

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, *CAMPUS*
ARARAS
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

SAMANTHA DOS SANTOS CONCEIÇÃO

**DESMISTIFICANDO A RARIDADE DA
FORMAÇÃO DE HÍBRIDOS FÉRTEIS EM
ANIMAIS**

ARARAS, SP

2020

SAMANTHA DOS SANTOS CONCEIÇÃO

**DESMISTIFICANDO A RARIDADE DA
FORMAÇÃO DE HÍBRIDOS FÉRTEIS EM
ANIMAIS**

Monografia apresentada no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientação: Prof^a Dr^a Ane Hackbart de Medeiros

ARARAS

2020

SAMANTHA DOS SANTOS CONCEIÇÃO

**DESMISTIFICANDO A RARIDADE DA FORMAÇÃO DE HÍBRIDOS FÉRTEIS
EM ANIMAIS**

Monografia apresentada no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientação: Prof^ª Dr^ª Ane Hackbart de Medeiros

Data da defesa: 12/01/2021

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^ª Ane Hackbart de Medeiros

Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr^ª Margareth Lumy Sekiama

Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr^º Vlamir José Rocha

Universidade Federal de São Carlos

*Aos meus ancestrais e todos os meus
semelhantes, que não tiveram
oportunidades para chegar até aqui.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, que estão sempre dispostos para me apoiar em todos os meus estudos e meus anseios, meu pai, Mateus da Conceição que não está mais presente para ver o encerramento desse ciclo em minha vida, mas que sempre foi um homem forte para a família fazendo o possível e impossível para eu conseguir estar onde estou hoje. À minha mãe, Ivonete Maria, a pessoa mais forte e bondosa que tenho o prazer de ter em minha vida, que sempre está ao meu lado e minhas irmãs, Diana, Dayane e Giovana, que cresceram comigo, me ajudando a me desenvolver como pessoa e me estabelecer em momentos difíceis.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Ane, por sua paciência em me auxiliar, pelos ensinamentos e conselhos atribuídos, por durante a maior parte da graduação ter estado disposta em tirar minhas dúvidas e principalmente, pela oportunidade de ter trabalhado nessa pesquisa sob sua orientação.

Aos moradores das repúblicas nas quais tive o prazer de viver durante meu período de graduação, República Curtisso e República Sobrado Rosa, que contribuíram para o meu amadurecimento e para o desenvolvimento da minha responsabilidade, presenciando meus momentos bons e ruins, desta forma se tornando parte da minha família.

Às pessoas incríveis que estiveram do meu lado ao longo de todos esses anos, que acreditaram no meu potencial até em todos os momentos, de tal maneira que também comecei a acreditar. Em especial aos meus amigos, Tatiane Queiroz, Carlos Ambrozetto, Sabrina Rissato, Carol Granusso, Gabriella Ulrich, João Ricardo e Ingrid Mugnaini, por me ajudarem a construir e enxergar o melhor de mim.

À minha turma 014, que tenho orgulho em ter feito parte, onde todos sempre se ajudaram, compartilharam conhecimento quando necessário e se apoiaram, tornando o ambiente acadêmico um lugar bem confortável de estar.

À UFSCar, por ter garantido todo o suporte necessário para a minha formação acadêmica e aos professores com os quais tive contato, que me auxiliaram na construção do meu conhecimento.

Também agradeço a mim, por sempre ter sido forte nos momentos em que toda a força foi necessária, por ter aprendido a ser mais gentil comigo mesma, por ter aprendido a acreditar na realização dos meus sonhos acadêmicos e por não ter desistido nenhuma vez mesmo com as dificuldades. Por fim, agradeço a todos que me ajudaram de alguma forma durante esse ciclo da minha vida.

