



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE, ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO

CORES VIVAS NAS ÁGUAS DO RIO TOCANTINS: UMA ANÁLISE DO
POLICROMATISMO EM TUCUNARÉS (*Cichla*, Cichliformes)

Aluno: Lucas Elias Oliveira Borges

Orientador: Fernando Mayer Pelicice

PORTO NACIONAL, TO

2024

LUCAS ELIAS OLIVEIRA BORGES

**CORES VIVAS NAS ÁGUAS DO RIO TOCANTINS: UMA ANÁLISE DO
POLICROMATISMO EM TUCUNARÉS (*Cichla*, Cichliformes)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação (PPGBEC) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Mestre em Biodiversidade, Ecologia e Conservação.

Orientador (a): Dr. Fernando Mayer Pelicice

**PORTO NACIONAL, TO
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

B732c Borges, Lucas Elias Oliveira.
Cores Vivas nas Águas do Rio Tocantins: Uma Análise do Policromatismo em Tucunarés. / Lucas Elias Oliveira Borges. – Porto Nacional, TO, 2024.
46 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação
(Mestrado) em Biodiversidade, Ecologia e Conservação, 2024.

Orientador: Fernando Mayer Pelicice

1. Cichlidae. 2. Comunicação. 3. Policromatismo. 4. Reprodução. I. Título

CDD 577

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lucas Elias Oliveira Borges

**CORES VIVAS NAS ÁGUAS DO RIO TOCANTINS: UMA ANÁLISE
DO POLICROMATISMO EM TUCUNARÉS (Cichla, Cichliformes).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação. Foi avaliado para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade, Ecologia e Conservação e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação 05/03/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Mayer Pelicice – UFT

Profa. Dra. Ana Clara Sampaio Franco - Universitat de Girona

Profa. Dra. Ana Cristina Petry - UFRJ

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho integralmente à memória de meu pai VAILTON BORGES, o qual sempre me apoiou em toda e qualquer decisão, e sempre batalhou para que eu conseguisse conquistar meus objetivos. O senhor me deu asas para voar pai, agora vou conquistar esse mundão, conquistar meus objetivos. Obrigado, meu pai. TE AMO!

AGRADECIMENTOS

Confesso que não sei nem por onde começar este agradecimento. Este mestrado marcou minha vida de diversas maneiras. Conheci muitas pessoas, fui a muitos lugares, e em todos eles, as pessoas sempre me ajudaram, motivaram quando eu não tinha mais motivos para continuar. Nessa trajetória, realizei sonhos como conhecer Fernando de Noronha. Chorei, sorri e aprendi muito sobre amar o próximo, me aproximar de pessoas que querem o meu bem e aprendi a fazer o bem. Hoje, sou uma soma de cada pessoa que conheci, e sou muito grato por isso.

Quero agradecer especialmente ao meu pai, que hoje não se encontra mais comigo fisicamente, mas sim no meu coração. Graças a você, consegui chegar até aqui. E olha que engraçado, eu sempre achei você teimoso, e cá estou eu terminando este mestrado na base da teimosia, hilário não? Você sempre foi minha fonte de inspiração, pai. Na faculdade da vida, tive aula com o melhor professor, você! Muito obrigado.

Agradeço também à minha família que sempre me apoiou e esteve comigo nos piores e melhores momentos. Obrigado, tias (Sonia, Ciene, Zila, Neta), vocês são minha segunda mãe. Obrigado também, mãe, por ter me deixado com a melhor família de todas. Espero ter dado todo o orgulho do mundo a senhora. Aos meus irmãos Milane, Zue e Danny, muito obrigado por terem me ajudado a conquistar meus objetivos e seguir meus sonhos. Amo vocês. Aos meus primos: Mariana, Edna, Luiz, Nego, Josa, Vô, Jackson, Paulo Cesar, Kaká, Yasmin, Kaue, Evandro, Vinicius, Isabela, Helloisa, Maraina, Vanilcia, Duda, Weylla, entre outros, pois a família é grande demais. Eu AMO VOCÊS.

