuem simetria do espectro de captação na parte da frente e na parte de trás da antena. A forma dos espectros de captação inerentes a cada modelo de antena esta diretamente ligada aos procedimentos necessários para estimativa do ângulo de origem do sinal.

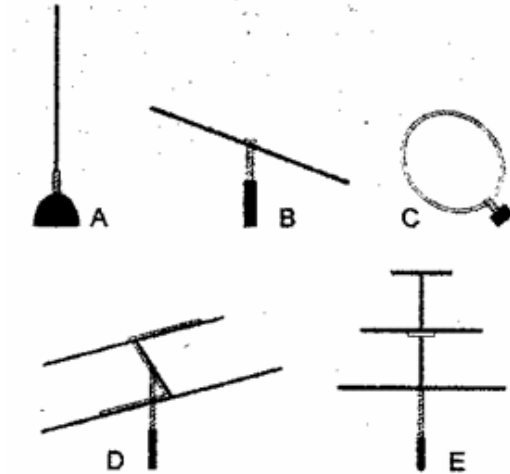


Fig. 1. Ilustração das antenas de recepção mais utilizadas em estudos envolvendo animais A = multidirecional, B = Bipolar, C = Loop, D = Adcock e E = Yagi (Fonte: Jacob e Rudran, 2003).

- **Sistemas especializados de recepção**

Alguns sistemas utilizam-se da velocidade de captação de sinal em diferentes estações de recepção para estimar a posição dos transmissores (Kenward, 1987). Já outros sistemas utilizam áreas de interseção entre zonas de atividade de antenas em estações para a localização aproximada do transmissor trabalhando com presença e ausência do sinal nas diferentes estações de captação. Esses sistemas fixos têm aplicação limitada mas podem ter a vantagem de intensificar o esforço de monitoramento com facilidade, além da possibilidade de utilizar

sistemas de registro automático das informações de localização, se necessário. Quanto aos sistemas que utilizam o tempo de recepção em diferentes locais o fator mais limitante é o custo do equipamento.

Aquisição de equipamento de telemetria

Seleção de freqüências dos transmissores

A maioria dos países possui um controle para as freqüências usadas em rádio telemetria de animais selvagens, onde as faixas destinadas a este uso já são determinadas. A justificativa para este tipo de procedimento é a de evitar interferências na rádio-comunicação, televisão, telefonia, etc. De forma geral a atividade de utilização de ondas de VHF para estudos biológicos é considerada secundária dentro da rádio transmissão. Por este motivo, a escolha de freqüências livres de interferências é uma boa medida preventiva.

Outro fator que pode ocasionar transtornos é a presença de vários pesquisadores monitorando animais marcados na mesma área e utilizando transmissores com freqüências próximas. Deve-se tentar coordenar estes fatores a fim de evitar perda de tempo localizando animais errados ou mesmo acidentes por conta deste tipo de confusão. Em situações mais extremadas pode-se utilizar transmissores codificados para diferenciação.

Aquisição e teste dos equipamentos

Existem muitas empresas especializadas em equipamentos de rádio telemetria. Os técnicos destas empresas podem e devem auxiliar o pesquisador na escolha e adequação das opções à sua situação em particular. É aconselhável a aquisição de catálogos e a consulta direta aos fabricantes com bastante antecedência (o que pode significar até alguns meses), evitando atrasos no início dos trabalhos em função do atraso na fabricação dos transmissores.

Os preços dos equipamentos para a telemetria convencional ainda são consideravelmente elevados (US\$100-300 para transmissor e 800-4000 para receptores) e, apesar disso, muitas vezes é mais barato adquirir o equipamento do que tentar fabricá-lo.

O alto custo dos aparelhos não elimina, de forma alguma, a probabilidade de ocorrência de defeitos, portanto o teste de todo o aparato imediatamente após o seu recebimento é indispensável. Além disso, esses testes permitem a aferição dos receptores, que podem apresentar variações de sintonia fina. Deve-se considerar que as especificações de desempenho dos transmissores foram determinadas em condições de laboratório e que estas podem variar no local de estudo (Samuel e Fuller, 1996).