RESUMO

O surgimento e formação de espécies é uma área de grande interesse no saber científico da genética, biologia da conservação e evolução. Uma das concepções mais validadas em relação à formação de espécies trata-se do fator barreiras de isolamento, onde populações que cruzam naturalmente entre si são reprodutivamente isoladas de outros grupos. Nesse trabalho, realizou-se um levantamento bibliográfico das teorias que envolvem o hibridismo natural ou a reprodução interespecífica entre animais e consequências para as espécies. Pode-se verificar que esse tipo de hibridação com formação de intermediários férteis ocorre frequentemente, podendo ser observado, por exemplo, nas espécies de tartarugas marinhas *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta* pertencentes a costa litorânea brasileira. Além disso, indivíduos provenientes desse hibridismo não demonstraram diferenças reprodutivas em relação aos seus parentais e estão sendo relatados em uma incidência relativamente alta. O mesmo ocorreu com as espécies de gaivotas *Laurus glaucescens* e *L. occidentalis*, pertencentes a uma determinada zona híbrida da América do Norte, onde pesquisas mostraram que seus exemplares de intermediários poderiam ser tão férteis quanto seus parentais. Em outros estudos, espécies de aves *Pyrglena Atra* e *P. leucoptera* que, apesar da fertilidade de seus intermediários, destacaram resultados ainda inconclusivos sobre as consequências dessa reprodução. Também foi possível avaliar pesquisas onde o hibridismo pode acarretar em consequências negativas para as espécies envolvidas, como ocorrido com as espécies de saguis *Callithrix sp.* encontradas no Brasil onde, devido a ações antrópicas, compartilharam o mesmo habitat e a reprodução entre as mesmas gerou um distúrbio ecológico. Desta forma, os resultados obtidos através do presente levantamento bibliográfico demonstram que é preciso reavaliar as suposições acerca das espécies provenientes do hibridismo natural, desmistificando a raridade desse acontecimento na natureza, de forma a construir um enfoque sobre a fertilidade e produtividade evolutiva a fim de contribuir com os estudos correlacionados de genética e evolução das espécies.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVOS GERAIS	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. METODOLOGIA	10
4. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	10
4.1 ESPÉCIES	10
4.2 ESPECIAÇÃO	11
4.3 HIBRIDISMO OU REPRODUÇÃO INTERESPECÍFICA	12
4.4 PRESSÕES AMBIENTAIS E ADAPTAÇÕES	13
4.5 GAIVOTAS (<i>Laurus glaucescens</i> e <i>Laurus occidentalis</i>)	14
4.6 PUMAS (<i>Puma concolor coryi</i> e <i>Puma concolor stanleyana</i>)	14
4.7 PÁSSAROS (<i>Pyriglena atra</i> e <i>Pyriglena leucoptera</i>)	15
4.8 PRIMATAS (<i>Callithrix</i> sp.)	15
4.9 TARTARUGAS MARINHAS (<i>Eretmochelys imbricata</i> e <i>Caretta caretta</i>)	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
7. ANEXOS	22

1. INTRODUÇÃO

Dentro do universo científico existem diversas definições sobre o que é uma espécie e quais as suas limitações, a partir de diferentes conceitos que foram definidos ao longo do tempo. Definir o conceito de espécie é extremamente importante, visto que se encontra ligado diretamente à origem da diversidade taxonômica, se tornando necessário para a compreensão da biologia evolutiva (CRACRAFT, 1983). Atualmente, a definição mais utilizada e aceita dentro da biologia para conceituar uma espécie é chamada de “barreiras de isolamento reprodutivo”, desenvolvida por Mayr (1942), na qual uma espécie é descrita como “um grupo de populações naturalmente intercruzantes, isoladas de outros grupos” (MAYR, 1942).

Essa teoria argumentou que as espécies são reais, com qualidades de nível de espécie, como "mecanismos de isolamento", "coesão" e "complexos de genes coadaptados" (MALLETT, 2005). Entretanto, de acordo com os estudos de Anderson e colaboradores (1949) essa definição, conhecida como conceito biológico, limita a gama de populações, não agregando casos de hibridização e introgressão, sendo esses casos lidos como opostos do isolamento reprodutivo, desafiando a realidade das espécies biológicas (MALLETT, 2005).

Alguns autores, como Van Valen (1976), considerando a arbitrariedade dessa definição, contestam o nome “conceito biológico” alterando para “conceito de espécies reprodutivas”. Para a presente discussão, adotou-se a premissa de que diferentes conceitos de espécies contemporâneas são baseados, em parte, em diferentes propriedades biológicas (QUEIROZ, 2005). De acordo com Mayr (1970) é necessário considerar que a formação de espécies pode ocorrer a partir de três possibilidades diferentes, nas quais pode-se observar uma transformação das populações em decorrência de uma seleção natural ou com uma fusão de espécies, nos quais são considerados a hibridização e especiação. Porém, os casos de hibridização sempre foram descritos como fenômenos raros na natureza (ALMAÇA, 1981). Ademais, vale ressaltar que havendo recorrências de casos de híbridos naturais, os conceitos sobre os mesmos sempre deduzem que eles geram consequências negativas para as espécies envolvidas e o ambiente, sendo no quesito evolutivo e com o sucesso reprodutivo dos indivíduos se tornando extremamente baixo ou nulo (ARNOLD, 1999).

A inserção dessas teorias acarretou, no ano de 1973, na criação de uma política híbrida concomitantemente a Lei de Espécies Ameaçadas dos EUA (Endangered Species

Act ESA ou The Act; 16 U.S.C. § 1531 et seq.), onde os indivíduos híbridos não foram considerados dignos de proteção ambiental (O'BRIEN et al., 1991). Entretanto, essa política foi rescindida em 1990, após considerações de que os padrões deveriam ser revisados (ALLENDORF *et al.*, 2001). Contudo, a hibridização natural ou reprodução interespecífica vem sendo descrita como algo mais frequente por alguns pesquisadores (CHUNCO, 2014; MALUKIEWICZ, 2018; BUENO, 2017), desta forma, podendo ser avaliada atualmente como um fenômeno mais comum, como será apresentado nessa breve revisão. Conjuntos de diferentes espécies, com variações incluindo tartarugas marinhas (SOARES et al., 2016), até pumas (HOSTETLER, 2011) estão sendo estudados.