Agradeço também aos meus amigos que fiz antes e durante esta trajetória, como Ladis, Pietra, Lia, Yanna, Marcus, Carol, Raqueline, Karita, Aline, Byancka, Hiago, Danielle, Maria Clara, Pão, Mariana, Edson, Vinny, Wanderson, Lisandra, Anny, Joanes, James, Junior, Raidon, pessoal da Capadócia, Victoria, Analu, Geovana, Nirvana, Jessica. Vocês foram muito importantes para mim. Obrigado por cada conversa, cada abraço, cada conselho, mesmo eu não seguindo. Esta conquista não é só minha, é de vocês também. EU AMO VOCÊS, OBRIGADO.

Quero agradecer também ao meu orientador, Fernando. Muito obrigado por todos os seus ensinamentos, conselhos e tatuagens. Você foi um excelente orientador. Sua marca em minha vida será muito mais marcante que uma tatuagem. Novamente, obrigado, Fernando.

RESUMO

Este estudo investigou os padrões de coloração das espécies *Cichla kelberi* e *C. piquiti* na bacia Tocantins-Araguaia, considerando fatores biológicos (estádio de maturação gonadal, sexo, comprimento, grau de repleção estomacal) e ambientais (estação seca ou chuvosa e transparência da água). Sendo ele dividido em duas etapas, a primeira consistiu em trabalho de campo para realizar a captura dos peixes, enquanto a segunda envolveu o processamento de dados biométricos em laboratório. A escala de cores adotada foi definida com base em um banco de dados que contém o registro fotográfico da variação observada entre 2010 e 2023. O estudo revelou uma diversidade de cores nas populações, com *C. kelberi* variando com cores e tons mais escuros, do não-amarelo ao amarelo e *C. piquiti* variando com cores mais claras, indo do amarelo ao cinza/prateado. O padrão de *C. kelberi* tem relação principalmente ao estágio de maturação gonadal, enquanto *C. piquiti* mostrou associação com variáveis ambientais (estação) e biológicas (estágio de vida, comprimento, estágio de maturação gonadal). Dessa forma, nota-se que o policromatismo está ligado ao crescimento e ciclos reprodutivos, desempenhando um papel crucial na comunicação social principalmente durante o período reprodutivo.

Palavras-chaves: Cichlidae. Comunicação social. Policromatismo. Reprodução.

ABSTRACT

This study investigated the coloration patterns of the species *Cichla kelberi* and *C. piquiti* in the Tocantins-Araguaia basin, considering biological factors (sexual stage, sex, length, stomach repletion) and environmental factors (dry or rainy season and water transparency). Divided into two stages, the first involved fieldwork to capture the fish, while the second involved the processing of biometric data in the laboratory. The color scale adopted was defined based on a database containing photographic records of the observed variation between 2010 and 2023. The study revealed a diversity of colors in the populations, with *C. kelberi* varying in darker colors and shades, from non-yellow to yellow, and *C. piquiti* varying in lighter colors, ranging from yellow to gray/silver. The color pattern of *C. kelberi* is mainly related to the sexual stage, while *C. piquiti* showed associations with environmental variables (season) and biological factors (phase, length, sexual stage). Thus, it is noted that polychromatism is linked to growth and reproductive cycles, playing a crucial role in social communication, especially during the reproductive period.

