



## A CONTRIBUIÇÃO DA GENÉTICA NA CONSERVAÇÃO BIOLÓGICA

Cristina Yumi Miyaki, Eliana M. B. Dessen & Lyria Mori.

Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, Instituto de Biociências da USP.

Enviar correspondência para Cristina Y. Miyaki, Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, C.P. 11.461, CEP 05422-970, São Paulo, SP.

cymiyaki@ib.usp.br, embdesse@ib.usp.br, lmori@ib.usp.br,

### RESUMO

Essa atividade traz para discussão o modo como a genética molecular pode contribuir para a identificação da origem de aves retiradas da natureza e com a formação de casais em programas de reprodução em cativeiro e como essas informações podem contribuir para a conservação de espécies ameaçadas de extinção.

### INTRODUÇÃO

Uma boa parte da diversidade biológica do planeta está sendo dizimada como consequência de ações humanas. Apesar da extinção ser parte natural do processo evolutivo, as taxas atuais são muito elevadas. Assim, a genética aplicada à conservação tem por objetivo auxiliar a reduzir as taxas de extinção e a preservar a biodiversidade. Segundo o Glossário de Ecologia, a “Conservação dos recursos vivos” é a “gestão da utilização da biosfera pelo ser humano, de tal sorte que produza o maior benefício sustentado para as gerações atuais e para as gerações futuras. Compreende a preservação, a manutenção, a utilização sustentada, a recomposição e a melhoria do ambiente natural. Apresenta três finalidades específicas: a) manter os processos ecológicos e os sistemas vivos essenciais; b) preservar a diversidade genética; c) permitir o aproveitamento perene das espécies e dos ecossistemas”.

Considerando-se somente os vertebrados terrestres, estima-se que será necessário estabelecer programas de reprodução em cativeiro para 2000 a 3000 espécies nos próximos 200 anos para evitar a sua extinção. O programa completo envolve várias etapas: 1) reconhecer o declínio da população na natureza; 2) estabelecer uma população viável em cativeiro; 3) aumentar a população cativa até um tamanho que assegure sua viabilidade demográfica e genética. A seleção de casais reprodutores deve seguir alguns critérios. Por exemplo, em espécies que apresentam diferenças genéticas entre as localidades de ocorrência, deve-se evitar a mistura, ou seja, indivíduos de uma região A, que são diferentes de uma região B, devem ser mantidos separados. Tal recomendação é dada para preservar cada conjunto gênico que foi selecionado

devido à adaptação local. Em algumas espécies não há diferenças morfológicas externas entre machos e fêmeas, assim, para identificar o sexo das aves pode ser utilizado um exame baseado em um marcador molecular. Por outro lado, para recomendar quais casais devem ser formados, devem ser evitados cruzamentos entre indivíduos geneticamente muito similares (por ex., irmãos). Essa similaridade genética também pode ser estimada baseada em marcadores moleculares com herança mendeliana.

A arara-azul-grande é um bom modelo para discutir esses problemas, pois ocorre em três áreas geográficas isoladas. Em cada uma dessas diferentes regiões a espécie nidifica em locais diferentes e apresenta dietas diferentes (adaptação local). Além disso, como não apresenta dimorfismo sexual externo, a identificação do sexo tem sido realizada utilizando-se métodos moleculares.

### FUNÇÃO PEDAGÓGICA

A principal função dessa atividade é a de sensibilizar o aluno para as questões relacionadas à conservação biológica, especialmente as referentes à conservação genética.

### MATERIAIS PARA CADA GRUPO DE OITO ALUNOS

Imprimir o material do Anexo. Cada uma das quatro partes do “tabuleiro” (Figura 1 a-d) deve ser impressa em folha A4 e colado em cartolina conforme o exemplo. As peças (Figuras 2, 3 e 4) e o procedimento para o aluno se encontram nas dimensões para impressão. Após a impressão, recortar as peças e, para protegê-las, plastificá-las com “Contact”. Colocar um conjunto de peças: seqüência de bases do DNA (Figura 2), padrão de uma ou duas bandas (Figura 3) e padrão de seis bandas (Figura 4), segundo a numeração (de 1 a 8) nos respectivos envelopes numerados de 1 a 8.