Na natureza as espécies costumam ficar incompletamente isoladas por milhões de anos e, por muito tempo, com as barreiras reprodutivas pré-zigóticas incompletas, desta forma a evolução do isolamento reprodutivo pode acontecer enquanto as espécies ainda estão propensas ao fluxo gênico, em simpatria ou parapatría (MALLET, 2005). Logo, Arnold (1997) pontua que ocorrência de híbridos naturais pode estar correlacionada a adaptação e diversidade. Além desta associação, Malukiewicz (2018) aponta que as hibridizações provenientes de ações antropogênicas também podem gerar novidade e diversidade genética, sendo fundamental a compreensão destes processos para a conservação. Alguns híbridos podem fornecer uma ponte para troca de alelos, com isso, mesmo taxas pequenas de hibridização ocorridas por indivíduos podem fornecer consequências evolutivas importantes para as espécies (MALLET, 2005).

Portanto, é necessário observar até que ponto as informações sobre as hibridizações podem ser afirmadas, visto que a ciência e a natureza estão em constante mudança, principalmente no cenário atual em detrimento de ações antropogênicas, como pontuado na pesquisa de Anderson (1948). Além disso, as ações antropogênicas também auxiliam na movimentação das zonas híbridas, em conjunto com mudanças climáticas, sucesso reprodutivo dos indivíduos e outros aspectos, como competição e dominância, desta forma trazendo grandes consequências para a biologia evolutiva e da conservação (BUGGS, 2007).

Contudo, mesmo que a interação direta entre dois dos maiores processos evolutivos (hibridização e especiação) seja recorrente, tal relação ainda é pouco compreendida (MACLEOD, 2015). Portanto, entender a atual existência, derivada de casos de hibridização entre animais, é de extrema relevância sendo notória a demanda para a

conservação, além de tratar-se de uma fonte importante de novas variações genéticas e fenotípicas (CHUNCO, 2014).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Revisar a produção bibliográfica sobre a capacidade reprodutiva interespecífica, com a geração de indivíduos híbridos férteis, seguindo a via oposta das barreiras de isolamento reprodutivo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar e coletar informações a partir de cinco espécies estudadas atualmente que estão se reproduzindo a partir de cruzamento interespecífico;
- Observar a frequência e capacidade reprodutiva dos indivíduos que são resultados de reproduções interespecíficas;
- Desmistificar o conceito de que indivíduos híbridos de espécies animais possuem baixa capacidade reprodutiva e que asseguram uma desvantagem para as espécies ou o meio no qual vivem.

3. METODOLOGIA

Para essa revisão bibliográfica foram utilizadas as bases de dados encontradas em plataformas científicas como a biblioteca eletrônica científica Scientific Electronic Library Online (SciELO), o Google Acadêmico (Google Scholar) e periódicos da Capes. A utilização dessas plataformas possibilitou o acesso a artigos e livros das temáticas de evolução, genética da conservação e reprodução interespecífica. Nas plataformas foram utilizadas palavras chaves que englobam a temática, tais como “hibridização”, “especiação”, “evolução”, “relações interespecíficas”, “híbridos naturais”, “hibridização e fertilidade”. Desta forma, as pesquisas encontradas, desde as mais antigas datadas entre a

década de 1940 até as mais atuais foram analisadas, assim foi possível obter informações sobre a hibridação proveniente da reprodução interespecífica ou hibridismo natural.

4. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Deve-se ressaltar que para as análises discutidas neste trabalho de revisão, é necessário primeiramente compreender as definições de alguns conceitos e suas importâncias, de acordo com alguns autores que os descreveram ao longo do tempo.

4.1 ESPÉCIES

Espécies são grupos de populações naturais que cruzam entre si, que são reprodutivamente isolados de tais outros grupos (MAYR, 1942). Porém, de acordo com de Queiroz (2005), essa definição estimulou tanto críticas, quanto o uso de termos alternativos:

(a) Conceito de Isolamento Reprodutivo: Segundo Mayr (1942), o conceito de espécies se baseia no atributo de isolamento reprodutivo, onde espécies são grupos de populações naturais inter cruzantes que são reprodutivamente isolados de outros grupos.

(b) Conceito Ecológico: Dentro deste conceito, as espécies são definidas por compartilharem o mesmo nicho ou zona adaptativa, na qual contém todos os componentes ambientais cujo os organismos específicos interagem (VAN VALEN, 1976; ANDERSSON, 1990).

(c) Conceito Filogenético: Uma espécie se delimita pela menor agregação de organismos (sexuais) ou linhagens (assexuais) de uma cladística que compartilham de um mesmo ancestral em comum se distinguem dos outros grupos (CRACRAFT, 1983; NIXON *et al.*, 1990).

(d) Conceito Monofilético: Esse conceito se consiste em agrupar a partir de uma espécie ancestral e todos os seus descendentes, partindo de suas características derivadas que são compartilhadas entre os indivíduos (ROSEN, 1979; DONOGHUE, 1985).