Key-words: Cichlidae. Polychromatism. Reproduction. Social communication.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Variação registrada no padrão de coloração do tucunaré-amarelo <i>Cichla kelberi</i> (A) e tucunaré-azul <i>C. piquiti</i> (B) no Rio Tocantins.....	16
Figura 2 – Área de estudo a montante da barragem da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães, no médio Rio Tocantins, com a identificação dos pontos de considerando os pontos de amostragem entre março de 2019 e abril de 2020.....	19
Figura 3 Características fenotípicas selecionadas para o estudo nas populações de <i>Cichla kelberi</i> (A) e <i>C. piquiti</i> (B).	21
Figura 4: Variação no padrão de coloração em <i>Cichla kelberi</i> de peixes capturados na região montante do reservatório de Lajeado, rio Tocantins.	22
Figura 5: Variação nos padrões de coloração <i>Cichla piquiti</i> de peixes capturados na região montante do reservatório de Lajeado, rio Tocantins.	23
Figura 6: Padrão de coloração e tonalidade de <i>Cichla kelberi</i>	25
Figura 7: Dispersão dos dados de componentes principais (PCA) de <i>Cichla kelberi</i>	26
Figura 8: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de <i>C. kelberi</i> de acordo com as estações do ano (A) e transparência da água (B).....	27
Figura 9: Agrupamentos formados pela Análise de Componentes Principais de <i>C. kelberi</i> considerando as variáveis: A (estádio de maturação gonadal), B (sexo), C (Comprimento) e D (grau de repleção estomacal).	29
Figura 10: Padrão de coloração corporal e tonalidade de <i>Cichla piquiti</i>	30
Figura 11: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de <i>Cichla piquiti</i>	32
Figura 12: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de <i>C. piquiti</i> de acordo com a estações do ano.	33
Figura 13: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de <i>C. piquiti</i> de acordo com a transparência d'água.	33
Figura 14: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de <i>C. piquiti</i> de acordo com a estágio de vida adulto ou juvenil.	34
Figura 15: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de <i>C. piquiti</i> de acordo com o estágio de maturação gonadal.	35
Figura 16: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de <i>C. piquiti</i> de acordo com o sexo.	35

Figura 17: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de <i>C. piquiti</i> de acordo com o comprimento.....	36
Figura 18: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de <i>C. piquiti</i> de acordo com o grau de repleção estomacal.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis estabelecidas para categorização dos indivíduos de <i>Cichla kelberi</i> e <i>C. piquiti</i>	22
Tabela 2: Análise de componentes principais de <i>Cichla kelberi</i>	26
Tabela 2: <i>loadings</i> dos componentes 1 e 2 de <i>Cichla kelberi</i>	26
Tabela 4: Análise dos componentes principais de <i>Cichla piquiti</i>	31
Tabela 5: <i>loadings</i> dos componentes 1 e 2.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFT	Universidade Federal do Tocantins
UHE	Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães
PPGBEC	Programa de Pós Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação
CVP	Variação no padrão de cor
CT	Comprimento total
PC	Peso da carcaça
PG	Peso das gônadas
GR	Grau de repleção estomacal
IMAT	Imaturo
DEVE	Desenvolvimento
REGR	Regredindo
REGE	Regenerando
PCA	Análise de componentes principais
PERMANOVA	Análise de variância Permutacional
PERMDISP	Análise de dispersão multivariada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral:	17
2.2 Objetivos específicos:	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1 Área de estudo	18
3.2 Metodologia.....	18
3.3 Coleta de dados.....	19
3.3 Análise dos dados	23
4 RESULTADOS.....	25
4.1 Padrões de coloração em <i>Cichla kelberi</i>	25
4.2 Padrões de coloração em <i>Cichla piquiti</i>	30
5 DISCUSSÃO	38
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A região Neotropical abriga uma notável diversidade de peixes de água doce, com mais de seis mil espécies, caracterizados por múltiplas variações genéticas, comportamentais, fisiológicas e morfológicas (ALBERT et al., 2020; MALABARBA & MALABARBA, 2020). Uma característica inerente a esses organismos é o policromatismo, ou seja, variados padrões de coloração, faixas longitudinais ou máculas sobre o corpo e nadadeiras, atributo das espécies, ou até mesmo de indivíduos da própria espécie (REISS et al., 2012; BORGES 2021, PELICICE et al., 2022). Este traço peculiar é observado em diversos grupos de peixes de água doce, mais notoriamente em membros da família Cichlidae, ordem Cichliformes (GASQUES et al., 2014; SANTOS et al., 2012). Esses indivíduos manifestam uma variedade de padrões cromáticos usualmente associados aos ciclos biológicos e a condições do ambiente (ELMER et al., 2009) como, por exemplo, durante o processo reprodutivo, quando as fêmeas desempenham um papel fundamental na seleção por parceiros, exercendo influência direta na evolução de fenótipos nas populações (DIJKSTRA et al., 2008; KORZAN et al., 2008).