### APLICANDO A ATIVIDADE

1. Forme grupos de oito alunos.
2. Cada turma deve receber um cartão com o protocolo de procedimento, um mapa com a distri-

buição geográfica das araras-azuis (“tabuleiro” da Figura 1).

3. Cada aluno deve receber um envelope (numerado de 1 a 8). Cada envelope contém as informações sobre uma arara-azul: uma seqüência de bases do DNA (Figura 2); um padrão de uma ou duas bandas na eletroforese para identificar o sexo da ave (Figura 3); e um padrão de seis bandas de eletroforese para estimar a similaridade genética (Figura 4).
4. Solicitar aos alunos que identifiquem a procedência das oito araras-azuis pela comparação das seqüências do DNA de cada ave com a seqüência que se encontra no mapa. Colocar a seqüência de cada indivíduo dentro do quadro correspondente à sua região de origem.
5. Solicitar aos alunos que coloquem os dois padrões de bandas de cada indivíduo dentro do quadro correspondente à região de origem.
6. Solicitar aos alunos que identifiquem o sexo de cada animal, analisando a eletroforese com uma (macho) ou duas bandas (fêmea). Manter os padrões de bandas dentro do seu quadro (região) correspondente. Separar machos das fêmeas.
7. Solicitar aos alunos que, dentro de cada grupo de aves formado segundo a região de origem, analisem a similaridade genética entre os possíveis casais. Essa similaridade deve ser estimada com base na comparação dos padrões de seis bandas de cada par de macho e fêmea. Quanto maior for o número de bandas compartilhadas, maior é a similaridade genética entre o par de indivíduos que estiver sendo analisado. Tendo realizado essa análise, os pares com menor similaridade entre si deverão ser indicados para formarem os casais.

### PROCEDIMENTO PARA O ALUNO

O texto a seguir deve ser reproduzido (impresso) e cada turma deverá receber um exemplar do Procedimento.

#### PROCEDIMENTO

Atualmente as araras-azuis ocorrem em três áreas isoladas (Pantanal, Amazônia e Gerais) e não é possível distinguir morfologicamente o macho da fêmea. Oito araras-azuis foram apreendidas pela fiscalização e amostras delas foram enviadas para você. Como essas araras estão ameaçadas de extinção, foi proposto um programa de reprodução em cativeiro. Para estabelecer os casais mais adequados, você, como pesquisador, precisa:

- 1) identificar a procedência das mesmas, para evitar cruzamentos entre indivíduos de regiões diferentes impedindo assim a quebra do conjunto gênico selecionado para cada condição ambiental (seqüência de DNA);
- 2) identificá-las quanto ao o sexo, para formar casais heterossexuais (padrão de 1-2 bandas na eletroforese);
- 3) identificar a similaridade genética entre elas, para evitar cruzar indivíduos com conjuntos gênicos muito parecidos, por exemplo, irmãos (padrão de 6 bandas na eletroforese);
- 4) propor os casais mais adequados, indicados através dos padrões de bandas da eletroforese.

### ENTENDENDO A ATIVIDADE

1. As bases desse segmento de DNA são idênticas nas diferentes regiões de ocorrência das araras-azuis?
2. Como você identifica a procedência das araras-azuis?
3. Por que é possível identificar o sexo pelas bandas na eletroforese?
4. Se a similaridade genética entre duas araras-azuis for muito alta, elas devem ter parentesco próximo ou distante?

### RESPOSTAS PARA AS QUESTÕES DA SEÇÃO “ENTENDENDO A ATIVIDADE”

1. Não, as bases de segmento de DNA não são idênticas. Há diferenças em algumas bases desse segmento de DNA entre as diferentes regiões de ocorrência.
2. A procedência da araras-azuis é identificada comparando-se a seqüência de bases de um segmento de DNA de cada indivíduo com a seqüência correspondente de aves de cada uma das regiões geográficas.
3. É possível identificar o sexo pelas bandas, na eletroforese, porque as aves fêmeas possuem um cromossomo sexual Z e um cromossomo sexual W (ou seja, são ZW) enquanto os machos possuem dois cromossomos Z (ou seja, são ZZ). Assim, um segmento que ocorre tanto no cromossomo Z quanto no W vai gerar duas bandas de eletroforese nas fêmeas, enquanto nos machos resulta em apenas uma banda.
4. A similaridade genética será menor pois quanto menos bandas em comum, mais distante deverá ser o parentesco.

