

# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)

## CARGO 8: PESQUISADOR ADJUNTO – ESPECIALIDADE P08 ÁREA DE ATUAÇÃO: CITOGENÔMICA; CITOTAXONOMIA E CITOSSISTEMÁTICA DE VERTEBRADOS TERRESTRES E AQUÁTICOS (CCCVTA)

### Prova Discursiva – Questão 1

Aplicação: 24/03/2024

## PADRÃO DE RESPOSTA DEFINITIVO

A citotaxonomia desempenha um papel crucial no estudo de espécies crípticas e complexos de espécies, especialmente em contextos em que a variação genética não é facilmente discernível por meio de características morfológicas externas. Espécies crípticas são aquelas morfológicamente semelhantes ou idênticas, mas geneticamente distintas (pertencentes a linhagens evolutivas distintas), enquanto complexos de espécies consistem em conjunto informal de táxons cujos membros estão relacionados filogeneticamente e compartilham semelhanças morfológicas. Também é possível a existências de um complexo de espécies crípticas, ou seja, um complexo de espécies que inclua espécies morfológicamente indistinguíveis.

Estudos citotaxonômicos utilizam diferentes aspectos do estudo dos cromossomos para responder a questões taxonômicas. Além das informações sobre cariótipos dos táxons e de dados morfológicos, são utilizadas, de forma integrada, técnicas como a FISH para identificar e mapear sequências específicas nos cromossomos, análises genômicas comparativas e filogenias baseadas em DNA.

Em países como o Brasil, onde a biodiversidade é vasta e muitas vezes difícil de ser acessada, o estudo de diferentes aspectos dos cromossomos de espécies crípticas e complexos de espécies tem muitas aplicações que podem ser exemplificadas pela:

- identificação de unidades taxonômicas e delimitação de espécies: estudos integrativos de grupos pouco estudados ou com ampla distribuição geográfica como alguns anfíbios (*Pithecopus hypochondrialis*), alguns gêneros de peixes de água doce (*Characidium*, *Hoplias etc.*) e de roedores (*Proechimys*, *Mesomys etc.*) permitem a identificação da diversidade escondida.
- reconstrução da história evolutiva das espécies e compreensão dos processos que levaram à sua diversificação: ao analisar padrões de rearranjos cromossômicos, os pesquisadores podem inferir relações filogenéticas entre diferentes populações ou espécies podendo levar à reorganização dos táxons no grupo, como ocorreu por exemplo com o complexo de espécies crípticas *Mazama americana*;
- utilidade em programas de conservação: ao identificar espécies crípticas ou evidenciar populações geneticamente distintas dentro de um complexo de espécies, os conservacionistas podem direcionar seus esforços de conservação de forma mais eficaz (exemplos como os cervídeos *Mazama* e peixes ornamentais amazônicos da ordem Siluriformes, entre outros).

Conclui-se, assim, que a integração da citogenética à taxonomia e à genômica auxilia de forma mais robusta na resolução de incertezas envolvendo diversidade biológica e para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação.

### QUESITOS AVALIADOS

#### QUESITO 2.1 Definição de espécies crípticas e de complexo de espécies

Conceito 0 – Não definiu nenhum dos dois conceitos.

Conceito 1 – Definiu somente um conceito, porém parcialmente.

Conceito 2 – Definiu somente um conceito integralmente.

Conceito 3 – Definiu os dois conceitos parcialmente.

Conceito 4 – Definiu os dois conceitos integralmente.

#### QUESITO 2.2 Definição de citotaxonomia

Conceito 0 – Não definiu o conceito.

Conceito 1 – Definiu parcialmente o conceito.

Conceito 2 – Definiu o conceito integralmente.

**QUESTO 2.3 Exemplos ou aplicações de estudos citotaxonômicos com espécies crípticas e(ou) complexos de espécies**

Conceito 0 – Não forneceu exemplos dos estudos citotaxonômicos ou utilizou exemplos inadequados ao contexto do tema.

Conceito 1 – Cito somente um exemplo relacionado ao tema.

Conceito 2 – Citou dois exemplos relacionado ao tema.

Conceito 3 – Citou três ou mais exemplos relacionados ao tema.

# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)

## CARGO 8: PESQUISADOR ADJUNTO – ESPECIALIDADE P08 ÁREA DE ATUAÇÃO: CITOGENÔMICA; CITOTAXONOMIA E CITOSSISTEMÁTICA DE VERTEBRADOS TERRESTRES E AQUÁTICOS (CCCVTA)

### Prova Discursiva – Questão 2

Aplicação: 24/03/2024

## PADRÃO DE RESPOSTA DEFINITIVO

Em relação ao primeiro quesito, o(a) candidato(a) deve demonstrar conhecimento sobre a ocorrência de diversidade críptica nos ambientes amazônicos, destacando a análise de padrões citogenéticos em contextos filogenéticos e de marcadores citogenômicos específicos (relacionados a estrutura e composição dos cromossomos) em diferentes grupos de vertebrados terrestres e aquáticos, exemplificados em literatura bem estabelecida.

Quanto ao segundo quesito, espera-se a conceituação de cromossomos sexuais, ~~sua caracterização estrutural e funcional, destacadamente seus processos de origem; tipo de heterogameta; e tipos de sistemas simples e múltiplos aspectos do pareamento meiótico.~~ Adicionalmente, o(a) candidato(a) deve demonstrar conhecimento sobre a diversidade de sistemas de cromossomos sexuais heteromórficos em vertebrados terrestres e aquáticos amazônicos, incluindo os processos de origem conhecidos e a extensão filogenética dentro dos grupos taxonômicos (~~condição autapomórfica, sinapomórfica ou simplesiomórfica~~).

Acerca do terceiro aspecto, o(a) candidato(a) deve conceituar adequadamente os cromossomos Bs (acessórios, supranumerários ou extranumerários) ~~indicar aspectos estruturais (tipos, tamanhos, número, composição do DNA, entre outros) e funcionais (segregação não mendeliana, deriva meiótica, presença de atividade gênica, entre outros) e processos de origem.~~ Adicionalmente, deve apresentar casos da sua ocorrência em diferentes grupos vertebrados terrestres e aquáticos amazônicos ~~incluindo os conhecidos processos de origem e a extensão filogenética dentro dos grupos taxonômicos.~~

Quanto ao último aspecto solicitado, o(a) candidato(a) deve estimar as possibilidades de ocorrência de variações citogenéticas populacionais obtidas em alopatria, desde padrões conservativos, com poucas ou ausência de mudanças cariotípicas, que podem não afetar o fluxo gênico após restabelecimento de simpatia; a ocorrência de mudanças cromossômicas em diferentes graus, que possam ocasionar efeitos crescentes de bloqueio reprodutivo pós-zigótico, desde infertilidade, em um ou ambos os sexos; a inviabilidade híbrida.

### QUESITOS AVALIADOS

#### QUESITO 2.1 Uso da citogenômica na avaliação da diversidade críptica e em inferências citossistemáticas em vertebrados amazônicos

Conceito 0 – Não abordou o quesito ou o fez incorretamente.

Conceito 1 – Mencionou o quesito, mas não exemplificou nem desenvolveu, ou o fez com erros conceituais.

Conceito 2 – Desenvolveu o quesito de forma inconsistente/incompleta e(ou) exemplificou-o parcialmente.

Conceito 3 – Desenvolveu o quesito adequadamente, empregando conceituação adequada e o associando a exemplos em diferentes grupos de vertebrados.

#### QUESITO 2.2 Diversidade de sistemas de cromossomos sexuais em vertebrados amazônicos, mecanismos de origem e extensão filogenética

Conceito 0 – Não abordou o quesito ou o fez incorretamente.

Conceito 1 – Abordou o quesito, mas cometeu erros conceituais, ou não exemplificou nem desenvolveu.

Conceito 2 – Desenvolveu o quesito de forma inconsistente/incompleta e(ou) exemplificou-o parcialmente.

Conceito 3 – Desenvolveu o quesito adequadamente, demonstrando domínio de conceitos e terminologias e apresentando exemplos pertinentes e extensivos a diferentes grupos de vertebrados.

#### QUESITO 2.3 Cromossomos Bs e sua ocorrência em vertebrados terrestres e aquáticos amazônicos

Conceito 0 – Não abordou o quesito ou o fez incorretamente.

Conceito 1 – Abordou o quesito, mas cometeu erros conceituais ou não exemplificou nem desenvolveu.

Conceito 2 – Desenvolveu o quesito de forma inconsistente/incompleta e(ou) exemplificou-o parcialmente.

Conceito 3 – Desenvolveu o quesito adequadamente, demonstrando domínio de conceitos e terminologias e apresentando exemplos pertinentes e extensivos a diferentes grupos de vertebrados.

