



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO - ICED
PROGRAMAS DE CIÊNCIAS NATURAIS
LICENCIATURA INTEGRADA EM BIOLOGIA E QUÍMICA

MENDELSON FUJIE BELÉM DE SOUZA

ESTUDO CITOGENÉTICO EM *Peckoltia vittata*
(STEINDACHNER, 1881) (LORICARIIDAE:
HYPOSTOMINAE) DA BACIA DO RIO TAPAJÓS

SANTARÉM-PA
2022

MENDELSON FUJIE BELÉM DE SOUZA

**ESTUDO CITOGENÉTICO EM *Peckoltia vittata*
(STEINDACHNER, 1881) (LORICARIIDAE:
HYPOSTOMINAE) DA BACIA DO RIO TAPAJÓS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Programa de Ciências Naturais
(PCNAT) do curso de Licenciatura integrada
em Biologia e Química da Universidade
Federal do Oeste do Pará (UFOPA) do
Instituto de Ciências da Educação (ICED).

Orientador: Prof. Dr. Luís Reginaldo Ribeiro
Rodrigues.

**SANTARÉM-PA
2022**

MENDELSON FUJIE BELÉM DE SOUZA

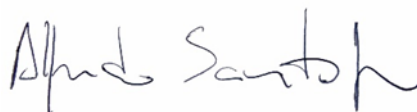
**ESTUDO CITOGENÉTICO EM *Peckoltia vittata*
(STEINDACHNER, 1881) (LORICARIIDAE:
HYPOSTOMINAE) DA BACIA DO RIO TAPAJÓS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Programa de Ciências Naturais
(PCNAT) do curso de Licenciatura integrada em
Biologia e Química da Universidade Federal do
Oeste do Pará (UFOPA) do Instituto de Ciências
da Educação (ICED).

TERMO DE APROVAÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi analisado pelos membros da Banca Examinadora, sendo considerado com conceito: Aprovado

Aprovado em 15 de fevereiro de 2022



Prof. Dr. Alfredo Pedroso dos Santos Junior
Avaliador Interno PCNAT



Profa. Dra. Talita Fernanda Augusto Ribas
Avaliador Externo



Prof. Dr. Luís Reginaldo Ribeiro Rodrigues
Orientador

**SANTARÉM-PA
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da
UFOPA Catalogação de Publicação na Fonte. UFOPA - Biblioteca Unidade Rondon

Souza, Mendelsohn Fujiie Belém de.

Estudo Citogenético em *Peckoltia vittata* (Steindachner, 1881)
(Loricariidae: Hypostominae) da Bacia do rio Tapajós /
Mendelsohn Fujiie Belem de Souza. - Santarém, 2022.
23fl.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Universidade Federal do
Oeste do Pará-UFOPA. Instituto de Ciência da Educação - ICED.
Programa de Ciências Naturais. Licenciatura integrada em
Biologia e Química.

Orientador: Luís Reginaldo Ribeiro Rodrigues.

1. Cariotipo. 2. Cascudo. 3. Peixe ornamental. I. Rodrigues,
Luís Reginaldo Ribeiro. II. Título.

UFOPACampus Rondon

CDD 23.ed. 570

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por ter me mantido firme, forte e com saúde. E obrigado pelo amparo nos momentos difíceis durante a minha jornada acadêmica.

A minha mãe Cigride Fujiie e minha avó Raimunda Fujiie por ter me incentivado a buscar o caminho da educação para eu pudesse ter um futuro melhor, e por também sempre estarem me ajudando na medida do possível, meu muito obrigado.

A minha irmã Ingride Ayako por ter me ajudado algumas vezes com suporte financeiro, e a minha tia Riceli Fujiie pelo suporte técnico, com empréstimo por um bom tempo de seu notebook, meu muito obrigado.

Ao meu orientador, professor Dr. Luís Reginaldo Ribeiro Rodrigue por ter aceito o desafio de me orientar como aluno de TCC, e pelos valiosos ensinamentos no campo da pesquisa científica.

Aos meus amigos de curso em especial Adonias Machado, Cláudio Vasconcelos e Hozana Neto pelo tempo que passamos e apoiamos uns aos outros, nos momentos felizes e difíceis nesta jornada acadêmica.

Aos amigos do Laboratório de Genética e Biodiversidade (LGBio) pelos ensinamentos durante este período de aprendizado científico de minha formação, em especial ao Luan Maciel e Karen Guimarães que foram os com quem tive mais convívio no laboratório.

Aos professores de curso do Programas de Ciências Naturais, pelos valiosos ensinamentos durante este período de formação.

A UFOPA pela oportunidade que me propôs em cursar uma graduação a nível federal que é considerado por muitas pessoas, cursos de excelência.

E a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desta conclusão de curso, meu muito OBRIGADO.

RESUMO

O gênero *Peckoltia* apresenta 19 espécies válidas, que se distribuem nas bacias hidrográficas do Amazonas, Orinoco e outras drenagens do Escudo das Guianas. Várias espécies de *Peckoltia* são exploradas comercialmente no setor econômico de aquariofília, portanto, estudos genéticos nesse grupo podem ser úteis para a taxonomia, manejo e conservação das populações naturais. No presente estudo foi analisado o cariótipo de *Peckoltia vittata* ($n=4$) oriundas do rio Tapajós. As preparações mitóticas foram obtidas do rim cefálico e analisadas por coloração convencional de Giemsa, bandeamento C e coloração Ag-NOR. O número diploide foi de $2n=52$ e número fundamental $NF=102$ com a fórmula cariotípica de $18m+18sm+14st+2a$. Foram observadas marcações de heterocromatina constitutiva apenas em alguns cromossomos (2, 10, 12 e 21). O par 10 mostrou um bloco heterocromático intersticial e heteromórfico. Esse mesmo cromossomo apresentou NOR simples em posição distal do braço longo adjacente ao bloco heterocromático. *Peckoltia vittata* do rio Tapajós compartilha o mesmo número diploide $2n=52$ e padrão de NOR simples com a população do rio Xingu, porém diverge por variação na fórmula cariotípica e padrão de bandas C. Essa variação pode ser associada a eventos de rearranjo cromossômico e/ou mecanismos de amplificação da heterocromatina.