4.2 ESPECIAÇÃO

Segundo Almaça (1981), a formação das espécies ou especiação só pode ser inteiramente compreendida através dos elementos fornecidos pela evolução de populações, com isto, o mesmo se agrega com Mayr (1970), que considera três possibilidades diferentes para a formação de novas espécies, sendo elas:

(a) transformação de novas espécies: Ocorre a partir de fatores evolutivos (por exemplo a seleção natural) exercendo forças nos organismos, originando desta forma um indivíduo que a partir de um certo momento estará isolado reprodutivamente de sua espécie inicial.

(b) fusão de espécies: Ao contrário da transformação, a fusão de espécies reduz a diversidade. A mesma ocorre quando a barreira de isolamento reprodutivo é quebrada entre duas espécies e, por consequência, geram uma nova espécie no lugar das anteriores. Mesmo que aparentemente raro, não se caracteriza como impossível (ALMAÇA, 1981).

(c) multiplicação de espécies ou verdadeira especiação: Neste caso ocorre um aumento de diversidade específica, onde uma espécie forma um indivíduo ou mais que, por alguma alteração genética, são isoladas dos seus progenitores criando novas espécies com capacidades ecológicas e reprodutoras.

4.3 HIBRIDISMO OU REPRODUÇÃO INTERESPECÍFICA

No caso de “fusão de espécies” observamos o hibridismo natural, que envolve acasalamentos bem-sucedidos na natureza entre indivíduos de duas populações ou grupos de populações distinguíveis, com base em uma ou mais características herdáveis (ARNOLD, 1997). A hibridação pode influenciar a evolução de várias maneiras de forma que, se os híbridos forem menos aptos, a faixa geográfica de populações ecologicamente divergentes poderá ser limitada e o isolamento reprodutivo pré-zigótico pode ser reforçado, além de que alguns genótipos híbridos são mais adequados que um ou ambos os pais, pelo menos em alguns ambientes, a hibridação pode resultar em uma contribuição positiva (BARTON, 2001).

Segundo Harari (2014), a realidade biológica não é em preto e branco. Há também áreas cinzas importantes. Quaisquer duas espécies que tenham evoluído de um único ancestral, como cavalos e jumentos, foram em algum momento, apenas duas populações da mesma espécie. Com o tempo, as diferenças entre elas se acumularam, até que elas seguiram caminhos evolutivos separados, entretanto, mesmo com distinções e em raras ocasiões, as espécies foram capazes de copular e gerar descendentes férteis (HARARI, 2014).

Existem duas suposições sobre a potencialidade dos indivíduos híbridos, onde a primeira de acordo com Arnold (1999) aponta que hibridações naturais não afetam as histórias evolutivas, pois há uma baixa probabilidade de produzirem novos genótipos com uma aptidão maior relativa; já a segunda, assume que todos os genótipos híbridos são menos aptos. De acordo com os apontamentos de Sene (2009), o isolamento reprodutivo é uma forma de impor barreiras biológicas que impedem o fluxo gênico entre duas populações, ainda que estas compartilhem a mesma área de vida.

Portanto, categoriza-se que estas barreiras podem se estabelecer por dois tipos de mecanismos diferentes: mecanismos pré-zigóticos e mecanismos pós-zigóticos. Os pré-zigóticos, por razões mecânicas tal como comportamentos, diferenças morfológicas, diferenças de período fértil ou a morte de gametas masculinas, ao adentrar o trato reprodutor feminino impedem a fecundação, enquanto que de acordo com Dobzhansky (1970), os mecanismos pós-zigóticos estão ligados a inviabilidade dos híbridos, com a possibilidade de morte durante as fases iniciais de gestação ou, caso a fase gestacional termine e o animal prossiga até a fase adulta, ocorre a esterilidade do mesmo devido a uma produção desbalanceada de gametas.

4.4 PRESSÕES AMBIENTAIS E ADAPTAÇÕES

De acordo com Canestrelli e colaboradores (2017), raras hibridizações entre espécies divergentes de animais foram relatadas envolvendo uma ampla gama de taxa por décadas, porém muitas vezes as mesmas permanecem inexplicadas, sendo consideradas principalmente como fatos casuais ou anedóticos. No entanto, as interações reprodutivas entre espécies anteriormente isoladas são inevitáveis à medida que as populações mudam geográfica e temporalmente como, por exemplo, a mudança climática, resultando

potencialmente em introgressão, especiação ou até extinção (CHUNCO, 2014). O termo introgressão tem sido utilizado para indicar a infiltração ou fluxo de genes de uma espécie para outra, por meio de uma hibridização entre elas e seguida de retrocruzamentos (ANDERSON, 1949).

