

MIGRAÇÃO EM VERTEBRADOS: FATORES CAUSAIS, MECANISMOS E TÉCNICAS DE ESTUDO

Definição: movimento sazonal de organismos de um lugar para outro, cujo impulso é fornecido por mudanças nas condições ambientais.

- **Movimento** = deslocamentos
- **Sazonal** = temporalidade
- **Impulso** = fatores endógenos
- **Condições ambientais** = fatores exógenos

Introdução

Virtualmente todos os grupos de vertebrados participam de migrações. Estas ocorrem em todas as regiões do planeta, com **periodicidade** e **previsibilidade**, desde espécies que vivem nos polos até aquelas que vivem exclusivamente na região Tropical e que nunca a abandonam. Assim como a região geográfica não é limitante, a distância percorrida também não. As migrações podem ser **longas** (milhares de km, como no caso das Baleias) ou **curtas** (dezenas de metros, como para pequenos anfíbios). Isto claro varia com o grau de **vagilidade** e **habilidade em transpor barreiras geográficas** de cada espécie. As **rotas** podem ser definidas ou não e as migrações geralmente variam entre **locais** de reprodução e invernada (mas muitas exceções a esta regra).

Aves, por exemplo, podem partir de regiões temperadas (como Canadá) e migrarem até a Amazônia Brasileira. Após o inverno do Canadá, retornam. Assim, é fácil entender porque saem do Canadá no inverno, visto que muitos corpos d'água congelam (reduzindo os recursos hídricos) e as plantas perdem folhas e frutos (ficando o ambiente com pouquíssimo recurso alimentar). Mas, porque retornam à região tropical e não ficam por lá (local de comida e água abundante)?

Esta é uma pergunta que intrigou muito os pesquisadores. Inicialmente especulou-se sobre maior competição e predação nos trópicos. Isto é um fato, mas se as espécies conseguem sobreviver durante uma temporada, porque não conseguiriam permanecer por lá o ano todo?

Assim, a explicação atualmente aceita é a relação com a **produtividade primária** das regiões extratropicais no verão. Isto é, além de ter grande quantidade de energia disponível, não existe tanta pressão de competidores ou predadores.

Para realizar as migrações, os animais lançam mão de **adaptações morfológicas** (para deslocamento e navegação*), **fisiológicas** (como acúmulo de energia eficiente) ou **comportamentais** (como os mecanismos de orientação* e locomoção). Veremos com mais detalhes nos casos apresentados abaixo.

***Orientação:** deslocar-se numa direção determinada; **Navegação:** avaliar sua posição em relação ao ponto que se deseja alcançar e, em seguida, elaborar uma estratégia para alcançar esse ponto (inclui orientação).

MIGRAÇÃO EM VERTEBRADOS: FATORES CAUSAIS, MECANISMOS E TÉCNICAS DE ESTUDO

Porque os animais migram?

Quais? De onde para onde? Motivos?

“Peixes”

- Necessidade de substratos específicos para proteção de ovos e/ou filhotes
- Reduzir predação de ovos e/ou filhotes
- Garantir elevada produção de alimento para os jovens

A migração em peixes pode ocorrer de diferentes formas, e diferentemente dos animais terrestres, pode até haver uma **migração vertical**. Isto é, algumas espécies de peixes podem viver no fundo numa época do ano e em águas mais rasas em outra época do ano (ou mesmo entre dia e noite).

Esta migração vertical poderia ser considerada curta para peixes, sendo que o **atum** (*Thunnus* spp.) é capaz de **grandes migrações**, podendo desovar tanto no mar mediterrâneo como em águas do caribe (cruzando todo Atlântico norte). É uma das maiores migrações conhecidas em peixes.

Assim como o atum, diversas espécies migram dentro de um mesmo tipo de água (marinha ou dulcícola). Este é o caso, por exemplo, de algumas espécies de peixes dulcícolas do Pantanal, como o **Dourado** (*Salminus brasiliensis*) ou o **Corimbatá** (*Prochilodus lineatus*), que sobe os rios da Bodoquena (fenômeno chamado de piracema) durante a época reprodutiva.