Palavras chaves: Cariótipo; Cascudo; Peixe ornamental

SUMÁRIO

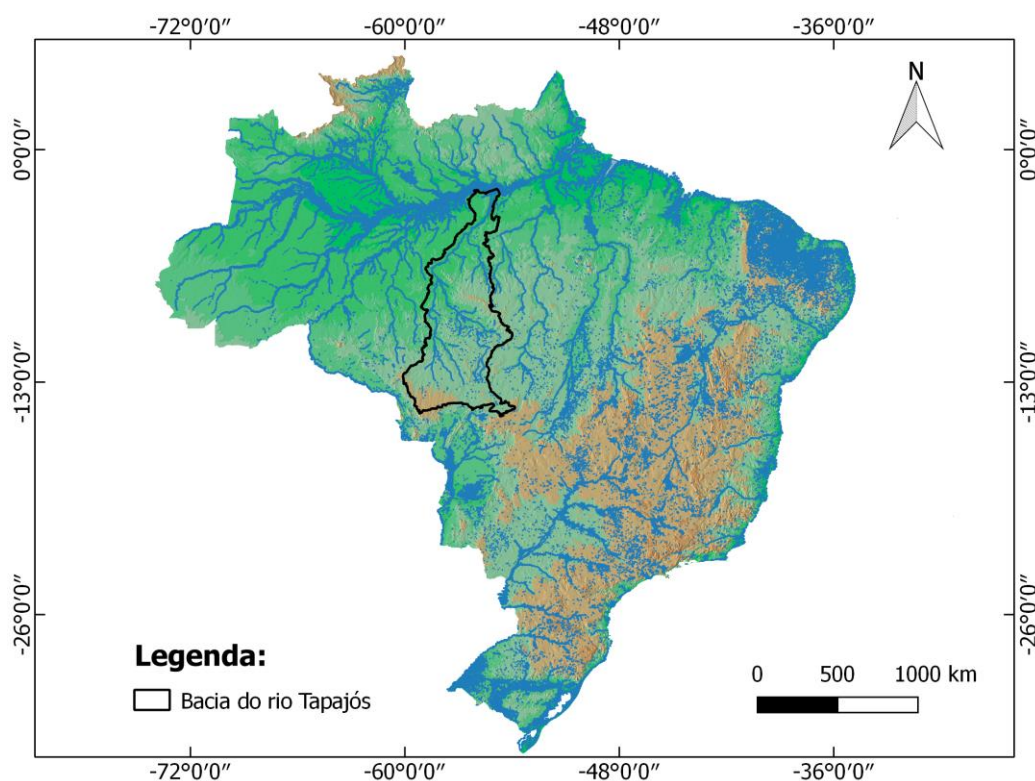
1. INTRODUÇÃO	7
1.1. Características gerais da bacia do rio Tapajós	7
1.2. Características gerais da família Loricariidae com ênfase em <i>Peckoltia</i> Miranda Ribeiro, 1912	8
1.3. Revisão citogenética de Loricariidae com ênfase em <i>Peckoltia</i>	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. Geral	13
2.2. Específicos	13
3. METODOLOGIA	14
3.1. Preparação de cromossomos mitóticos em peixes	15
3.2. Coloração convencional e bandeamentos	16
3.3. Análises cariotípicas	17
4. RESULTADOS	17
5. DISCUSSÃO	18
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
6. REFERÊNCIAS	20

1. INTRODUÇÃO

1.1. Características gerais da bacia do rio Tapajós

O rio Tapajós é considerado o quinto maior tributário da bacia amazônica e sua área de drenagem abrange aproximadamente 492.200 km², tendo como seus principais afluentes os rios Jamanxim, Crepori, Teles Pires e Juruena (Figura 1) (WWF, 2016). Na bacia do rio Tapajós estão situados 74 municípios de quatro estados do Brasil (Mato Grosso, Amazonas, Rondônia e Pará). Segundo Abell et al. (2008) o rio Tapajós nasce no escudo cristalino brasileiro da confluência entre os rios Teles Pires e Juruena, flui para o norte carregando pouco material em suspensão e tendo baixa condutividade elétrica, com pH variando entre 4,5 a 7,8.

Figura 1. Mapa do Brasil com a delimitação da bacia do rio Tapajós.



Fonte: ANA. **Autor:** Mendelsohn Fujiie B. Souza.

Segundo Jézéquel et al. (2020) na bacia do rio Tapajós registra-se a ocorrência de 982 espécies de peixes, sendo que 66 espécies são endêmicas. A fauna de peixes do Tapajós é mais representada por táxons das ordens Characiformes e Siluriformes, com predominância das famílias Characidae e Loricariidae (BUCKUP; SANTOS, 2010). O endemismo na bacia do rio Tapajós concentra-se em trechos de corredeiras, principalmente na região da vila de Pimental, acima de Itaituba até a confluência dos rios Juruena e Teles Pires, onde o rio apresenta muitas corredeiras com grande diversidade de peixes (BUCKUP; SANTOS, 2010).

Ao longo da extensão do rio Tapajós são encontradas diversas cachoeiras e pedrais o que pode indicar barreiras naturais para determinadas espécies de peixes, explicando desta forma o endemismo nesta bacia (DAGOSTA; PINNA, 2019).

1.2. Características gerais da família Loricariidae com ênfase em *Peckoltia* Miranda Ribeiro, 1912

Os peixes da família Loricariidae (Ordem Siluriformes) são popularmente conhecidos como acaris ou cascudos e caracterizam-se pela presença de placas ósseas cobrindo a parte anterior do corpo, boca inferior com grandes lábios adaptados para sucção e dentes dérmicos chamados odontódeos (Figura 2) (LUJAN, WINEMILLER; ARMBRUSTER, 2012). Tipicamente são animais de pequeno e médio porte, menores que 30 cm de comprimento total, embora exista algumas espécies de grande porte. Geralmente alimentam-se de algas e detritos, mas há espécies com especializações no consumo de macroinvertebrados e madeiras (LUJAN, WINEMILLER; ARMBRUSTER, 2012).

A família Loricariidae distribui-se na região Neotropical e compreendendo cerca de 1024 espécies válidas, cujas relações filogenéticas ainda são ainda pouco esclarecidas (FRICKER; ESCHEMEYER; FONG, 2022). Loricariidae é considerada monofilética com base em dados morfológicos e moleculares, e classificada em seis subfamílias: Lithogeninae, Delturinae Rhinelepininae, Loricariinae, Hypoptomatinae e Hypostominae (ARMBRUSTER, 2004; 2008; LUJAN et al., 2015). Esse grupo de peixes possui uma taxonomia complexa, e novas espécies são frequentemente descritas, o que ocasiona diversos problemas na identificação de espécies (ZAWADZKI; CARVALHO, 2014; LUJAN et al., 2015).

Figura 2. Espécime de acari-bodó (*Pterygoplichthys pardalis*) exibindo caracteres da morfologia externa de peixes da família Loricariidae.



Fonte: Acervo do LGBIO-UFOPA.

Segundo Roxo et al. (2019) Hypostominae está dividida em sete clados (Peckoltia, Panaque, Hemiancistrus, Acanthicus, 'Pseudancistrus' Chaetostoma, Pseudancistrus) e três tribos (Lithoxini, Ancistrini, Hypostomini), sendo composta por 45 gêneros, e 495 espécies válidas (FRICKE, ESCHEMEYER & FONG, 2022). As espécies deste grupo apresentam grande variação na morfologia externa, sendo poucos os caracteres que possam fazer sua exata identificação (ARMBRUSTER, 2008). A alta variação morfológica e riquezas de espécies desta subfamília se apresentam como um desafio para pesquisadores que visam esclarecer sua diversidade (ARMBRUSTER, 2008; ZAWADZKI; BIRINDELLI; LIMA, 2008).