As mudanças climáticas estão afetando profundamente a trajetória evolutiva das espécies individuais e comunidades ecológicas, sendo uma parcela relacionada ao meio da criação de novos conjuntos de espécies (CHUNCO, 2014). Além disso, conforme Crispo e colaboradores (2011), é possível destacar que as ações antrópicas sobre o meio ambiente causam efeitos nos padrões naturais de trocas genéticas entre as espécies. As ações antropogênicas conseguem modificar o ambiente de maneira tão abrangente que, o aumento de hibridização pode ser relacionado, com o sucesso reprodutivo dos indivíduos (ANDERSON, 1948).

Segundo Mallet (2005), pelo menos 25% de plantas e 10% de animais, principalmente as espécies mais jovens, estão envolvidos na hibridação e introgressão potencial com outras espécies. Logo, a pergunta importante a fazer não é se um genótipo híbrido é relativamente apto, mas se um genótipo híbrido facilita o intercâmbio genético entre linhagens isoladas ou se resulta na formação de novas linhagens evolutivas (ARNOLD, 2006). A hibridação entre espécies é sempre rara em uma base individual, mas essa afirmação é tautológica, porque não seríamos capazes de distinguir espécies se a hibridação fosse comum (MALLET, 2005). Entretanto, ainda que o sucesso reprodutivo dos indivíduos híbridos seja primordial para a compreensão da evolução das populações, há poucos estudos na área que fomentam um argumento lógico. (SOARES *et al.*, 2016). Contudo, neste trabalho reunimos cinco pesquisas relacionadas a hibridização com a ocorrência de sucesso reprodutivo, para analisar e evidenciar novas suposições sobre os indivíduos híbridos.

4.5 GAIVOTAS (*Laurus glaucescens* e *Laurus occidentalis*)

Em um estudo envolvendo cruzamento entre gaiivotas *Laurus glaucescens* e *L. occidentalis*, Hoffman e colaboradores (1978), observaram uma intensa interação dentro de uma zona híbrida ao longo da costa de Washington, onde produziram uma alta quantidade de morfos intermediários dentro das populações reprodutoras. Como procedimento da pesquisa, os pesquisadores utilizaram uma base morfológica para a análise dos indivíduos

a partir da coloração diferenciada dos mesmos, como características coloríficas de corpo e cabeça, asas e os olhos. Os padrões de acasalamento encontrados eram variados, sendo mencionado que pares envolvendo indivíduos puros de *L. glaucescens* ou *L. occidentalis* chocaram significativamente menos ovos em comparação a pares contendo ao menos um híbrido.

Em uma pesquisa na qual foram levantados dados comparativos sobre as mesmas espécies em questão, Bell (1997) analisou indivíduos híbridos pertencentes às colônias dessas gaivotas onde, a partir de observação das suas ninhadas, analisaram as diferenças e coletaram dados como o conteúdo do ninho, tamanho e peso dos ovos, além da morfologia das aves. Nessa mesma pesquisa, o autor apresenta uma comparação com o trabalho de Hoffman e colaboradores (1978), porém ao assumir que as medidas obtidas em ambos os estudos são comparáveis, parece que o padrão de aptidão reprodutiva na zona híbrida mudou, pois em 1974, os híbridos experimentaram maior aptidão reprodutiva do que os pais, enquanto em 1989, *L. occidentalis* se saiu melhor do que os híbridos ou que *L. glaucescens*.

4.6 PUMAS (*Puma concolor coryi* e *Puma concolor stanleyana*)

A introgressão genética pode ser utilizada como método para diminuição da depressão por endogamia, podendo auxiliar na conservação de espécies. Sabendo disso, Hostetler e colaboradores (2011) implementaram uma análise sobre indivíduos híbridos de pumas, que se originaram a partir da introdução feita em 1995 de fêmeas *Puma concolor stanleyana* no habitat onde indivíduos da subespécie *Puma concolor coryi* estavam sofrendo depressão por endogamia. Para a realização dessa pesquisa, foram utilizados dados reprodutivos dos anos de 1995 até 2008 e amostras genéticas retiradas de sangue e tecido de ambas espécies, de forma a observar intermediários descendentes da introgressão e o padrão reprodutivo atual.

Os resultados encontrados pelos pesquisadores demonstraram que os indivíduos realmente progrediram gerando filhotes de ambas subespécies ao longo dos anos, sugerindo que a introgressão genética utilizando a hibridização pode ter efeitos diferenciais em relação a aptidão reprodutiva. Entretanto, a pesquisa não destacou diferenças entre as ninhadas de fêmeas mais velhas e as mais jovens, fator importante para estabelecer uma

análise completa da introgressão, apontando a necessidade de outros componentes demográficos.

4.7 PÁSSAROS (*Pyriglena atra* e *Pyriglena leucoptera*)

A Mata Atlântica é composta por uma enorme diversidade de espécies, dentro destas podemos encontrar as aves do gênero *Pyriglena*, do qual é possível destacarmos duas espécies que a reprodução foi investigada por Bueno (2017): *Pyriglena atra* e *Pyriglena leucoptera*. Análises genômicas foram realizadas na pesquisa com amostras de 48 indivíduos identificados, sendo 13 *P. atra*, 20 *P. leucoptera* e 15 indivíduos intermediários, todos de ambos os sexos.