Outro caso brasileiro pode ser exemplificado pelos peixes do rio Solimões/Amazonas, como a **dourada** (*Brachyplatystoma*) que desovam no Peru, onde as larvas eclodem, nadam por cerca de 20 dias até a foz do Amazonas, onde cresceram e voltaram a realizar a piracema para nova desova a partir dos 3 anos de idade. O percurso é de mais de 5 mil km!

No caso de peixes exclusivamente marinhos, como o **Arenque** (*Clupea*), o sistema migratório pode ser complexo, incluindo áreas distintas para: berçário, alimentação, hibernada de adultos, e sítios de desova.

A migração não necessariamente precisa ficar dentro de um mesmo tipo de água. Esta pode ocorrer da água doce para o mar ou vice-versa. O primeiro caso pode ser ilustrado pelas **moreias** e **enguais**, que, quando adultas, partem para o mar para se reproduzir. O oposto é exemplificado pelo **salmão** (*Salmo* sp.) e **lampreias** (*Petromyzon*), pelo **robalo** (*Centropomus* spp.) ou o **Mero** (*Epinephelus marginatus*), os quais desovam em água doce (salmão – morre após a desova) ou salobra (robalo e mero).

Assim, como exemplificado acima, para cada tipo de migração temos um nome:

- Mar – Rio (Anádroma)
- Rio – Mar (Catádroma)
- Mangue – Mar (Catádroma)
- Água doce – Água doce (Potamódroma)
- Mar – Mar (Oceanódroma: arenque, bacalhau, linguado)

MIGRAÇÃO EM VERTEBRADOS: FATORES CAUSAIS, MECANISMOS E TÉCNICAS DE ESTUDO

Anfíbios

A maioria dos anfíbios migram curtas distâncias, dadas as limitações locomotoras do grupo (pequeno tamanho corporal e locomoção terrestre). As suas migrações cíclicas, dos sítios de reprodução (corpos d'água) para sítios de hibernação (florestas) podem ser diretas ou interrompidas por períodos de residência em sítios de forrageio. Os principais impulsos que desencadeiam sua migração são:

- Necessidade de água para reprodução
- Local adequado para postura dos ovos
- Garantir alimento para prole

Os exemplos mais conhecidos são de salamandras (com baixa riqueza no Brasil), para as quais é conhecida **filopatria** (adultos se reproduzem na mesma lagoa a vida toda; *Ambystoma maculatum*), e casos de **múltiplas metamorfoses** (*Notophthalmus viridescens*).

Os anuros também realizam migrações. Em alguns casos (como *Rhinella* spp.) os recém-metamorfoseados, assim que saem das lagoas, partem para uma migração que pode durar anos. Quando adultos reproduzem-se na lagoa por onde estiverem (**sem filopatria**). Os próprios girinos podem ser dispersos pela correnteza dos riachos (em casos de espécies de ambientes lóticos). Ou os pais podem dispersá-los (como em *Ameerga flavopicta* e outros Dendrobatídeos). Existem também espécies que não tem necessidade de migração (como Brachycephalidae) e estas sofrem menos com a fragmentação dos ambientes (ver em “conservação”).

“Répteis”

Um dos casos mais bem estudados são o das **tamar**. Incluindo filopatria, sítios de desenvolvimento dos filhotes (no atlântico norte ficam no mar de *Sargassum* – no Atlântico sul ainda é um mistério). Brasil – África, ilhas oceânicas para desova de tamar verde, couro só no ES, nordeste para a maioria das tamar; populações de tamar verde todo o caribe convergem para praia de Tortuguero (Costa Rica).

Cascavéis norte-americanas (*Crotalus horridus*) podem possuir hibernáculos comunais; assim como nossos lagartos teiú (*Tupinambis* e *Salvator* spp.)

Abrigos – áreas de reprodução

Ninhos – áreas de alimentação – áreas de reprodução/desova

Aves

Ninhos – áreas de alimentação – áreas de reprodução/desova

A maioria das aves de zonas temperadas são migratórias, deslocando-se para passar o inverno em áreas mais quentes nos trópicos, regressando aos trópicos no inverno para reproduzir. Por outro lado, algumas aves passam o verão nas regiões antárticas (vantagem: + luz para forrageio e alimento abundante). As migrações estão principalmente associadas a mudanças das condições ambientais (recursos).