Localização de transmissores

Técnicas de localização dos transmissores

Via de regra, a rádio telemetria provê uma estimativa da localização dos animais marcados. Se necessário, a estimativa pode ser feita à distância a partir de triangulação e isso implica em assumir a existência de um erro inerente ao método, que deve ser estimado e minimizado. Na verdade, uma avaliação do erro estimado para as localizações à distância deve constar nos resultados de qualquer estudo, pois dela depende a interpretação das informações (Saltz, 1994). Algumas características como a propagação das ondas em diferentes ambientes, variações no equipamento e até o comportamento da espécie estudada certamente estarão interagindo e influenciando constantemente as estimativas de localização realizadas.

Um bom critério a ser utilizado, ainda no planejamento do estudo, é a definição da precisão necessária à pesquisa proposta e a adoção de medidas que garantam a qualidade das informações coletadas para atingir os objetivos idealizados. É claro que há limites na capacidade de aumentar a precisão da coleta e a melhor maneira de definir estes limites é um estudo piloto no local, simulando as condições mais comuns ao trabalho. Uma das fontes de erro controláveis pelo pesquisador é a localização precisa do ponto de captura de sinal. Para melhor compreender essa fonte de erro, imagine que ao usarmos mapas com escalas de 1:25000, a espessura de um lápis comum significa aproximadamente 15 metros de diâmetro sobre a imagem; um grau de diferença na leitura de uma bússola, projetado a 1 Km de distância, significa um desvio de 17,5m. Estas diferenças podem ser insignificantes ou não dependendo do estudo em questão e podem ser contornadas, por exemplo, utilizando mapas mais ampliados da área, escolhendo equipamentos de alta precisão, reduzindo a distância entre o transmissor e o receptor e buscando posicionamentos estratégicos em relação ao transmissor. Para estimar o erro associado às estimativas de localização, a melhor maneira é fixar um transmissor em um ponto conhecido e estimar sua localização repetidas vezes, em diferentes condições.

A seguir listamos as técnicas mais utilizadas para a localização de transmissores em estudos de biologia, baseadas no trabalho de Samuel e Fuller (1996):

- Estimativa de ângulos de origem do sinal: uma vez conhecidos os espectros de captação de sinal das antenas e considerando o fato de que a potência do sinal recebido decresce conforme o espectro de captação se afasta do transmissor, podemos estimar a direção de origem dos sinais por eliminação das áreas "surdas" à antena, nos 360° possíveis ao redor do observador. O ângulo de origem do sinal é a bissetriz entre os limites "surdos" e não surdos no arco de captação do sinal. No caso das antenas Adcock, o ângulo indica a direção do transmissor e não o sentido deste em relação ao receptor. O mesmo acontece para antenas em loop. De maneira prática, os limites das zonas surdas podem ser marcados como pontos no horizonte ou mesmo marcados com os pés e, após a definição do arco de captação do sinal, a bissetriz desses limites é calculada visualmente e equivale ao ângulo de origem do sinal (Jacob e Rudran, 2003) (Fig. 2).

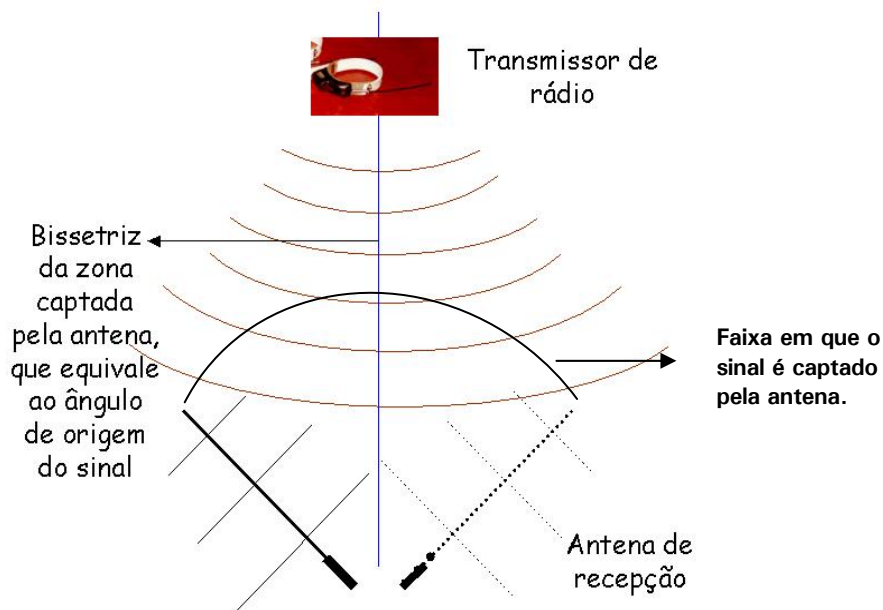


Fig. 2. Ilustração do procedimento para a estimativa do ângulo de origem de sinal utilizando uma antena "yagi" e o método da bissetriz.