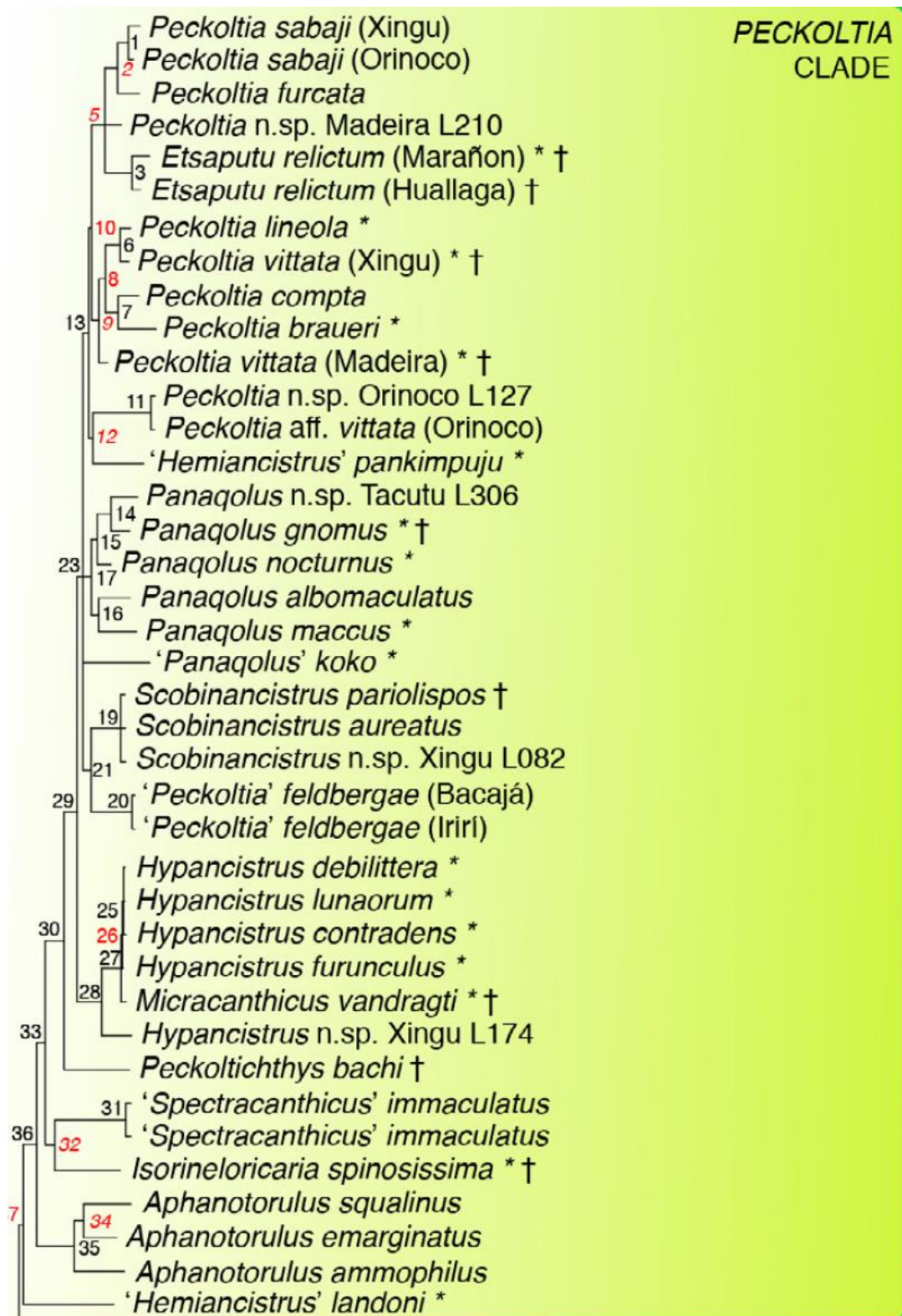
O gênero *Peckoltia* Miranda Ribeiro, 1912 é classificado na subfamília Hypostominae e incluído no clado *Peckoltia* (Figura 3), o qual por sua vez reúne diversos gêneros de taxonomia confusa, tal como *Hemiancistrus* e o próprio *Peckoltia* (LUJAN et al., 2015). Esse clado é fortemente apoiado quando se exclui *Hemiancistrus landoni*, espécie que ocorre a oeste dos Andes (LUJAN et al., 2015). O monofiletismo do gênero *Peckoltia* é apoiado por dados moleculares, entretanto, foi observado o agrupamento *Etsaputu relictum* e o padrão parafilético de três populações de *Peckoltia vittata* (LUJAN et al., 2015).

Segundo Froese e Pauli (2022) atualmente são reconhecidas 19 espécies válidas de *Peckoltia*, com ocorrência nas bacias do Amazonas, Tocantins-Araguaia, Orinoco e escudo das Guianas, podemos citar como exemplo a ocorrência de *Peckoltia vittata* (Figura 4).

Os peixes do gênero *Peckoltia* são de pequeno porte e caracterizados por apresentar dentes fortes e bicúspides iguais em número no pré-maxilar e dentário, formando um ângulo inferior a 90° graus (ARMBRUSTER et al., 2008). Também apresentam odontódeos bem desenvolvidos, abdome coberto por pequenas placas ósseas ou lisa; nadadeira adiposa sempre presente; corpo com fundo claro e presença de faixas transversais ou eventualmente manchas escuras (Figura 5) (ARMBRUSTER et al., 2008).

Algumas espécies de *Peckoltia* são frequentemente confundidas com os gêneros *Hemiancistrus* e *Hypostomus*, devido à grande similaridade morfológica e caracteres de diagnósticos comuns entre estes gêneros (DE OLIVEIRA et al., 2012). Revisões taxonômicas tem sido realizada no gênero *Peckoltia* visando o melhor entendimento das relações filogenéticas em nível intra e interespecífica (LUJAN, et al., 2015; ARMBRUSTER; LUJAN, 2016).

Figura 3. Relações filogenéticas do clado *Peckoltia* com base em dados moleculares. Adaptado de Lujan et al. (2015).



Fonte: Lujan et al. (2015).

Figura 4. Mapa de ocorrência da espécie *Peckoltia vittata*. 1- Bacia Amazônica; 2-Bacia do Orinoco e 3- Bacia Tocantins-Araguaia. Os dados de ocorrência foram obtidos no site GBIF (Global Biodiversity Information Facility).