Os estudos de Bueno (2017) demonstraram que os intermediários possuem sucesso reprodutivo, entretanto é necessário medir com estudos mais aprofundados quais as consequências desse sucesso em decorrência das diferenças encontradas em seus parentais visto que, diferentemente de *P. leucoptera* (espécie abundante na natureza), *P. atra* é uma espécie ameaçada de extinção, constando na lista do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO, 2018). Sobretudo, desta forma, com os estudos desta hibridização pode-se ter respostas positivas pela possibilidade de introgressão adaptativa, com alelos adaptados podendo ser substituídos, assim contribuindo para a conservação da espécie em questão.

4.8 PRIMATAS (*Callithrix sp.*)

Através dos resultados obtidos no trabalho de Rylands e colaboradores (2009) e Malukiewicz (2018) as espécies de primatas do gênero *Callithrix* podem ser encontradas ao longo do território brasileiro categorizadas em seis espécies, sendo essas: *Callithrix aurita*, *C. flaviceps*, *C. geoffroyi*, *C. jacchus*, *C. kuhlii* e *C. penicillata*. Ao analisar a ampla gama de espécies, estima-se uma probabilidade para geração de primatas através de hibridizações naturais e antropogênicas, acarretando em consequências distintas, com híbridos naturais sendo priorizados. Outros fatores a serem considerados são as ações antropogênicas, que podem gerar diversidade e novidade genética. Portanto, compreender

totalmente a hibridização é importante para a conservação dos primatas e para a biologia evolutiva (MALUKIEWICZ, 2018).

Uma pesquisa desenvolvida por Albuquerque (2019) analisou histologicamente a ovogênese de exemplares híbridos do gênero *Callithrix* encontrados no território brasileiro. Os estudos foram desenvolvidos com indivíduos pertencentes originalmente a biomas distintos que, por ações antrópicas, foram inseridos em outros habitats de forma a manter um convívio na natureza.

Os resultados dos estudos de Albuquerque (2019), envolvendo as espécies *C. aurita*, *C. flaviceps*, *C. kuhlii*, *C. geoffroyi*, *C. jacchus* e *C. penicillata* demonstraram que além das fêmeas híbridas terem um padrão reprodutivo fértil, se aparentam potencialmente mais férteis que as fêmeas de seus parentais, podendo acarretar em um distúrbio ecológico.

4.9 TARTARUGAS MARINHAS (*Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta*)

No Brasil existem cinco espécies de tartarugas que fazem nidificação nas praias e todas as espécies relatadas estão em algum grau de ameaça de extinção de acordo com a International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2020). Os registros de espécies ameaçadas fizeram com que as pesquisas relacionadas à híbridos férteis fossem consideradas pelo Plano de Ação Nacional Para a Conservação de Tartarugas Marinhas.

Um grande exemplo de hibridismo natural com formação de indivíduos férteis é o que ocorre entre tartarugas marinhas, que apesar de ser registrado em uma baixa frequência globalmente, conforme analisado por Lara-Ruiz e colaboradores (2006), há uma incidência alta no litoral brasileiro. Essa incidência extremamente alta de hibridização entre tartarugas marinhas na costa brasileira é uma situação atípica, visto que em modo geral não ocorre com frequência em outros locais, então deve ser investigada (ARANTES, 2018).

Com a utilização de marcadores nucleares e mitocondriais, Soares e colaboradores (2017) analisaram espécies híbridas de tartarugas marinhas provenientes da reprodução interespecífica entre os gêneros *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta*. Para o estudo, foram recuperados registros de 146 fêmeas que apresentavam traços de hibridação do banco de dados de 35 anos do instituto de conservação de tartarugas marinhas TAMAR, onde os mesmos continham comprimento da carapaça, os ovos, período de incubação,

produção de filhotes e observação da frequência de reprodução. Algumas conclusões do estudo de Soares e colaboradores (2017), demonstram que as intermediárias das espécies de tartarugas marinhas *E. imbricata* e *C. caretta* não foram relatadas diferenças reprodutivas em relação ao seus parentais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que desenvolver uma teoria que englobe um conceito amplo sobre as formações de espécies sempre foi uma das principais buscas de naturalistas e cientistas, dentro do universo científico biológico. Diferentes autores buscaram construir definições que tentassem abranger a maior gama de indivíduos de forma equivalente. Contudo, a natureza é imprevisível, não contendo um padrão exato no qual os organismos costumam seguir infundavelmente, tudo está em constante mudança e com isso determinar conceitos sólidos demais para algumas circunstâncias torna-se complexo.