- "Homing": encontrando o transmissor - Um primeiro passo antes de qualquer tentativa de se aproximar do transmissor é a realização de uma estimativa da direção deste (estimativa do ângulo de origem). Este procedimento deve ser

realizado tantas vezes quantas forem necessárias até que se perceba um substancial aumento na potência da recepção, o que indica que a distância do transmissor ao receptor diminuiu. Conforme o pesquisador se encaminha para o ponto de origem do sinal, mais forte este fica, até que, mesmo com o volume estando em níveis mínimos o sinal é perceptível e com o deslocamento de poucos metros ele desaparece. Nesta situação uma estratégia de procura por varredura (utilizando o receptor e a visão) deve ser adotada até que o transmissor seja encontrado.

- Triangulação: é quando o biólogo faz as pazes com a geometria plana, pois baseia-se em trigonometria. Com dois ângulos (pelo menos) tomados a partir de pontos conhecidos é possível estimar a localização de um terceiro ponto (transmissor). O comportamento da espécie em questão, características da área e a precisão exigida para o estudo vão definir os melhores protocolos de triangulação. De forma geral, a utilização de vários ângulos para uma mesma localização dá mais opções ao pesquisador no momento de verificar a consistência dos dados, permitindo o descarte de informações discrepantes sem comprometer a amostra. Deve-se respeitar também um intervalo máximo de tempo entre tomadas sucessivas de ângulos, para evitar que o animal se mova e influencie a localização estimada. Na Fig. 3, apresentamos o esquema de uma triangulação utilizando dois pontos conhecidos. A precisão da localização estimada irá depender basicamente da distância entre o transmissor (animal) e o receptor "d", do ângulo de intersecção entre os azimutes estimados " α " (que idealmente deve ser em torno de 90°) e do intervalo de tempo para se percorrer a distância entre os pontos 1 e 2 (Fig. 3).

- Localização aérea: É, em última análise, uma metodologia muito similar ao "homing". A aproximação é baseada na exclusão de áreas de onde o sinal não provém, com auxílio de antenas instaladas nas asas. As rotas de aproximação terminam com a visualização do animal ou com a determinação de uma área provável de sua localização (Fig. 4).

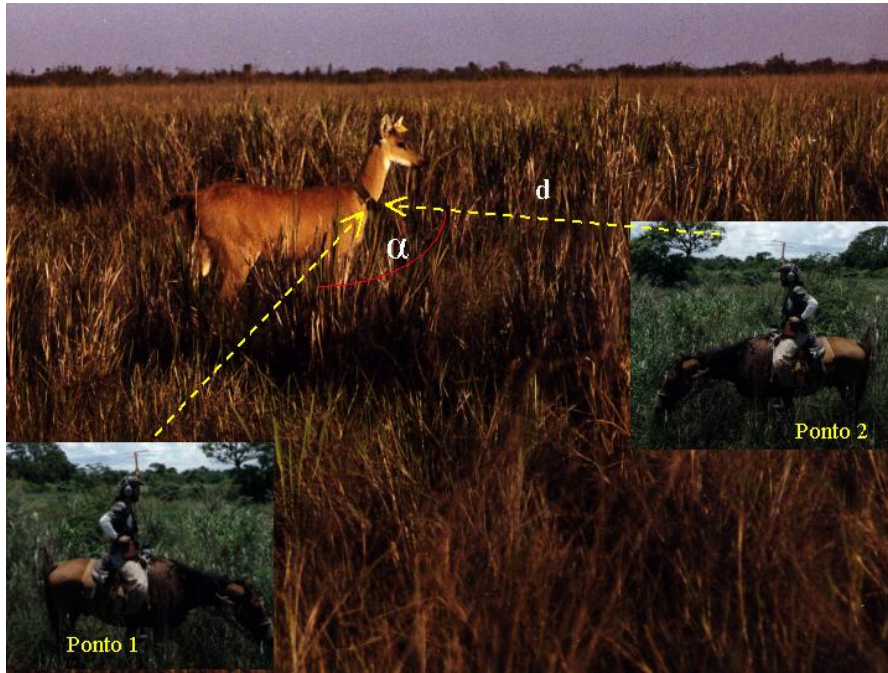


Fig. 3. Esquema de uma triangulação terrestre utilizando dois pontos conhecidos. d = distância entre transmissor e receptor, α = ângulo de intersecção entre os azimutes estimados.