MIGRAÇÃO EM VERTEBRADOS: FATORES CAUSAIS, MECANISMOS E TÉCNICAS DE ESTUDO

Nem todas as migrações são assim em larga escala. Mesmo dentro do Brasil observamos migrações, como no caso da **andorinha-doméstica** (*Progne chalybea*). Esta tem área de reprodução no sudeste e área de invernada no nordeste e norte do Brasil. Já a **andorinha-azul** (*Progne subis*) tem área de invernada simpátrica com a andorinha doméstica, mas se reproduz no leste na América do Norte. Ainda a **andorinha-do-mar** (*Sterna paradisaea*) se reproduz no ártico, mas pode passar o inverno em regiões tão meridionais como a Antártica (cerca de 30 mil km percorridos). Estes são só exemplos de padrões que se repetem no mundo todo.

Um caso interessante é o do **Maçarico** (*Limosa limosa islandica*): que existe uma **migração diferencial**: Machos e fêmeas do mesmo casal migram para áreas de invernada diferentes (entre 1000 e 2000 km de distância); mas retornam para o sítio reprodutivo com no máximo 3 dias de diferença (separações foram observadas quando os indivíduos chegaram com 8 dias de diferença). O que coordena esse retorno sincrônico ainda está por ser esclarecido. Existe uma sugestão de recursos alimentares equivalentes nos sítios de invernada, mas faltam evidências.

Tanto aves como mamíferos que migram grandes distâncias convergem na quantidade de gordura proporcional acumulada antes da migração (50%). Isto é, um **beija-flor** (*Archilochus*) que pesa cerca de 4,5g acumula 2 g de gordura, ao passo que uma baleia com ~ 100 ton acumula 50 ton de gordura. Este beija-flor consome as 2 g de gordura em sua migração sobre o caribe (entre a Flórida e a América Central), que dura 20 horas (800km). Tanto aves como baleias se beneficiam de correntes aéreas e marinhas favoráveis no sentido da migração... Em todo caso, o estoque de gordura deve também contabilizar contratempos, como ventos contrários...

Agitação migratória: Aves em gaiolas ficam agitadas durante a época de migração... e voam dentro das gaiolas para o lado que migrariam.

Mamíferos

Áreas de alimentação – áreas de reprodução

Áreas de alimentação sazonalidade (savanas)

Nos mamíferos, a migração ocorre por 3 vias de locomoção: **natação** (ex: baleias), **voando** (ex: morcegos) e **correndo / caminhando** (ex: gnus, caribus).

A migração dos **Gnus** em particular é excepcional. O motivo é a renovação e sazonalidade dos pastos. Os bandos vão se juntando podendo chegar até a 250 mil indivíduos. Não há hierarquia, nem líderes... Todos seguem seus próprios instintos. Nem todos anos fazem as mesmas rotas, mas eventualmente chegam a pastos recorrentes todos os anos. As fêmeas dão a luz juntas. Nestes pastos (ricos em energia) e cerca de 24 mil filhotes nascem por dia (uma vantagem, pois leoas, chacais – comem até placentas - e hienas estão a espreita para pegarem filhotes). Geralmente dão a luz de manha, para os filhotes terem tempo até a noite... Quando é mais perigoso.

As **baleias** realizam a maior migração de todos os mamíferos. A **jubarte** (*Megaptera novaeangliae*) passa o verão nos polos (sul e norte) – principais áreas de alimentação, abundante em krill (O *krill* é considerado a *maior biomassa* no planeta, superando a

MIGRAÇÃO EM VERTEBRADOS: FATORES CAUSAIS, MECANISMOS E TÉCNICAS DE ESTUDO

população humana do mundo). Migram para os trópicos no inverno (julho) quando dão a luz.

Uma baleia gasta 76 kg de gordura/dia. Assim, precisam de 900 kg de krill/dia. Então, pq não ficam nas águas frias que não variam muito de temperatura ao longo do ano (sempre por volta de 0 graus)? Filhotes não tem tanta camada de gordura, gastariam muita energia para se aquecer, assim, é melhor (menos custoso) ficar nos trópicos e investir em crescimento rápido.