Definir se um indivíduo faz parte, ou não, de uma espécie não é tão simples como aparenta ser, principalmente ao considerar as individualidades intraespecíficas dos mesmos, pois todos os seres vivos estão em constante adaptação e evolução, além disso, considerando o momento atual no qual os habitats estão passando por mudanças mais rápidas e frequentes devido ao aquecimento global. A partir dessas informações, é necessário reavaliar algumas concepções, como a do hibridismo natural ou reprodução interespecífica, que por muito tempo tem sido visto com negatividade pela ciência, colocando os indivíduos intermediários em posição de raros, causadores de problemas para as espécies envolvidas, e conseqüentemente, para o ambiente, mas sim observar as possibilidades positivas que podem trazer. Com a observação dos casos abordados neste trabalho, foi possível fazer uma análise dos indivíduos híbridos de outro ângulo, como por exemplo entre as gaivotas *L. glaucescens* e *L. occidentalis*, em que a existência de intermediários não demonstrou algo prejudicial para os parentais, ou ainda, entre os pumas *P. c. coryi* e *P. c. stanleyana*, em que a hibridização contribuiu para a conservação dos parentais e até entre os saguis do gênero *Callithrix*, que os intermediários demonstram um alto grau de fertilidade, mas que possivelmente devido ao convívio por causas antrópicas podem acabar sim gerando um distúrbio para o ambiente.

Então, com a coleta bibliográfica desses diferentes estudos analisados, é possível verificar que essas suposições negativas são errôneas, observando que diferentes espécies pertencentes a diversas classes apresentam casos de hibridização com sucesso reprodutivo semelhante ao dos parentais, ou em alguns casos, maior do que a das espécies parentais.

Ademais, outro fator que deve ser observado são as ações antropogênicas, que estão afetando o comportamento de muitas espécies, ocorrendo de modo direto com o deslocamento de espécies de seus respectivos habitats, aplicando-as em outros locais, ou de forma indireta, a partir da contribuição com o aquecimento global e mudanças climáticas.

Portanto, é possível compreender que com a imprevisibilidade da natureza, as hibridizações não são tão raras como sempre foram descritas e que as consequências dos acontecimentos, não podem ser classificadas como totalmente negativas ou positivas, abrindo espaço para uma observação mais delicada. Assim, abrindo espaço para futuras e mais aprofundadas pesquisas envolvendo a hibridização entre animais e seus resultados para as espécies parentais e para o ambiente no qual vivem, inclusive, podendo futuramente utilizar seus aspectos positivos para a conservação das espécies. Dentro disso, ainda se faz necessário avaliar as possibilidades que a hibridização acarreta, como a especiação, introgressão ou a agregação alélica de diferentes ângulos, deste modo não direcionando apenas para algo prejudicial ou que caminhe para a extinção das espécies envolvidas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A. L. S. **Análise histológica da ovôgenese de saguis híbridos *Callithrix* sp.** 2019.
- ALLENDORF, F. W. et al. **The problems with hybrids: setting conservation guidelines.** Trends in ecology & evolution, v. 16, n. 11, p. 613-622, 2001.
- ALMAÇA, C. **Formas de especiação nos animais.** Arquipélago. Série Ciências da Natureza, v. 2, p. 7-35, 1981.
- ANDERSON, E. **Hybridization of the habitat.** Evolution, v. 2, n.1, p. 1-9. 1948.
- ANDERSON, E. et al. **Introgressive hybridization.** 1949.
- ANDERSSON, L. **The driving force: species concepts and ecology.** Taxon, v. 39, n. 3, p. 375-382, 1990.
- ARANTES, L. S. et al. **Filogeografia genômica e hibridização em tartarugas marinhas.** 2019.
- ARNOLD, M. L. **Natural hybridization and evolution.** Oxford University Press on Demand, 1997.
- ARNOLD, M. L. et al. **Natural hybridization: how low can you go and still be important?.** Ecology, v. 80, n. 2, p. 371-381, 1999.
- ARNOLD, M. L. **Evolution through genetic exchange.** Oxford University Press, 2006.
- BARTON, N. H. **The role of hybridization in evolution.** Molecular ecology, v. 10, n. 3, p. 551-568, 2001.
- BELL, D. A. **Hybridization and reproductive performance in gulls of the *Larus glaucescens-occidentalis* complex.** The Condor, v. 99, n. 3, p. 585-594, 1997.
- BUENO, A. B. S. **Análise genômica de híbridos e não híbridos de Olhos-de-fogo (gênero *Pyriglena*, Aves: *Thamnophilidae*) da Floresta Atlântica.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BUGGS, R. J. A. **Empirical study of hybrid zone movement.** Heredity, v. 99, n. 3, p. 301-312, 2007.
- CANESTRELLI, D. et al. **Climate change promotes hybridisation between deeply divergent species.** PeerJ, v. 5, p. e3072, 2017.
- CHUNCO, A. J. **Hybridization in a warmer world.** Ecology and Evolution, v. 4, n. 10, p. 2019-2031, 2014.
- CRACRAFT, J. **Species concepts and speciation analysis.** In: Current ornithology. Springer, Boston, MA, p. 159-187, 1983.
- CRISPO, E. et al. **Broken barriers: Human-induced changes to gene flow and introgression in animals: An examination of the ways in which humans increase genetic exchange among populations and species and the consequences for biodiversity.** BioEssays, v. 33, n. 7, p. 508-518, 2011.
- DOBZHANSKY, T. et al. **Genetics of the evolutionary process.** Columbia University Press, 1970.