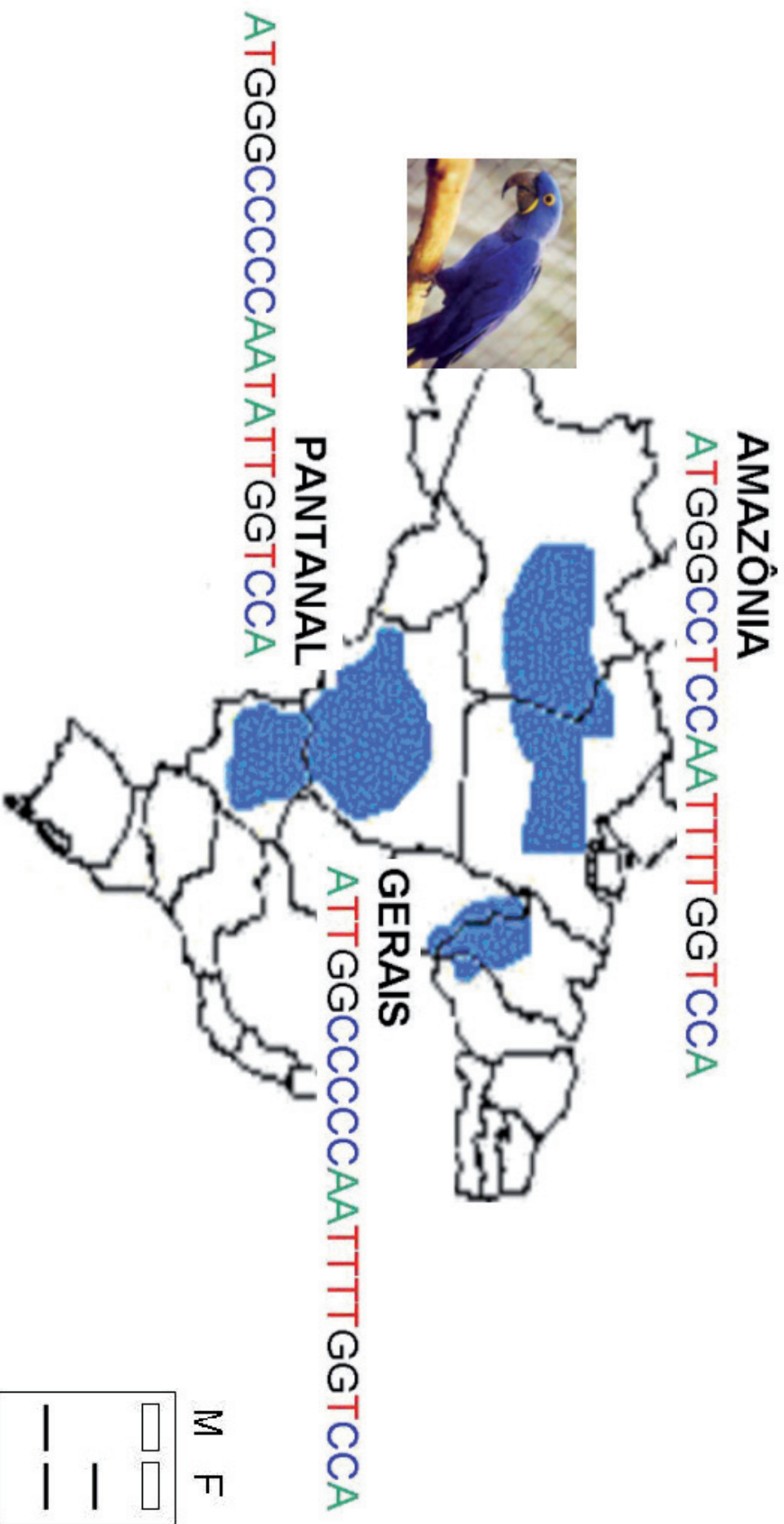
## **BIBLIOGRAFIA E LEITURA ADICIONAL RECOMENDADA**

1. Avise, J.C. 1994. Conservation Genetics. In: Molecular Markers, Natural History and Evolution. Chapman & Hall, New York. Pp. 361-398.
2. Chaves, R. A. 2002. A Biologia Molecular na Conservação. <http://www.ufv.br/dbg/trab2002/GMOL/GMOL008.htm>.
3. Egito, A. A., Mariante, A. S. & Albuquerque, M. S. M. 2002. Programa Brasileiro de Conservação de recursos Genéticos Animais. Arch. Zootec. 51: 39-52. <http://www.uco.es/organiza/serviços/publica/az/articulos/2002/19394/pdf/07egito.pdf>.
4. Frankham, R., Ballou, J.D. & Briscoe, D.A. 2004. A Primer of Conservation Genetics. Cambridge University Press, Cambridge.
5. Glossário de Ecologia. 2ª ed. Publicação Aciesp nº103, 1997. São Paulo.
6. Laboratório do Instituto de Biociências auxilia na Conservação de aves ameaçadas de extinção. <http://www.usp.br/agenciausp/rpgs/2002/pgs/122.htm>.
7. Primack, R. B. 2000. A Primer of Conservation Biology. 2nd ed. Sinauer, Sunderland.

Figura 1. Tabuleiro. Mapa com a distribuição geográfica das araras-azuis, as respectivas seqüências de bases do DNA encontrada em cada região e os padrões de bandas que identificam o sexo: macho (M) = 1 banda, fêmea (F) = 2 bandas. Nas próximas quatro páginas essa figura está formatada para ser impressa em quatro folhas de papel A4.