**QUESITO 2.4 Papel dos padrões citogenômicos populacionais em cenários do restabelecimento de simpatria entre unidades evolutivas historicamente isoladas**

Conceito 0 – Não abordou o quesito ou o fez incorretamente.

Conceito 1 – Abordou o quesito, mas cometeu erros conceituais ou não exemplificou nem desenvolveu.

Conceito 2 – Desenvolveu o quesito de forma inconsistente/incompleta e(ou) exemplificou-o parcialmente.

Conceito 3 – Desenvolveu o quesito adequadamente, demonstrando domínio de conceitos e terminologias e apresentando exemplos pertinentes e extensivos a diferentes grupos de vertebrados.

# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)

## CARGO 8: PESQUISADOR ADJUNTO – ESPECIALIDADE P08 ÁREA DE ATUAÇÃO: CITOGENÔMICA; CITOTAXONOMIA E CITOSSISTEMÁTICA DE VERTEBRADOS TERRESTRES E AQUÁTICOS (CCCVTA)

### Prova Discursiva – Questão 3

Aplicação: 24/03/2024

## PADRÃO DE RESPOSTA DEFINITIVO

O(A) candidato(a) deve explicar a determinação de sexo por temperatura em animais de duas ordens diferentes, deve discorrer sobre possíveis alterações nas razões sexuais decorrentes das mudanças climáticas nesses grupos e, por fim, deve apresentar possíveis consequências para as alterações na razão sexual nesses grupos.

A determinação do sexo nos filhotes **de algumas espécies** de tartarugas por exemplo ocorre de acordo com a temperatura. Ovos incubados em temperaturas mais altas darão origem a mais fêmeas, enquanto que aqueles incubados em temperaturas mais baixas originarão mais machos. Já em algumas espécies de lagartos e crocodilos **em geral** ocorre o contrário. Temperaturas mais baixas produzem fêmeas e altas produzirão machos. **Outro padrão que tem sido proposto considera que algumas espécies de crocodilos produzem fêmeas em altas e baixas temperaturas e machos em temperaturas intermediárias.**

Dependendo das condições climáticas, o tamanho das ninhadas pode variar sazonalmente e anualmente, influenciando na quantidade de fêmeas que irão reproduzir a cada ano. Assim, alterações nas condições ambientais podem acarretar em mudanças na razão sexual, além do número de filhotes a cada ciclo. Como esses animais apresentam reprodução sexuada, alterações na razão sexual podem afetar o número de reprodutores causando declínio nas populações com consequências para a preservação da espécie naquele ecossistema.

### QUESITOS AVALIADOS

#### QUESITO 2.1 Determinação de sexo por temperatura em animais de duas ordens diferentes

Conceito 0 – Não abordou o quesito.

Conceito 1 – Apenas mencionou o quesito, de forma precária, sem desenvolvê-lo.

Conceito 2 – Explicou a determinação do sexo com as principais informações sobre apenas uma ordem animal.

Conceito 3 – Explicou a determinação do sexo com as principais informações sobre duas ordens animais.

#### QUESITO 2.2 Possíveis alterações nas razões sexuais decorrentes das mudanças climáticas nos referidos grupos

Conceito 0 – Não abordou o quesito.

Conceito 1 – Apenas mencionou o quesito, de forma precária, sem desenvolvê-lo.

Conceito 2 – Discorreu sobre possíveis alterações nas razões sexuais decorrentes das mudanças climáticas em apenas uma ordem animal.

Conceito 3 – Discorreu sobre possíveis alterações nas razões sexuais decorrentes das mudanças climáticas em duas ordens animais.

#### QUESITO 2.3 Possíveis consequências das alterações na razão sexual nos referidos grupos

Conceito 0 – Não abordou o quesito.

Conceito 1 – Apenas mencionou o quesito, de forma precária, sem desenvolvê-lo.

Conceito 2 – Apresentou possíveis consequências para as alterações na razão sexual nos referidos grupos.

# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)

## CARGO 8: PESQUISADOR ADJUNTO – ESPECIALIDADE P08

### ÁREA DE ATUAÇÃO: CITOGENÔMICA, CITOTAXONOMIA E CITOSSISTEMÁTICA DE VERTEBRADOS TERRESTRES E AQUÁTICOS (CCCVTA)

Prova Discursiva – Questão 4

Aplicação: 24/03/2024

## PADRÃO DE RESPOSTA DEFINITIVO

O(A) candidato(a) deve abordar a importância da citogenética como fonte de informação da organização do próprio material genético e do genoma de eucariotos, permitindo definir características tais como número diploide, morfologia cromossômica, tamanho de cromossomos, mapeamento de regiões de genoma e distribuição de sítios específicos como regiões de DNAr, heterocromatina, blocos ricos em GC ou AT etc., além da identificação eventual de sistemas de determinação cromossômica do sexo. Esses dados dificilmente seriam adquiridos por outros métodos, e as diferenças nesses padrões pode ajudar a revelar espécies crípticas não detectadas pela morfologia e variações cromossômicas entre populações e indivíduos de origens distintas.

Eventual presença de citótipos distintos em indivíduos mantidos em cativeiro que venham a inter cruzar-se, ainda que pertencentes a um mesmo táxon, pode levar a desbalanço gamético e gerar progênie subfértil ou infértil, prejudicando, assim, o sucesso da reprodução de espécies em cativeiro e a geração não desejada de híbridos. Situações como essas já resultaram na interrupção ou no fracasso de programas de recuperação e reintrodução em diferentes espécies animais como orangotangos, gazelas, veados, entre outros. Assim, o mapeamento citogenético dos indivíduos mantidos em cativeiro deveria ser essencial para evitar a hibridação e a depressão exogâmica das populações *ex situ*.

Do mesmo modo, a análise citogenética permite detectar indivíduos que, embora aparentemente saudáveis, sejam portadores de aberrações cromossômicas, como translocações e inversões, que podem ser prejudiciais para a população fundadora tanto do estoque em cativeiro quanto para a reintrodução na natureza, comprometendo o *fitness* e podendo levar à fixação de rearranjos cromossômicos indesejáveis por deriva genética.

Adicionalmente, em espécies que apresentam sistemas de cromossomos sexuais diferenciados, mas ausência de dimorfismo sexual aparente (*e.g.*, papagaios, araras, tucanos, águias, pinguins e muitas espécies de pássaros), a análise cromossômica por métodos pouco invasivos permite a sexagem dos animais. Essa informação é essencial para a formação de pares com vistas à reprodução em cativeiro e para programas de reintrodução na natureza.

### QUESITOS AVALIADOS

#### QUESITO 2.1 Papel da análise cromossômica e citogenômica na conservação *ex situ*

Conceito 0 – Não abordou o quesito.

Conceito 1 – Mencionou, de forma precária, o papel da análise cromossômica e citogenômica, sem desenvolver o aspecto.

Conceito 2 – Apresentou o papel da análise cromossômica e citogenômica na conservação *ex situ*, mas não a contextualizou com exemplos e riscos em potencial e(ou) com os mecanismos evolutivos importantes para a área do conhecimento, ou a fez de forma totalmente equivocada.

Conceito 3 – Apresentou e desenvolveu adequadamente o papel da análise cromossômica e citogenômica na conservação *ex situ*, incluindo sistemática, taxonomia e prevenção à depressão exogâmica, com exemplos e estudos mundialmente famosos.

#### QUESITO 2.2 Riscos dos rearranjos em indivíduos portadores de aberrações cromossômicas para a conservação *ex situ*

Conceito 0 – Não abordou o quesito.

Conceito 1 – Mencionou, de forma precária, os rearranjos cromossômicos que podem estar presentes em indivíduos portadores de aberrações cromossômicas, sem desenvolver o quesito.

Conceito 2 – Apresentou os riscos dos rearranjos em indivíduos portadores de aberrações cromossômicas para a conservação *ex situ*, mas não desenvolveu seus desdobramentos em populações fundadoras ou os abordou de forma equivocada.

Conceito 3 – Apresentou e desenvolveu adequadamente os riscos dos rearranjos em indivíduos portadores de aberrações cromossômicas para a conservação *ex situ*.

#### QUESITO 2.3 Sexagem de espécies sem dimorfismo sexual aparente por meio da citogenética

Conceito 0 – Não abordou o quesito.

Conceito 1 – Apenas mencionou a existência de sistemas de cromossomos sexuais diferenciados, sem desenvolvê-los.

Conceito 2 – Indicou que há espécies sem dimorfismo sexual aparente que podem ser sexadas pela citogenética, mas não desenvolveu como isso pode e deve ser feito.

Conceito 3 – Indicou que há espécies sem dimorfismo sexual aparente que podem ser sexadas pela citogenética, desenvolvendo como isso pode e deve ser feito, incluindo exemplos e desdobramentos desse método no sucesso da reprodução em cativeiro.