As informações obtidas por rádio telemetria, além de descreverem aspectos da ecologia das espécies estudadas podem gerar informações diretamente aplicáveis ao seu manejo e conservação, tais como: tamanho da área de vida, padrões de uso de recursos da paisagem, abundância e distribuição espacial, padrões de agrupamento, taxas de sobrevivência, estratégias reprodutivas, aspectos sócio-biológicos como dispersão, migração, biorritmos, etc. No entanto, a telemetria deve ser considerada apenas como uma tecnologia que, em alguns casos, pode aumentar nossa capacidade de localizar e perceber animais no seu ambiente natural e não como uma alternativa à observação direta de indivíduos, uma vez que não fornece detalhes como o contexto em que os animais exibem seus comportamentos. Em outras palavras, antes de optar pela telemetria, pergunte se a espécie de seu interesse (que parece capaz de habituar-se a um aparelho transmissor) pode habituar-se à presença de um observador. Para algumas espécies a resposta será claramente um não.



Fig. 4. Esquema de localização aérea de um cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*) na bacia do rio Paraná, MS. Após a busca utilizando antenas direcionais acopladas às asas, um vôo rasante é feito para visualização e captura do ponto de localização do animal, com auxílio de GPS (*Global Position System*).

Como mensagem final, não nos parece demasiado enfatizar que as novas tecnologias não substituem a sensibilidade e a riqueza de detalhes que a observação direta dos animais na natureza pode proporcionar. Neste sentido, vale considerar que elas devem ser utilizadas para ampliar nossas capacidades sensoriais e, assim, aumentar a probabilidade de encontrarmos os animais em campo. Após esse encontro, velhas ferramentas que utilizam baixa tecnologia são imprescindíveis: papel, lápis e curiosidade científica.

Referências Bibliográficas

- BRANDER, R. B.; COCHRAN, W. W. Rádio-location telemetry.. In: GILES, R. H. (ed.). **Wildlife management techniques**. Michigan: The Wildlife Society, Inc. by Edwards Brothers, Inc. Ann Arbor, 1971. p. 95-103.
- ELIASSEN, E. A method for measuring the heart rate and stroke/pulse pressures of birds in normal flight. *Arbok Universitet Bergen*, **Matematisk Naturvitenskaleig**, v.12, p.1-22, 1960.
- JACOB, A. A; RUDRAN, R. Radiotelemetria em estudos populacionais. In: CULLER JR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PÁDUA, C. (org.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. da UFPR, Fundação O Boticário de Conservação da Natureza, 2003. 667p.
- KENWARD, R. E. **Wildlife radio tagging: equipment, field techniques and data analysis**. (Biological techniques Series). London: Academic Press London LTD, 1987.
- LE MUNYAN, C. D.; WHITE, W.; NYBERT, E.; CHRISTIAN, J. J. Design of a miniature radio transmitter for use in animal studies. **Journal of Wildlife Management**, v.23, p.107-110, 1959.
- MOURÃO, G. M.; MEDRI, I. M. A new way of using inexpensive large-scale assembled GPS to monitor giant anteaters in short time intervals. **Wildlife Soc. Bulletin**, v.30, n.4, p.1029-1032, 2002.
- SAMUEL, M. D.; FULLER, M. R. Wildlife radiotelemetry. In: BOOKHOUT, T. A. (ed.). **Research and management techniques for wildlife and habitats**. Kansas Allen Press, 1996. p. 370-418,
- SALTZ, D. Reporting error measures in radio location by triangulation: a review. **Journal of Wildlife Management**, v.58, p.181-184, 1994.



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento*

Rua 21 de setembro, 1880 - Caixa Postal 109

CEP 79320-900 Corumbá-MS

Telefone: (67)233-2430 Fax: (67) 233-1011

<http://www.cpap.embrapa.br>

email: sac@cpap.embrapa.br

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**