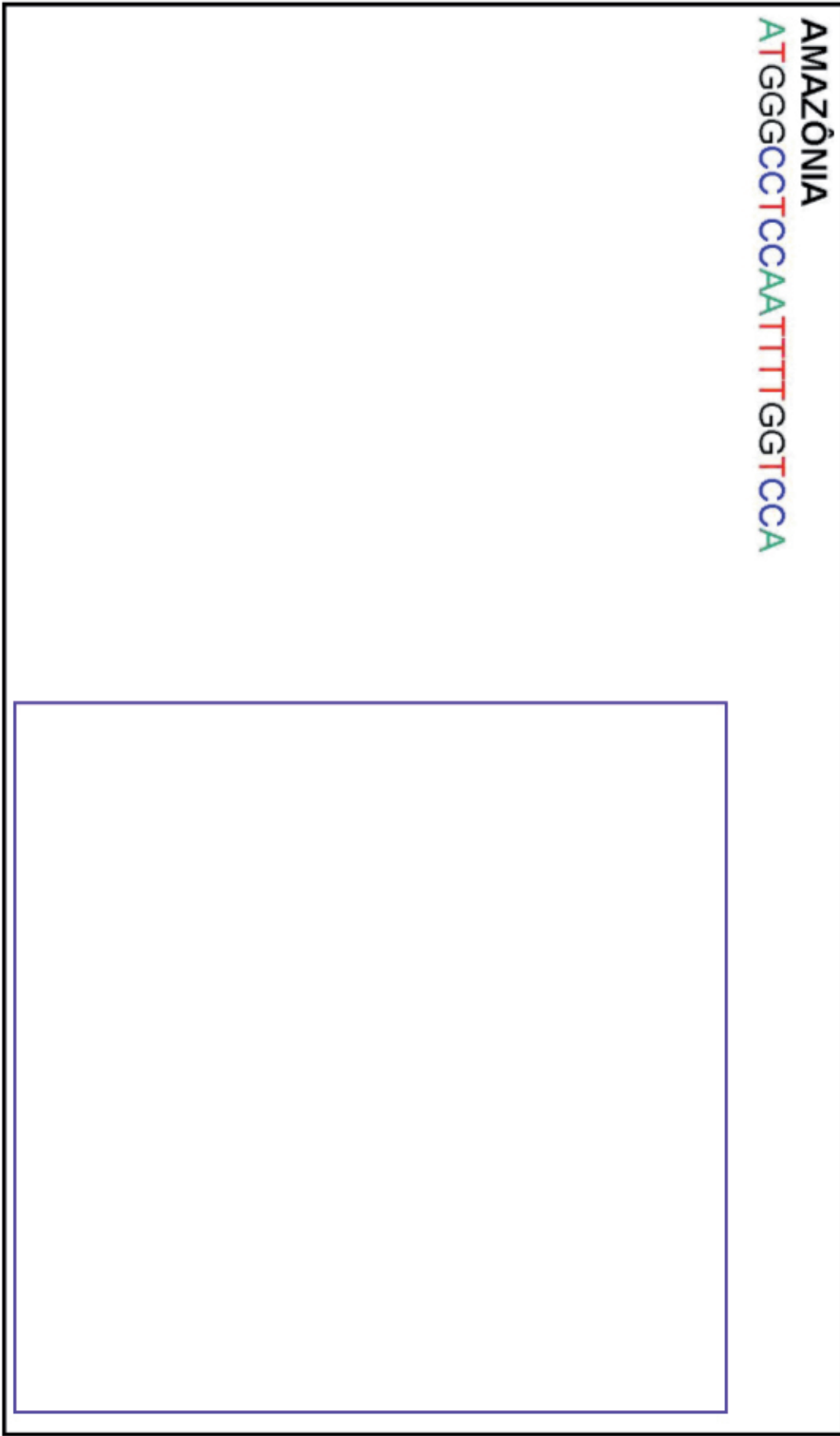


# Distribuição geográfica de arara-azul-grande



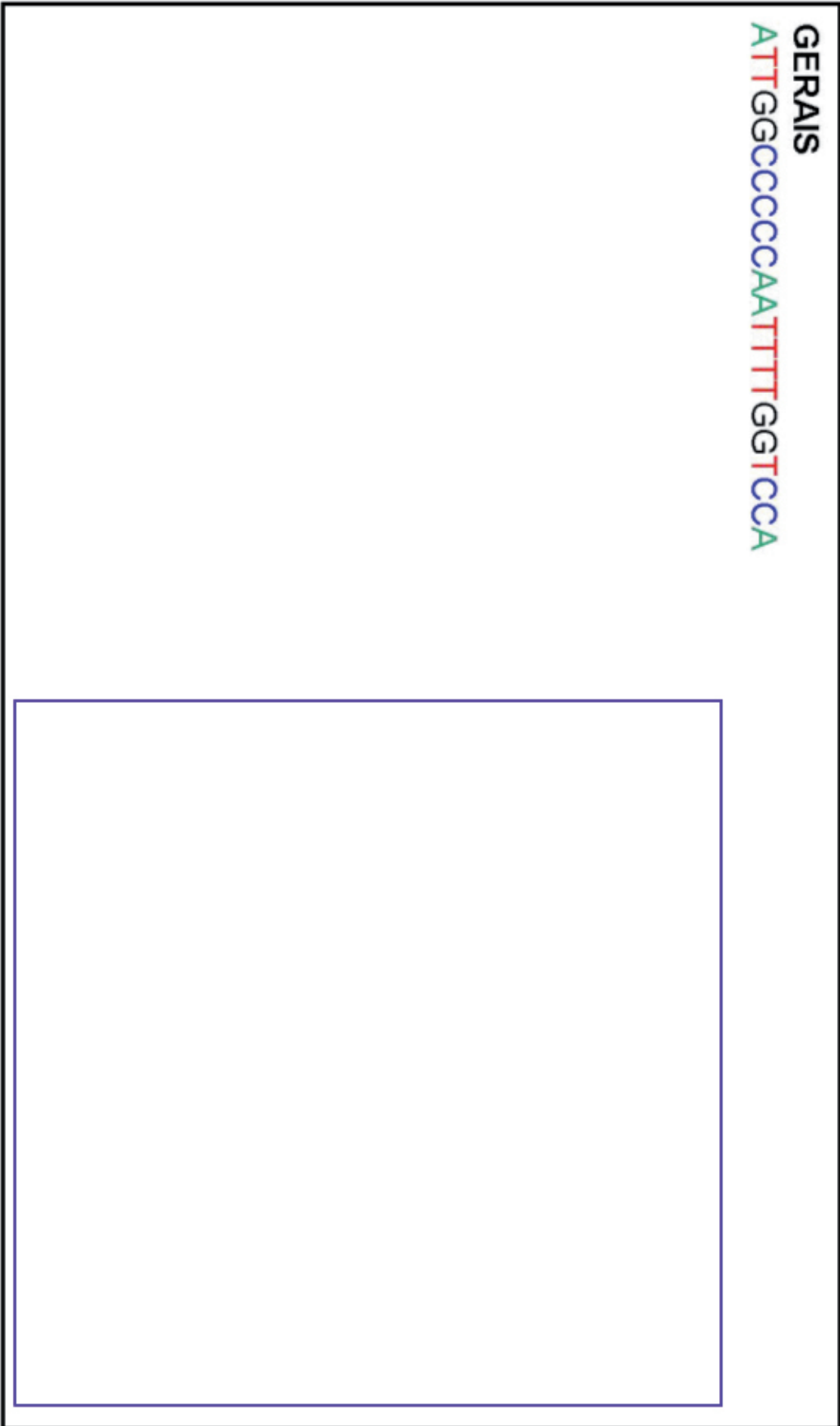
AMAZÔNIA

ATGGGCCTCCAATTGGTCCA



**GERAIS**

ATTGGCCCCCAATTTGGTCCA