- DONOGHUE, M. J. **A critique of the biological species concept and recommendations for a phylogenetic alternative.** *Bryologist*, p. 172-181, 1985.
- HARARI, Y. N. **Sapiens: A brief history of humankind.** Random House, 2014.
- HARRISON, R. G. et al. **Hybrid zones: windows on evolutionary process.** *Oxford surveys in evolutionary biology*, v. 7, p. 69-128, 1990.
- HOFFMAN, et al. **Hybridization between gulls (*Larus glaucescens* and *L. occidentalis*) in the Pacific Northwest.** *The Auk*, v. 95, n. 3, p. 441-458, 1978.
- HOSTETLER, J. A. **Does genetic introgression improve female reproductive performance? A test on the endangered Florida panther.** *Oecologia*, v. 168, n.1, p.289-300, 2011.
- ICMBIO. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção.** 1ª.ed. Brasília: ICMBIO/MMA, 2018.
- ICMBio. **Plano de Ação Nacional para Conservação das Tartarugas Marinhas.** (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2011).
- IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species.** 2020. Disponível em:< <http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 10 de Out. de 2020.
- HOFFMAN, et al. **Hybridization between gulls (*Larus glaucescens* and *L. occidentalis*) in the Pacific Northwest.** *The Auk*, v. 95, n. 3, p. 441-458, 1978.
- LARA-RUIZ, P. et al. **Extensive hybridization in hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) nesting in Brazil revealed by mtDNA analyses.** *Conservation Genetics*, v. 7, n. 5, p. 773-781, 2006.
- MACLEOD, A. et al. **Hybridization masks speciation in the evolutionary history of the Galápagos marine iguana.** *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 282, n. 1809, p. 20150425, 2015.
- MALLET, J. **Hybridization as an invasion of the genome.** *Trends in Ecology & Evolution*, v. 20, n. 5, p. 229-237, 2005.
- MALUKIEWICZ, J. **A review of experimental, natural, and anthropogenic hybridization in *Callithrix marmosets*.** *International Journal of Primatology*, v. 40, n. 1, p. 72-98, 2019.
- MAYR, E. **Populations, species, and evolution: an abridgment of animal species and evolution.** Harvard University Press, 1970.
- MAYR, E. **Systematics and the Origin of Species.**(Columbia University Press: New York.). 1942.
- NIXON, K. C. et al. **An amplification of the phylogenetic species concept.** *Cladistics*, v. 6, n. 3, p. 211-223, 1990.
- O'BRIEN, S. J. et al. **Bureaucratic mischief: recognizing endangered species and subspecies.** *Science*, v. 251, n. 4998, p. 1187-1189, 1991.
- QUEIROZ, K. **Ernst Mayr and the modern concept of species.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 102, n. suppl 1, p. 6600-6607, 2005.
- QUEIROZ, K. **Species concepts and species delimitation.** *Systematic biology*, v. 56, n. 6, p. 879-886, 2007.

- ROSEN, D. E. **Fishes from the uplands and intermontane basins of Guatemala: revisionary studies and comparative geography.** Bulletin of the AMNH; v. 162, article 5. 1979.
- RYLANDS, A. B. et al. **The systematics and distributions of the marmosets (Callithrix, Callibella, Cebuella, and Mico) and callimico (Callimico)(Callitrichidae, Primates).** The smallest anthropoids. Springer, Boston, MA, p. 25-61, 2009.
- SENE, F. M. **Cada caso, um caso... puro acaso - Os Processos de evolução biológica dos seres vivos.** Ribeirão Preto: SBG, 2009.
- SOARES, L. S. et al. **Comparison of reproductive output of hybrid sea turtles and parental species.** Marine biology, v. 164, n. 1, p. 9, 2017.
- VAN VALEN, L. **Ecological species, multispecies, and oaks.** Taxon, p. 233-239, 1976.

7. ANEXOS



FIGURA 1 - Indivíduos híbridos de saguis *C. geoffroyi* X *C. penicillata*. encontrados em fragmentos da UFV. **Fonte:** Vanessa Lopez.



FIGURA 2 – Na imagem do canto superior esquerdo (A) temos um indivíduo *Pyriglena Atra*, logo abaixo (B) temos um indivíduo *Pyriglena leucoptera* e ao lado direito (C), temos um indivíduo intermediário de ambas espécies. **Fonte:** Marcos Maldonado-Coelho.



FIGURA 3 – Nas imagens (A) e (B) à esquerda temos filhotes de *Caretta caretta* (Tartaruga cabeçuda), enquanto ao lado direito (C) e (D) temos filhotes intermediários de *C. caretta* e *E. imbricata*. **Fonte:** Larissa Souza Arantes.