Os ciclídeos possuem a capacidade de modificar ativamente seu padrão cromático em relações interespecíficas e intraespecíficas (BEECHING 1995; ZIEGELBECKER et al., 2021; JHON et al., 2021). Habitualmente, o padrão do colorido está associado a diferentes papéis nas relações ecológicas, podendo ser utilizado como como sinal de agressividade ou submissão (DIJKSTRA et al., 2008; PRICE et al., 2008), além de servir como indicativo de superioridade durante a reprodução (KORZAN et al., 2008) ou até mesmo, um mecanismo de regulação, de modo a ajustar-se ao ambiente (FRANA et al., 2011). Alguns estudos realizados com ciclídeos da região Neotropical encontraram respostas variadas do padrão cromático em diferentes situações, como o estudo de BEECHING et al. (2017), no qual os autores observaram que *Astronotus ocellatus* (AGASSIZ 1831) altera a cor de suas bandas laterais, tornando-as mais escuras como sinal de derrota em combate. Em outro estudo, ROBERT e SINERVO (2018) observaram que as fêmeas de *Amatitlania siquia* (SCHMITTER-SOTO, 2007) desenvolvem coloração ventral dourada quando em estágio reprodutivo. Padrão semelhante foi observado por RODRIGUES et al. (2009), onde os autores constataram, por meio de uma investigação subaquática, que alteração instantânea no padrão de coloração de *Apistogramma hippolytae* (KULLANDER, 1982) como resposta a características sociais e comportamentais (alimentação, repouso, displays sexuais e agonístico, agressão e cuidado parental). E ainda, em um estudo realizado com *Cichla temensis* (HUMBOLDT, 1821) encontrou uma relação positiva entre a

morfologia e o estágio de maturação gonadal com padrão de coloração, sendo este último uma característica sexual secundária que ocorre em ciclos (REISS & GROTHUES, 2012).