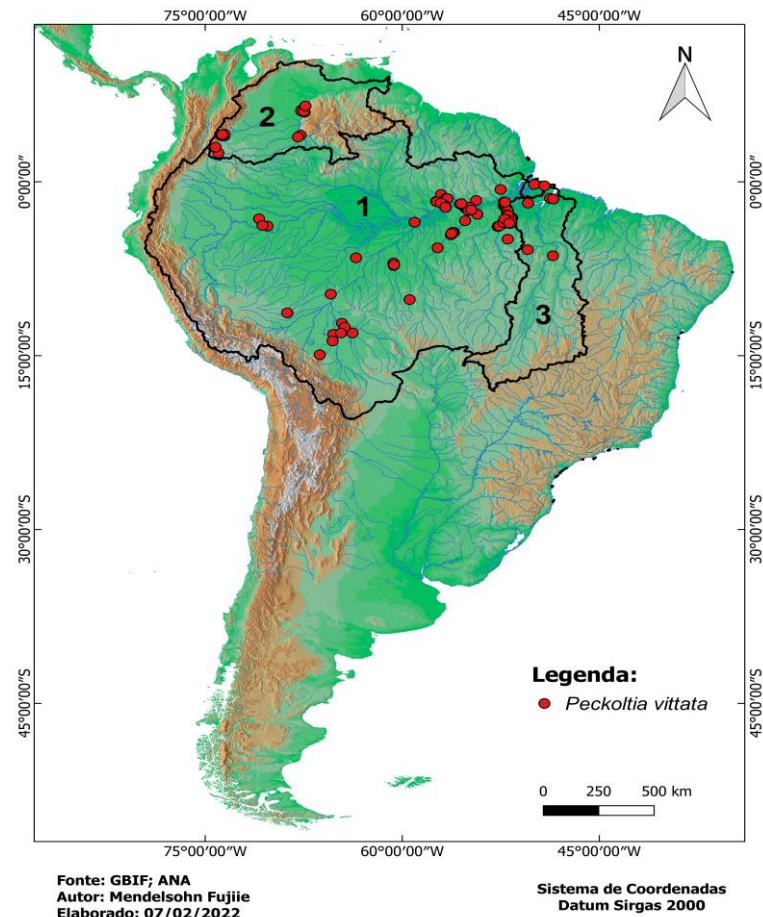
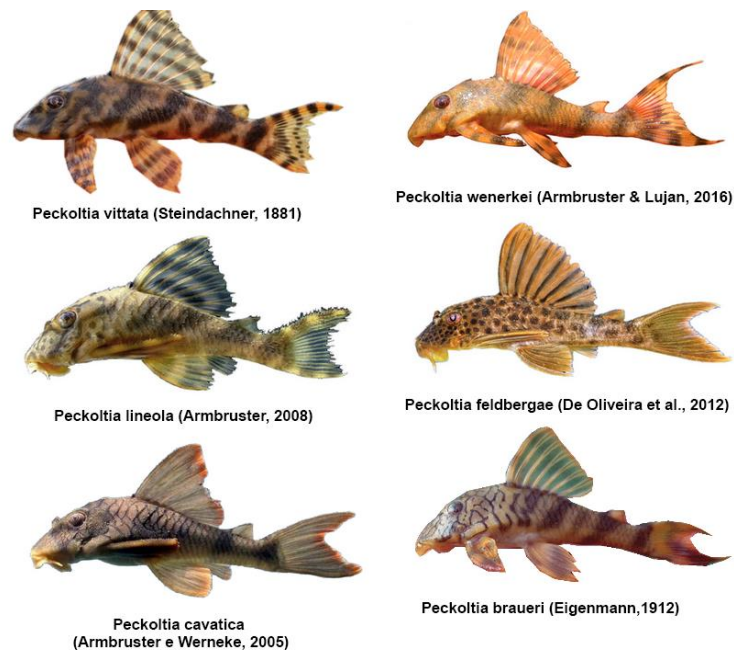


Figura 5. Ilustração da morfologia e coloração de espécies do gênero *Peckoltia*.



Fonte: Armbruster e Werneker (2005); Arnbruster (2008); Ambruster e Lujan, (2016).

1.3. Revisão citogenética de Loricariidae com ênfase em *Peckoltia*

As técnicas citogenéticas têm sido utilizadas em análises de variabilidade genética e cromossômica sendo úteis para a caracterização taxonômica de peixes (ARTONI; BERTOLLO, 1999; 2001; ALVES et al., 2006). Os dados citogenéticos disponíveis em Loricariidae revelam que este grupo apresenta ampla variação no número cromossômico, variando de $2n=34$ em *Ancistrus cuiabae* (MARIOTTO et al., 2009) a $2n=96$ em *Upsilonodus* sp. (KAVALCO et al., 2004). Esta diversidade sugere uma evolução cariotípica divergente, indicando a ocorrência de rearranjos cromossômicos que alteram o número diploide em diferentes grupos de loricarídeos (ARTONI; BERTOLLO, 2001). Sistemas de cromossomos sexuais diferenciados costumam ser raros em peixes, mas têm sido encontrados em várias espécies da família Loricariidae, desde sistemas simples (XX/XY, XX/X0 e ZZ/ZW) até sistemas de cromossomos sexuais múltiplos (XX/XY_1Y_2 e $Z_1Z_1Z_2Z_2/Z_1Z_2W_1W_2$) (ARTONI; VENERE; BERTOLO, 1998; ALVES et al., 2006; DE OLIVEIRA et al., 2007).

As espécies de peixes da subfamília Hypostominae são as mais estudadas na citogenética em relação as outras subfamílias, com $2n$ variando de 34 cromossomos em *Ancistrus* sp. (FAVARATO et al., 2016) a $2n = 84$ em *Hypostomus* sp. (CEREALI et al., 2008). O gênero *Hypostomus* (tribo Hypostomini) é o que apresenta maior número de espécies cariotipadas, com o número diploide variando de $2n=54$ em *Hypostomus plecostomus* (MURAMOTO; OHNO; ATKIN, 1968) a $2n=84$ cromossomos em *Hypostomus* sp.2 (CEREALI et al., 2008).

Estudos citogenéticos no gênero *Peckoltia* ainda são escassos e restrito a populações dos rios Xingu, Jari, Guamá, Camaraipi, Jarumã e Caripetuba (DE SOUZA et al., 2009; PETY et al., 2018; SANTOS DA SILVA et al., 2021). Na literatura são reportados estudos citogenéticos em nove espécies do gênero (Tabela 1), sendo que seis foram identificadas ao nível específico e quatro relatadas como *Peckoltia* sp. (DE SOUZA et al., 2009; PETY et al., 2018; SANTOS DA SILVA et al., 2021).

O número diploide para o gênero é de 52 cromossomos, sendo que há variação na fórmula cariotípica e um caso de cromossomo supernumerário B para uma espécie do rio Jari (DE SOUZA et al., 2009; PETY et al., 2018). Com relação à heterocromatina constitutiva para as espécies já estudadas, foram observados cromossomos com marcações de grandes blocos heterocromáticos nas partes pericentroméricas e terminais (DE SOUZA et al., 2009; SANTOS DA SILVA et al., 2021). As regiões organizadoras de nucléolos (Ag-NOR) marcadas pelo nitrato de prata podem ser simples ou múltiplas (DE SOUZA et al., 2009;

PETY et al., 2018; SANTOS DA SILVA et al., 2021). Foram observadas marcações de DNAr 18S e 5S na parte terminal e centromérica dos cromossomos (PETY et al., 2018; SANTOS DA SILVA et al., 2021).

No presente estudo se investiga a configuração cariotípica de *Peckoltia vittata* proveniente da bacia do rio Tapajós visando discutir sobre a evolução cariotípica do grupo e subsidiar informações úteis para melhor compreensão do status taxonômico desta espécie.

Tabela 1. Revisão de estudos citogenéticos no gênero *Peckoltia*.