PANTANAL

ATGGGCCCCCAATATTGGTCCA

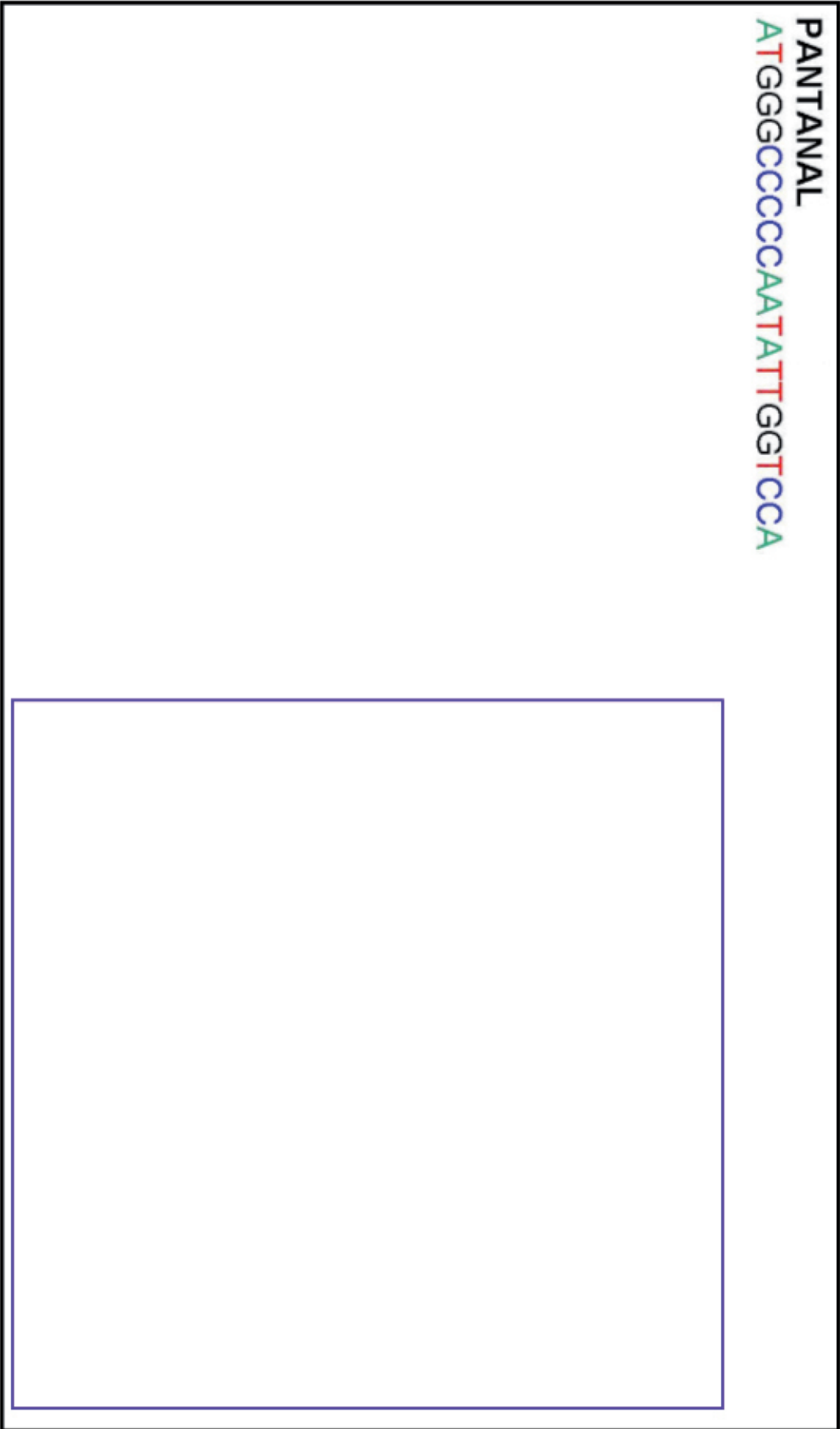




Figura 2. Sequências de bases de DNA de oito araras-azuis

- 1 ATGGGGCCCCCAATATTGGTCCA
- 2 ATGGGGCCTCCAATTTTGGTCCA