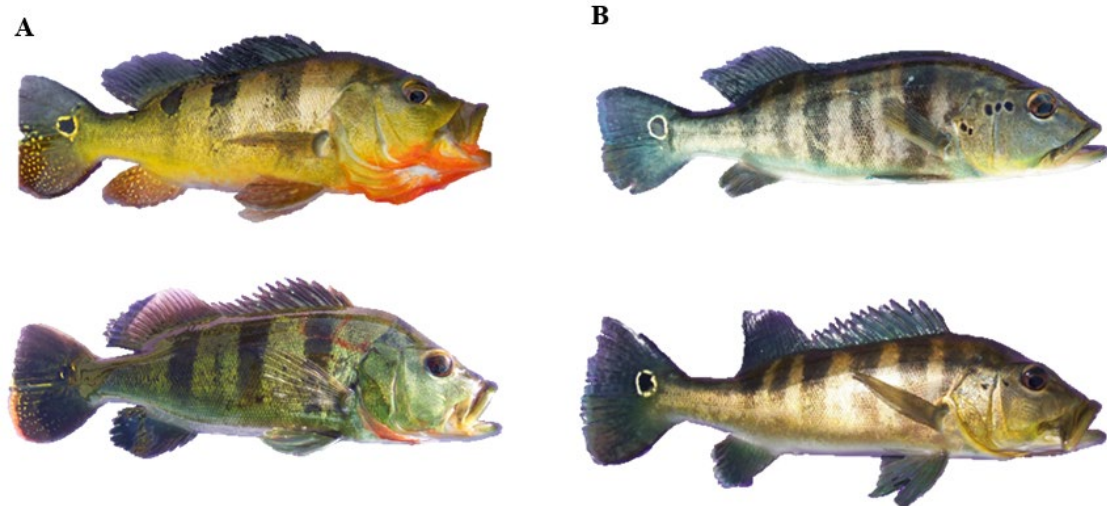
Os ciclídeos apresentam uma ampla diversidade cromática (PELICICE et al., 2022). Nesse sentido, o gênero *Cichla* destaca-se como um bom modelo para a investigação das variações cromáticas em ciclídeos, pois não é um grupo tão especioso (ca. 15 espécies) (KULLANDER & FERREIRA, 2006) e cerca de menos de dez espécies válidas, levando em consideração o estudo com genética populacional de WILLIS et al. (2012). Para o presente trabalho utilizaremos como base KULLANDER & FERREIRA (2006). Algumas contribuições significativas acerca do policromatismo no gênero *Cichla* incluem os estudos de REISS et al. (2012), REISS & GROTHUES (2015) e PELICICE et al. (2022). REISS et al. (2012) e REISS & GROTHUES (2015) conduziram uma análise abrangente acerca variações no padrão de coloração de *C. temensis*, abordando aspectos ambientais, moleculares e biológicos. Ao correlacionar esses dados com os padrões cromáticos identificados, os pesquisadores identificaram uma relação entre as diferentes variações nos padrões de cores e o índice gonadossomático e crescimento. E ainda, ao comparar o tamanho dos testículos e ovários, observaram a ausência de correlação entre o dimorfismo sexual e os padrões cromáticos detectados. No estudo conduzido por PELICICE et al. (2022), os mesmos descreveram os padrões cromáticos observados em *C. kelberi* e *C. piquiti* no reservatório de Lajeado, médio rio Tocantins. Esse estudo utilizou um extenso acervo fotográfico composto por imagens capturadas entre os anos de 2010 e 2020, de exemplares ainda vivos.

Os peixes conhecidos popularmente como tucunarés pertencem ao gênero *Cichla*, que inclui 15 espécies de peixes da região amazônica (KULLANDER & FERREIRA, 2006). Eles são encontrados em várias bacias, como a do Amazonas, Tocantins, Orinoco e Essequibo. Os tucunarés são carnívoros e têm os hábitos sedentários, sendo bem-sucedidos em ambientes represados. Até o momento, há poucos estudos sobre a biologia do gênero *Cichla* em seu ambiente natural, e esses estudos geralmente se concentram em aspectos como alimentação e reprodução (MARTO et al., 2015; RABELO et al., 2002; SABINO & ZUANON 1998; WINEMILLER et al., 2001). No reservatório formado pela Usina Hidrelétrica de Lajeado, Rio Tocantins, *C. kelberi* e *C. piquiti* são espécies nativas, com dominância de *C. piquiti*, que alcança um tamanho maior do que seu congênere (ANDRADE et al., 2022).

Em geral, *C. kelberi* exibe uma coloração amarelada, apresentando três bandas verticais escuras ao longo do dorso. No entanto, têm sido observados padrões não convencionais na população, que variam desde tonalidades de amarelo dourado até cinza negro (Figura 1-A).

Em *C. piquiti* ocorre algo semelhante, pois o mesmo apresenta uma coloração predominantemente azulada, com cinco bandas verticais escuras ao longo do dorso. No entanto, observações recentes de PELICICE et al. (2022) indicam uma variação significativa nos padrões de cores, com alguns exemplares exibindo padrões prateados, amarelos, amarronzados e azuis tanto no dorso, quanto nas nadadeiras (Figura 1-B). Além disso, Borges (2021) relata um padrão mais azulado para a espécie, especialmente nos meses de fevereiro a julho, coincidindo com o período em que é registrado um maior número de indivíduos sexualmente maduros (MARTO et al., 2015; ANDRADE et al., 2022).