Por fim, como exemplo de migração alada, posso citar o caso dos **morcegos** *Myotis sodalis*, que se alimentam no estado do Michigan (próximo aos Grandes Lagos), mas hibernam em cavernas mais ao sul (áreas mais quentes). Movimento sazonal. Pode haver variação interpopulacional também, como para os **morcegos** (*Tadarida brasiliensis*), que nos EUA (apesar do nome brasiliensis, tem distribuição ampla), algumas populações migram para hibernáculos e outras não.

Como se orientam?

- **Olfato: pistas químicas**

Ao eclodir o **salmão** memoriza o cheiro (vegetação e partículas do leite) do rio natal. Suas narinas são capazes de detectar substâncias à []s tão baixas quanto 1 ppm.

- **Visão**

- **Marcos visuais**

Baleias costumam navegar próximas aos continentes, mantendo-os de um lado na ida e do outro no regresso.

Aves utilizam linhas de praias e montanhas como marcos visuais.

- **Sol (bússola solar)**

Sabe-se que o Sol nasce ao leste e se põe ao oeste. A direção do sol varia com a hora do dia, latitude e estação do ano; mas os animais, como as **aves** conseguem compensar tais oscilações com seu **relógio circadiano**. A posição do Sol pode ser usado como um marco visual qualquer, por exemplo, mantendo sempre à esquerda se as aves saem de manhã e voltam à tarde.

Aves foram testadas para a posição do Sol. Colocando-as em um funil (Funil de Emlen) e cobrindo o Sol se necessário. Por duas semanas sendo submetidas a um fotoperíodo alterado, as **pombas** ajustaram seu posicionamento à suposta nova condição.

Também foi demonstrado que **peixes, anfíbios e aves** conseguem reconhecer **luz polarizada** (uma **radiação eletromagnética** que atinge a Terra e que não se reflete, como a luz comum). Este tipo de luz pode ser reconhecido até mesmo em dias nublados.

MIGRAÇÃO EM VERTEBRADOS: FATORES CAUSAIS, MECANISMOS E TÉCNICAS DE ESTUDO

▪ Estrelas (bússola estelar)

Durante a noite, nem a luz regular do Sol, nem a luz polarizada estão disponíveis.

Se deslocarmos o ponto de partida de algumas aves (como o **estroninho** *Sturnus vulgaris*) mais ao sul, eles continuam migrando na mesma direção sudoeste. E não chegam no mesmo destino da migração original. Isto, pois estão usando Sol e Estrelas para se guiar.

Com relação às estrelas, as aves podem também reconhecer o **sentido de rotação do céu noturno**. Isto é um indicativo do hemisfério que o animal está. Modificando esta rotação em planetários, também os animais migram em direções opostas.

Uso de constelações é reconhecido para **crocodilianos, aves e morcegos**.

▪ Campo magnético da Terra

Assemelha-se a um ímã com seus polos próximos aos polos geográficos da Terra. Uma linha imaginária traçada entre os polos sul e norte magnéticos apresenta uma inclinação de $\sim 11,3^\circ$ relativa ao eixo de rotação da Terra. O **ângulo de magnetismo** também muda ao longo das latitudes (mais vertical nos polos). Assim, **não só a polaridade é usada, mas também a inclinação** do sinal magnético. Além disso, a intensidade do campo magnético também muda (maior nos polos). Isto provê uma percepção tridimensional e geográfica do sinal magnético da Terra.

Este sistema é usado por aves, que possuem uma molécula (CPF: Carotenoide–Porfirina–Fulereno) polarizada (+ e -) no globo ocular. Os polos sofrem influência do magnetismo circundante ao animal. Assim, o sinal é interpretado pelo cérebro.

Aparentemente, não só as aves conseguem detectar os campos magnéticos, mas também **tubarões, anfíbios, tamar, morcegos e baleias**.

Assim, como posição do sol e das estrelas, experimentos alterando o campo magnético foram feitos e geraram respostas diferentes nos animais.