Espécies	Marcadores citogenéticos							Loc.	Ref.
	2n	FC	NOR	18S rDNA	5S rDNA	Tel.	U1 snDNA		
<i>Peckoltia</i> sp. 1	52+1B	44m/sm+6st+2a+1B	múltipla			-	-	A	1
<i>Peckoltia</i> sp. 2	52	32m/sm+18st+2a	múltipla			-	-	A	1
<i>P. vittata</i>	52	36m/sm+14st+2a	simples			-	-	B	1
<i>P. vittata</i>	52	18m+16+sm+18st	simples	simples	múltipla	-	-	B	2
<i>P. sabaji</i>	52	12m+26sm+14st	múltipla	múltipla	múltipla	-	-	B	2
<i>P. oligospila</i>	52	18m+20sm+14st	múltipla	múltipla	simples	-	-	C	2
<i>P. cavatica</i>	52	16m+22sm+14st	simples	múltipla	múltipla	-	-	C	2
<i>P. multipinis</i>	52	8m+20sm+24st	simples	simples	simples	-	-	B	2
<i>Peckoltia</i> sp. 3	52	46m/sm+6st	simples	simples	múltipla	distal	simples	D	3
<i>Peckoltia</i> sp. 4	52	40m/sm+12st	múltipla	múltipla	simples	distal	múltipla	D	3

A: Monte Dourado-PA.; **B:** Altamira-PA.; **C:** Ourem-PA.; **D:** Abaetetuba-PA. **Referências:** **1:** DE SOUZA et al., 2009; **2:** PETY, et al., 2018; **3:** SANTOS DA SILVA et al., 2021. **Abreviações:** **FC-** Formula cariotípica; **2n:** Número diploide; **NOR:** Região organizadora de nucléolos; **rDNA:** gene RNA Ribossomal; **snRNA:** Pequenos RNA nuclear; **Tel:** Telômero. **1B:** Cromossomo B; **m:** metacêntrico; **sm:** submetacêntrico; **st:** subtelocêntrico; **a:** acrocêntrico; **Loc:** localidade; **Ref:** referencias; -: Dado não avaliado.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Caracterizar o cariótipo de *Peckoltia vittata* (Steindachner, 1881) oriundo da bacia do rio Tapajós.

2.2. Específicos

- 1 - Descrever o cariótipo com base no número diploide e morfologia cromossômica;
- 2 - Identificar e caracterizar possíveis variações cariotípicas populacionais;
- 3 - Descrever a heterocromatina constitutiva e Regiões Organizadoras de Nucléolo;
- 4 – Identificar possíveis formas de identificação citotaxonômicas.

3. METODOLOGIA

Foram analisados quatro espécimes de *Peckoltia vittata* (Figura 6). Os peixes foram adquiridos através de doação das empresas Tapajós Aquários e Amazon Fish, que operam no ramo de exportação de peixes ornamentais na cidade de Santarém-PA. Os exemplares doados são provenientes das localidades Vila Pimental situada na margem direita do rio Tapajós, município de Itaituba-PA e Jacareacanga-PA (Figura 7). Dados biológicos dos espécimes são mostrados na Tabela 2.

Os peixes foram transportados para o Laboratório de Genética e Biodiversidade, localizado na Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Tapajós – para serem mantidos e em aquários ou tanques aerados até o momento da preparação cromossômica.

Figura 6. Ilustração da morfologia externa de *Peckoltia vittata* (JCR-02).



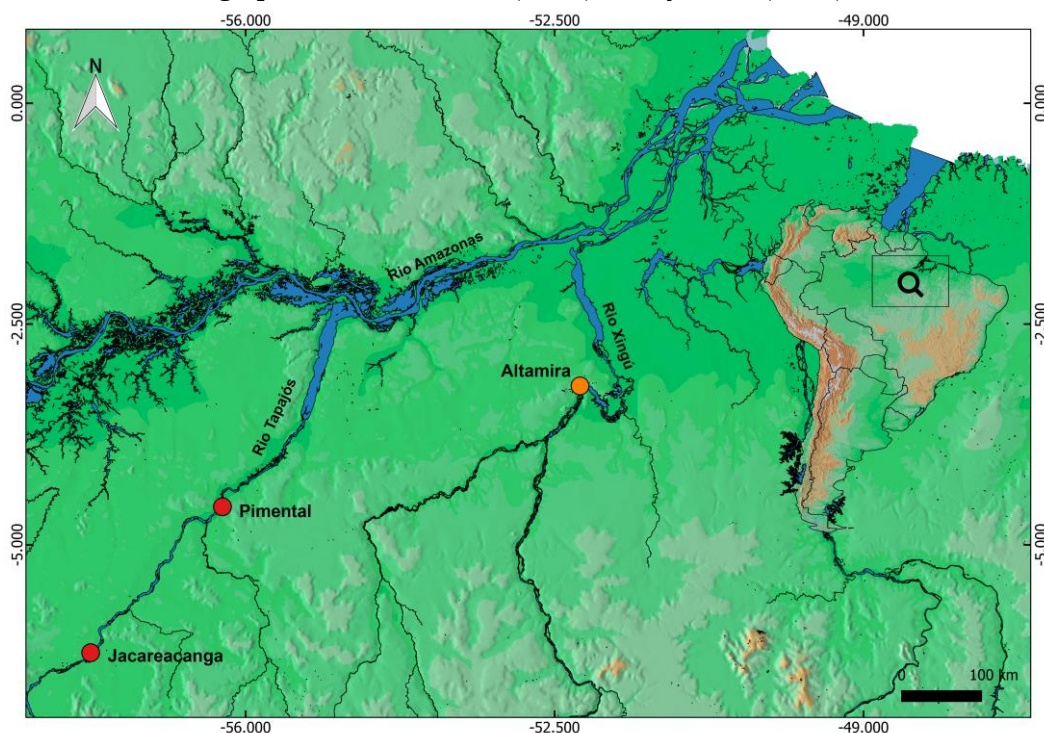
Fonte: Presente estudo.

Tabela 2. Dados biológicos dos espécimes de *Peckoltia vittata* analisados no presente estudo.

Código de Campo	Sexo	CP (mm)	Peso (g)	Localidade
PMT-5	?	78	11	Vila Pimental
PMT-6	?	79	13	Vila Pimental
PMT-7	?	79	11	Vila Pimental
JCR-2	Fêmea	50	12	Jacareacanga

Fonte: Presente estudo. **Abreviações:** CP- Comprimento padrão; mm - milímetros; g - gramas

Figura 7. Localização da procedência dos espécimes de *Peckoltia vittata* analisados. Em círculos vermelho espécimes do presente estudo e em laranja espécimes analisados do rio Xingú por De Souza et al. (2009) e Pety et al. (2018).



Fonte: ANA. **Autor:** Mendelsohn Fujiie B. Souza. **Elaborado** em 03/02/2022.

3.1. Preparação de cromossomos mitóticos em peixes

Para as análises citogenéticas foram empregados os métodos de preparação de cromossomos mitóticos segundo Bertollo et al. (1978) com modificações.

O procedimento consistiu em injetar na cavidade intraperitoneal do peixe, uma solução aquosa de colchicina 0,075% na proporção de 0,01 mL/g do peso do animal, onde foram deixados em tanque ou aquário aerado por um período de 30 a 40 minutos. Decorrido esse tempo, o peixe é eutanasiado por imersão em banho de Eugenol (anestésico) e em seguida dissecado para a remoção do rim cefálico. O tecido renal foi lavado em uma placa de Petri contendo 3 a 5 mL de cloreto de potássio (KCl) a 0.075M. O tecido foi fragmentado em pequenos pedaços com auxílio de uma pinça e tesoura e então homogeneizado por aspiração utilizando-se uma seringa de vidro desprovida de agulha.