Figura 1 – Variação registrada no padrão de coloração do tucunaré-amarelo *Cichla kelberi* (A) e tucunaré-azul *C. piquiti* (B) no Rio Tocantins.



Fonte: BORGES, L. E. O. (2021)

No contexto do policromatismo exposto acima, a condução deste estudo com *C. kelberi* e *C. piquiti* no reservatório da UHE de Lajeado não apenas ampliará as descrições anteriores feitas por KULLANDER & FERREIRA (2006) e PELICICE et al. (2022), mas também esclarecerá quais mecanismos ambientais e biológicos que regulam os padrões de coloração nessas espécies. Este aprofundamento fornecerá informações cruciais para a compreensão da biologia do gênero *Cichla*, pois estudos dessa natureza podem trazer informações relevantes e fomentar outros estudos sobre o gênero, como comportamento, ecologia e taxonomia.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

Descrever os padrões de coloração de duas espécies de tucunarés, *Cichla kelberi* e *C. piquiti* em ambiente onde ambas são nativas e investigar fatores biológicos e ambientais que possam estar associados à variação nos padrões.

2.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar o padrão de coloração de *Cichla kelberi* e *C. piquiti*;
- Compreender se fatores ambientais (estação (seca ou chuvosa) e transparência da água) estão associados à variação na coloração;
- Compreender se fatores biológicos (estádio de maturação gonadal, sexo, comprimento, grau de repleção estomacal) estão associados à variação no padrão de coloração.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