▪ Direção das ondas e correntes marinhas

TAMAR (segundo sinal utilizado por tartarugas). Além de usarem vários sinais, um tem influência no outro. Por exemplo, após mudar a posição da luz no nascimento de tamar, elas não nadaram perpendicularmente às ondas no início, ajustando posteriormente – chamado período de calibragem. (impacto da iluminação artificial abaixo);

▪ Múltiplos sinais

Além das tamar, Aves, por exemplo, podem usar múltiplos sinais, dependendo da distância do ponto de chegada:

- Longa: posição do Sol e campo magnético da Terra
- Média: cheiros e marcos visuais como rodovias e montanhas
- Curta: marcos visuais específicos (como árvores específicas ou prédios)

MIGRAÇÃO EM VERTEBRADOS: FATORES CAUSAIS, MECANISMOS E TÉCNICAS DE ESTUDO

Como estudar?

Além dos experimentos comentados acima:

Peixes: marcas naturais no ventre (manchas em raias), **etiquetas** (como as usadas em robalos no Espírito Santo). Para espécies grandes, como tubarão-baleia, é possível também usar **rádios transmissores** que enviam informação de localização georreferenciada. Marcação e recaptura são métodos bastante utilizados. Existe uma infinidade de artes de pesca distintas para serem utilizadas (redes de arrasto, redes de espera, tarrafas, cercos, covos, peneiras, pesca elétrica, etc...) que devem ser adequados a cada tipo de estudo. Pesca elétrica é indicada no caso de riachos pequenos, ao passo que peneiras e tarrafas mostram bons resultados em pequenas lagoas. Estudos moleculares também estão em alta (com todos os vertebrados) e geram resultados interessantes sobre as populações reais e seu deslocamento.

Anfíbios: para monitorar o deslocamento destes é possível utilizarmos carreteis, e rádios-transmissores... marcações (naturais ou com amputação de dedos, implantes de transponders, ...). Para estudos de marcação e recaptura as armadilhas de interceptação e queda (pitfall-traps) são as mais comumente utilizadas. Para girinos, no entanto, técnicas similares às de pesca são utilizadas, como peneiras, covos ou pesca elétrica (esta última incomum, mas muito eficiente para girinos de *Megaelosia*, um gênero raro de anuros da Mata Atlântica).

Répteis: similar aos anfíbios, mas também corte de escamas e placas dérmicas, pintura de cascos, etc...

Aves

Mamíferos

Migração e conservação

Qualquer alteração que o homem faça que prejudique a migração dos animais pode colocar em risco sua sobrevivência.

Barragens para hidrelétricas (UHE, PCHs, etc...), termelétricas, ou qualquer outra finalidade, não só segmentam as populações e interrompem processos migratórios, como também transformam ambientes lóticos em lênticos. Isso pode alterar completamente a comunidade de animais que ali podem habitar. Estas irão afetar diretamente os Peixes, Crocodilianos, Tartarugas e Mamíferos Aquáticos. No Brasil é um problema em todos os biomas, mas especialmente na Amazônia, Pantanal e Pampas.

Estradas, aceiros, e fragmentação florestal, corte de florestas entre topos de morros e corpos d'água: Assim como as barragens em rios, estes impactam animais terrestres como anfíbios (caso do Habitat Split), répteis (caso das serpetnes) e mamíferos (atropelamentos).

MIGRAÇÃO EM VERTEBRADOS: FATORES CAUSAIS, MECANISMOS E TÉCNICAS DE ESTUDO

Caça: como os animais se concentram em áreas para reprodução, ficam fáceis de serem caçadas em grandes grupos, como TAMAR e CENAQUA (ovos e fêmeas), aves e mamíferos (a legislação de um país pode permitir a caça e do outro não, mas os animais atravessam países para migrar).

Doenças: Agrupamentos para migração podem facilitar transmissão de doenças. Especialmente aquelas trazidas pelo gado (no caso dos Gnus). As populações chegaram a declinar em 95% - mas em 10 anos (após a cura da doença) os bandos voltaram aos seus efetivos originais.

Iluminação artificial de praias e cidades: tamar (praia e morrem) e migração noturna (dificulta ver o céu).