A suspensão celular obtida foi transferida para um tubo de centrífuga de 15 mL e centrifugada a 900 rpm por 10 minutos. Em seguida, o sobrenadante deve ser descartado e acrescenta-se lentamente 5 mL de solução hipotônica de cloreto de potássio a 0.075M. O material celular é ressuspensionado e o tubo levado a estufa ou banho maria a 37° C por 20 minutos. Ao final deste tempo acrescenta-se 0,5 mL de fixador Carnoy (álcool metílico +

ácido acético, na proporção 3:1 v/v), recém preparado e gelado. Mistura-se o material com uso de uma pipeta Pasteur e centrifuga-se por 10 minutos a 900 rpm. Em seguida, descartou-se o sobrenadante e acrescentou lentamente 5 mL de fixador Carnoy, deixando escorrer através da parede do tubo, ressuspende-se cuidadosamente o material e em seguida centrifugar por 10 minutos a 900 rpm. Centrifuga-se o material por mais duas vezes a 10 minutos a 900 rpm com 5 mL fixador Carnoy. Por fim acrescenta-se de 3 a 5 mL de fixador Carnoy e armazenar em freezer -20°C até o momento da preparação de lâminas.

3.2. Coloração convencional e bandeamentos

Após o material ser pingado nas lâminas e secadas ao ar, as mesmas foram coradas com Giemsa 5% diluído em tampão fosfato pH 6.8. A solução corante foi depositada sobre a lâmina, que ficava exposta horizontalmente em um suporte colocado na pia do laboratório. Após a lâmina ser coberta com o corante aguardou-se 10 minutos e em seguida lavou-se com água destilada e deixou secar ao ar em temperatura ambiente. Após esse tempo a lâmina foi analisada em microscópio de luz.

Para o bandeamento C, foi utilizado o protocolo tradicional descrito por Sumner (1972). As lâminas foram envelhecidas em estufa a 60° C de 3 a 7 dias. O tempo de envelhecimento pode ser ajustado de acordo com a sensibilidade dos cromossomos de cada espécie. As lâminas foram hidrolisadas em ácido clorídrico a 0.2 N por 5 minutos a 42 °C, em seguida lavadas com água destilada. Na sequência as lâminas foram imersas em um recipiente contendo hidróxido de bário a 5%, a 42° C por 1 minuto e 30 segundos. Após esse tempo a lâmina foi transferida para uma cubeta contendo ácido clorídrico a 0.2 N à temperatura ambiente por 5 segundos; lavadas rapidamente com água destilada e secas ao ar. Na sequência, as lâminas foram incubadas em um recipiente contendo solução de 2xSSC a 60° C por 25 minutos, depois lavadas com água destilada e secas ao ar. A coloração prosseguiu com a solução corante de Giemsa a 5% por 30 minutos. Ao final, a lâmina, foi lavada com água destilada e seca ao ar, e posteriormente analisada em microscópio de luz.

Para a marcação da NOR (Regiões Organizadoras de Nucléolos) foi utilizado o protocolo proposto por Howell e Black (1980). As lâminas com no mínimo 48 horas de envelhecimento, foram hidrolisadas no HCL 0.2 N, à temperatura ambiente, por 8 minutos, depois lavada com água destilada e secas ao ar a temperatura ambiente. As lâminas secas foram colocadas em um suporte para ficar acima do plano da bancada e então goteja-se sobre a preparação cromossômicas, uma gota de gelatina incolor 2% + ácido fórmico a 1% e duas gotas de nitrato de prata a 50%. Em seguida a lâmina é coberta com uma lamínula e colocada

em uma câmara úmida a 60° C em estufa ou banho-maria por um período de 5 a 10 minutos, até adquirir uma coloração castanho dourado. Após o termino do tempo retirou-se a lamínula com água destilada e deixou as lâminas secarem em temperatura ambiente. Na sequência corou-se as lâminas com Giemsa a 5% por 30 segundos, depois de lavadas e secas as lâminas foram analisadas em microscópio de luz.

3.3. Análises cariotípicas

As lâminas com as preparações cromossômicas de bandejamento C e NOR, foram analisadas em microscópio óptico Zeiss Axioskop 40, com câmera digital modelo MOTICAM 10MP acoplada, onde foram tiradas 30 fotografias de metáfases por peixe para obtenção do número modal cromossômico. As contagens dos cromossomos foram feitas na objetiva de 100X com óleo de imersão. Posteriormente as melhores metáfases foram escolhidas e editadas para montagem cariotípica através do software de editor de imagem Adobe Photoshop CS6.

Para organização do cariótipo, os cromossomos foram pareados e organizados de acordo com a classificação de sua estrutura em metacêntricos (m), submetacêntricos (sm), subtelo-cêntricos (st) e acrocêntricos (a) (LEVAN; FREDGAR; SANDBERG, 1964).

4. RESULTADOS

Os espécimes de *Peckoltia vittata* (PMT-5, 6, 7 e JCR-2) analisados apresentaram $2n=52$ cromossomos (Figura 8) e fórmula cariotípica (FC) de 18m-18sm-14st-2a, número fundamental (NF) igual a 102.

Figura 8. Cariótipo convencional de *Peckoltia vittata* do rio Tapajós, espécime PMT-5. A seta indica constrição secundária no par 10, que coincide com marcação Ag-NOR em destaque na caixa.

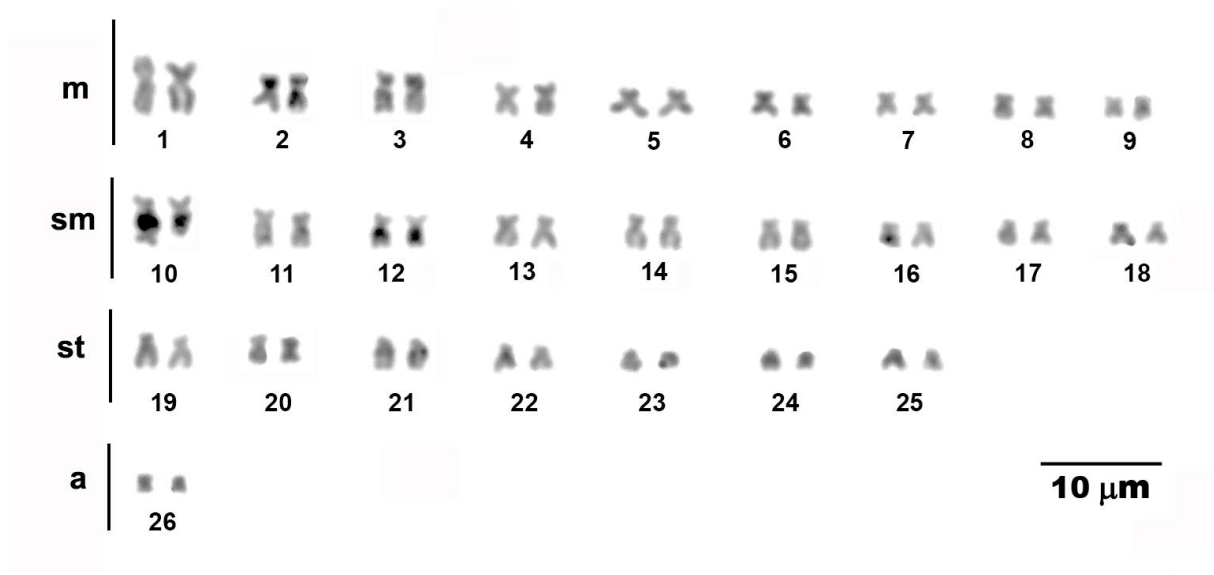


Fonte: Presente estudo.