- 3 ATGGGGCCCCCAATATTGGTCCA
- 4 ATGGGGCCTCCAATTTTGGTCCA
- 5 ATGGGGCCTCCAATTTTGGTCCA
- 6 ATGGGGCCTCCAATTTTGGTCCA
- 7 ATGGGGCCTCCAATTTTGGTCCA
- 8 ATGGGGCCCCCAATATTGGTCCA

Figura 3. Padrão de bandas que identificam os machos (uma banda) e as fêmeas (duas bandas)

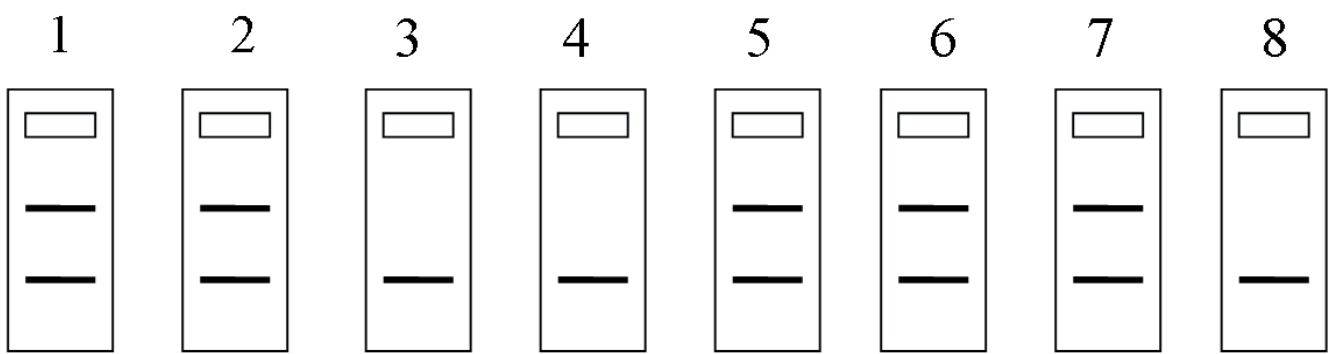


Figura 4. Padrão de seis bandas características das oito araras-azuis