O bandeamento pela Ag-NOR (Regiões Organizadoras de Nucléolos) mostrou marcações nos cromossomos submetacêntricos do par 10 na região telomérica. Evidenciando assim um padrão de NOR simples para os espécimes estudado.

Os resultados da técnica de bandeamento C revelaram grandes blocos de heterocromatina constitutiva nas partes teloméricas e centroméricas e pericentroméricas em 4 pares de cromossomos (2, 10, 12 e 21).

Figura 8. Marcações das regiões heterocromatina constitutiva em *P. vittata* do rio Tapajós, espécime PMT-7.



Fonte: Presente estudo.

5. DISCUSSÃO

Peckoltia vittata do rio Tapajós apresentou $2n=52$ cromossomos, sendo este número considerado conservado para a espécie (DE SOUZA et al., 2009; PETY et al., 2018). A fórmula cariotípica observada na população do rio Tapajós diverge sutilmente do que foi observado em *P. vittata* do rio Xingu (DE SOUZA et al. 2009; PETY et al. 2018). Essa divergência ocorre devido a contagem do número de metacêntricos, submetacêntricos e acrocêntricos. *Peckoltia vittata* do rio Tapajós compartilha 18m com *P. vittata* do Xingu (PETY et al., 2018), mas diverge de *P. vittata* Xingu com 16m (DE SOUZA et al. 2009). Por outro lado, o par 26 acrocêntrico é compartilhado com *P. vittata* Xingu (DE SOUZA et al. 2009) mas classificado como subtelocêntrico em *P. vittata* Xingu (PETY et al. 2018). A variação da fórmula cariotípica entre populações de *P. vittata* dos rios Tapajós e Xingu podem refletir a ocorrência de um polimorfismo cromossômico intraespecífico, possivelmente

associado com rearranjos do tipo inversão pericêntrica (DE SOUZA et al. 2009; PETY et al. 2018). Por outro lado, não se pode descartar a possibilidade de que tal variação seja um artefato resultante de interpretação da morfologia cromossômica por diferentes autores (DE SOUZA et al. 2009; PETY et al. 2018).

As regiões organizadoras de nucléolos (NOR) foram simples, semelhantes com as encontradas por De Souza (2009) e Pety et al. (2018). O padrão de bandas C revelaram variação na quantidade e localização da heterocromatina constitutiva entre as populações de *Peckoltia vittata* dos rios Tapajós e Xingu (DE SOUZA et al. 2009). Pelo menos quatro cromossomos (2, 10, 12 e 21) da população do rio Tapajós que foram marcados por bandas C, possuem homólogos na população do rio Xingu, porém observou-se uma redução no tamanho dos blocos heterocromáticos nos peixes do rio Tapajós (DE SOUZA et al. 2009). O bloco heterocromático presente no par 10, equivalente ao par 9 em Souza et al. (2009), sendo heteromórfico. Esse cromossomo é portador dos sítios DNAr 18S e 5S em sintenia, mas intercalados por um segmento cromossômico do braço longo, tal como evidenciado por Pety et al. (2018). A dinâmica de variação do tamanho do bloco heterocromático no par 10 pode ter uma relação com os mecanismos regulatório de expressão e organização genômicas dos cistrons 18S e 5S (DE SOUZA et al. 2009; PETY et al. 2018). Estudos adicionais poderão enfocar no mapeamento físico e relações funcionais implicadas na arquitetura do par 10 em *P. vittata* (DE SOUZA et al. 2009; PETY et al. 2018).

Uma outra hipótese plausível para explicar as pequenas diferenças nas marcações de heterocromatina em *Peckoltia vittata* dos rios Tapajós e Xingú seriam as condições ambientais onde a espécie é encontrada (ARAUJO DA SILVA et al., 2019). Desta forma as diferentes condições ambientais poderiam influenciar a mobilização de DNAs repetitivos e mecanismos epigenéticos que eventualmente podem levar a processos de heterocromatinização (ARAUJO DA SILVA et al., 2019).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cariótipo de *Peckoltia vittata* do rio Tapajós mostrou número diploide $2n=52$ cromossomos conservado para a espécie, mas varia na formula cariotípica. A NOR é simples e compartilhada com *P. vittata* do rio Xingu. Diferenças de marcações de heterocromatina, podem servir como um bom marcador citotaxonômico para diferenciação de *P. vittata* do rio Tapajós e *P. vittata* do rio Xingu. Os dados desta pesquisa contribuem para o avanço do conhecimento sobre a estrutura e diversidade cariotípica de peixes do gênero *Peckoltia*.

6. REFERÊNCIAS

ABELL, Robin et al. Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. **BioScience**, v. 58, n. 5, p. 403–414, 1 maio 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (2022). <https://www.snirh.gov.br/> Acessado em 4 de fevereiro de 2022.

ALJANABI, Salah Murawish; MARTINEZ, Iciar. Universal and Rapid Salt-Extraction of High Quality Genomic DNA for PCR-Based Techniques. **Nucleic Acids Research**, v. 25, n. 22, p. 4692–4693, 15 nov. 1997.

ALVES, Anderson Luís et al. Karyotypic relationships among the tribes of Hypostominae (Siluriformes: Loricariidae) with description of XO sex chromosome system in a Neotropical fish species. **Genetica**, v. 128, n. 1–3, p. 1–9, set. 2006.

ARAÚJO DA SILVA, Francijara et al. Effects of Environmental Pollution on the RDNAomics of Amazonian Fish. **Environmental Pollution**, v. 252, p. 180–187, 1 set. 2019.

ARMBRUSTER, Jonathan W. *Peckoltia sabaji*, a new species from the Guyana Shield (Siluriformes: Loricariidae). **Zootaxa**, v. 344, n. 1, p. 1, 3 nov. 2003.

ARMBRUSTER, Jonathan W. Phylogenetic relationships of the suckermouth armoured catfishes (Loricariidae) with emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 141, n. 1, p. 1–80, maio 2004.

ARMBRUSTER, Jonathan W. The genus *Peckoltia* with the description of two new species and a reanalysis of the phylogeny of the genera of the Hypostominae (Siluriformes: Loricariidae). **Zootaxa**, v. 1822, n. 1, p. 1, 14 jul. 2008.

ARMBRUSTER, Jonathan W.; LUJAN, Nathan K. A new species of *Peckoltia* from the Upper Orinoco (Siluriformes, Loricariidae). **ZooKeys**, n. 569, p. 105–121, 26 fev. 2016.

ARMBRUSTER, Jonathan W.; WERNEKE, David C. *Peckoltia cavatica*, a new loricariid catfish from Guyana and a redescription of *P. braueri* (Eigenmann 1912) (Siluriformes). **Zootaxa**, v. 882, n. 1, p. 1, 4 mar. 2005.

ARMBRUSTER, Jonathan W.; WERNEKE, David C.; TAN, Milton. Three New Species of Saddled Loricariid Catfishes, and a Review of *Hemiancistrus*, *Peckoltia*, and Allied Genera (Siluriformes). **ZooKeys**, v. 480, p. 97–123, 2 fev. 2015.

ARTONI, Roberto Ferreira; BERTOLLO, Luiz Antonio Carlos. Nature and Distribution of Constitutive Heterochromatin in Fishes, Genus *Hypostomus* (Loricariidae). **Genetica**, v. 106, n. 3, p. 209–214, 1 nov. 1999.

ARTONI, Roberto Ferreira; BERTOLLO, Luiz Antonio Carlos. Trends in the Karyotype Evolution of Loricariidae Fish (Siluriformes). **Hereditas**, v. 134, n. 3, p. 201–210, 2001.

ARTONI, Roberto Ferreira; VENERE, Paulo Cesar; BERTOLLO, Luiz Antonio Carlos. A Heteromorphic ZZ/ZW Sex Chromosome System in Fish, Genus *Hypostomus* (Loricariidae). **Cytologia**, v. 63, n. 4, p. 421–425, 1998.

BERTOLLO, L. A. C., TAKAHASHI, K. S. & MOREIRA-FILHO, O. Cytotaxonomic considerations on *Hoplias lacerdae* (Pisces–Erythrinidae). **Revista Brasileira de Genética** n.2, p.103-120, 1978.

BUCKUP, Paulo. A.; SANTOS, Geraldo Mendes dos. Ictiofauna da Ecorregião Xingu-Tapajós: fatos e perspectivas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia** n.98, Rio de Janeiro, 2010.

CEREALI, Sandra dos Santos et al. Karyotype description of two species of *Hypostomus* (Siluriformes, Loricariidae) of the Planalto da Bodoquena, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 3, p. 583–591, 2008.

DAGOSTA, Fernando C.P.; PINNA, Mário De. The Fishes of the Amazon: Distribution and Biogeographical Patterns, with a Comprehensive List of Species. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 2019, n. 431, p. 1, 13 jun. 2019.

DE MIRANDA RIBEIRO A. Loricariidae, Callichthyidae, Doradidae e Trichomycteridae. In: Comissão de LinhasTelegraphicas Estrategicas de Matto-Grosso ao Amazonas. Matto-Grosso, Anexo no. 5 **História Natural: Zoologia**, p.1–31, 1912.

DE OLIVEIRA, Renildo Ribeiro et al. Occurrence of multiple sexual chromosomes (XX/XY1Y2 and Z1Z1Z2Z2/Z1Z2W1W2) in catfishes of the genus *Ancistrus* (Siluriformes: Loricariidae) from the Amazon basin. **Genetica**, v. 134, n. 2, p. 243–249, 25 nov. 2007.

DE OLIVEIRA, Renildo Ribeiro et al. *Peckoltia Compta*, a New Species of Catfish from the Brazilian Amazon, Rio Tapajos Basin (Siluriformes: Loricariidae). **Zootaxa**, v. 2534, n. 1, p. 48, 13 jul. 2010.

DE OLIVEIRA, Renildo Ribriro et al. A New Species of the Ornamental Catfish Genus *Peckoltia* (Siluriformes: Loricariidae) from Rio Xingu Basin, Brazilian Amazon. **Copeia**, v. 2012, n. 3, p. 547–553, set. 2012.

DE SOUZA, A et al. Cytogenetic Analysis in Catfish Species of the Genus *Peckoltia* Miranda Ribeiro, 1912 (Teleostei: Siluriformes: Loricariidae). **Comparative Cytogenetics**, v. 3, n. 2, p. 103–109, 29 dez. 2009.

FAVARATO, Ramon Marin et al. Cytogenetic Diversity and the Evolutionary Dynamics of rDNA Genes and Telomeric Sequences in the *Ancistrus* Genus (Loricariidae: Ancistrini). **Zebrafish**, v. 13, n. 2, p. 103–111, abr. 2016.

FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. (Eds) 2022. Catolog of fishes. California Academy of Sciences. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp> Acessado em 07 de fevereiro de 2022.

MARIOTTO, Sandra et al. Chromosome polymorphism in *Ancistrus cuiabae* Knaack, 1999 (Siluriformes: Loricariidae: Ancistrini). **Neotropical Ichthyology**, v. 7, n. 4, p. 595–600, 2009.

MURAMOTO, Jun-ichi; OHNO, Susumu; ATKIN, Niels B. On the diploid state of the fish order Ostariophysi. **Chromosoma**, v. 24, n. 1, p. 59–66, 1968.

OLIVEIRA, C.; FORESTI, F.; HILSDORF, A. W. S. Genetics of neotropical fish: from chromosomes to populations. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 35, n. 1, p. 81–100, 6 ago. 2008.

PETY, Ananda Marques et al. In Situ Localization of Ribosomal Sites in *Peckoltia* and *Ancistomus* (Loricariidae: Hypostominae) from the Amazon Basin. **Zebrafish**, v. 15, n. 3, p. 263–269, jun. 2018.

ROXO, Fábio F. et al. Phylogenomic Reappraisal of the Neotropical Catfish Family Loricariidae (Teleostei: Siluriformes) Using Ultraconserved Elements. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 135, p. 148–165, 1 jun. 2019.

SANTOS DA SILVA, Kevin et al. Comparative Cytogenetics Analysis Among *Peckoltia* Species (Siluriformes, Loricariidae): Insights on Karyotype Evolution and Biogeography in the Amazon Region. **Frontiers in Genetics**, v. 12, p. 779464–779464, 28 out. 2021.

SOUSA, Albino Luciano Portela de; MACIEL, Luan Aécio Melo; RODRIGUES, Luís Reginaldo Ribeiro. Estudo da comercialização de peixes ornamentais da família Loricariidae (Siluriformes) em Santarém/PA. **PUBVET**, v. 12, p. 133, 26 jul. 2018.

SUMNER, A. T. A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. **Experimental Cell Research**, v. 75, n. 1, p. 304–306, nov. 1972.

ZAWADZKI, Cláudio H.; BIRINDELLI, José L. O.; LIMA, Flávio C. T. A new armored catfish species of the genus *Hypostomus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Loricariidae) from the upper rio Xingu basin, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, n. 2, p. 245–253, 2012.

ZAWADZKI, Cláudio H.; BIRINDELLI, José L. O.; LIMA, Flávio C. T. A new pale-spotted species of *Hypostomus* Lacépède (Siluriformes: Loricariidae) from the rio Tocantins and rio Xingu basins in central Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 3, p. 395–402, 2008.

ZAWADZKI, Cláudio H.; CARVALHO, Pedro Hollanda. A new species of the *Hypostomus* cochliodongroup (Siluriformes: Loricariidae) from the rio Aripuanã basin in Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, n. 1, p. 43–51, mar. 2014.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF). **Uma visão de Conservação para a Bacia do Tapajós**. WWF-Brasil, 1º Ed. p. 28. Brasília, 2016. Documento disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/?51922/uma-viso-de-conservao-para-a-bacia-do-tapajs Acessado em 20 de março de 2020.