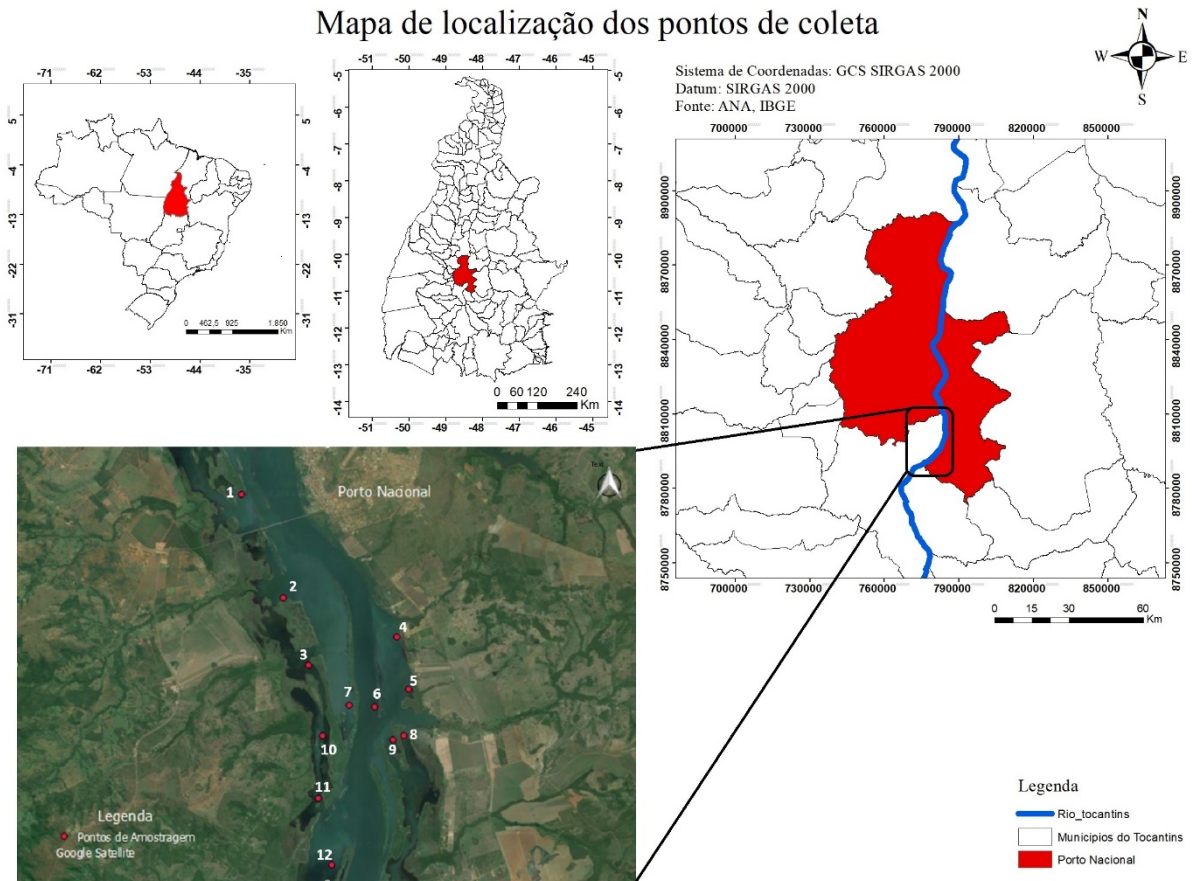
O estado do Tocantins possui dois grandes rios, o Tocantins e o Araguaia, que juntos forma a bacia Tocantins-Araguaia. O Rio Tocantins se estende por mais de 2.500 km entre o sul e o norte do estado do Tocantins (RIBEIRO et al., 1995). Esses rios sofreram diversas modificações de origem antrópica, como a construção de usinas hidrelétricas, e/ou impactos relacionados com o agronegócio e a mineração, que influenciaram diretamente a hidrologia, como a substituição do regime lótico para um regime lêntico, alterando áreas de reprodução de espécies migradoras (AKAMA 2017; PELICICE et al., 2021; CHAMON et al., 2022). Em resposta a construções de represas, algumas espécies são favorecidas e outras apresentam um declínio populacional (PELICICE et al., 2009). No Rio Tocantins, *Cichla kelberi* (tucunaré-amarelo) e *C. piquiti* (tucunaré-azul) são nativos (MARTO et al., 2015) e ambos foram favorecidos pela construção de hidrelétricas no curso do rio, causando a modificação do ambiente natural, visto que ele ambos são predadores vorazes e desempenham cuidado parental, e possuem preferência por ambientes lênticos (ANDRADE et al., 2022).

A pesquisa foi realizada na região a montante do reservatório da Usina Hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães (UHE), que abrange uma área total de 630 km² com 180 km de comprimento no Rio Tocantins, esse reservatório se estende ao longo dos municípios de Miracema do Tocantins, Lajeado, Palmas, Porto Nacional, Brejinho de Nazaré e Ipueiras. Os peixes foram coletados nas imediações do município de Porto Nacional (Figura 2).

3.2 Metodologia

O presente estudo utilizou-se de dados obtidos de coletas mensais realizadas entre abril de 2019 a abril de 2020, as coletas ocorreram sempre durante o período diurno (8h - 18h), em 12 pontos amostrais distribuídos numa extensão aproximada de 15 km, na região a montante da UHE Luis Eduardo Magalhães. Os *habitats* selecionados para as amostragens foram áreas abertas, marginais, com presença de bancos de macrófitas aquáticas e galhadas submersas. As coletas aconteceram sob autorização SISBIO 25774-4, aprovadas pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFT (processo 23.101.001.818/2019-25).

Figura 2 – Área de estudo a montante da barragem da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães, no médio Rio Tocantins, com a identificação dos pontos de considerando os pontos de amostragem entre março de 2019 e abril de 2020.



Fonte: BORGES, L. E. O. (2024)

3.3 Coleta de dados

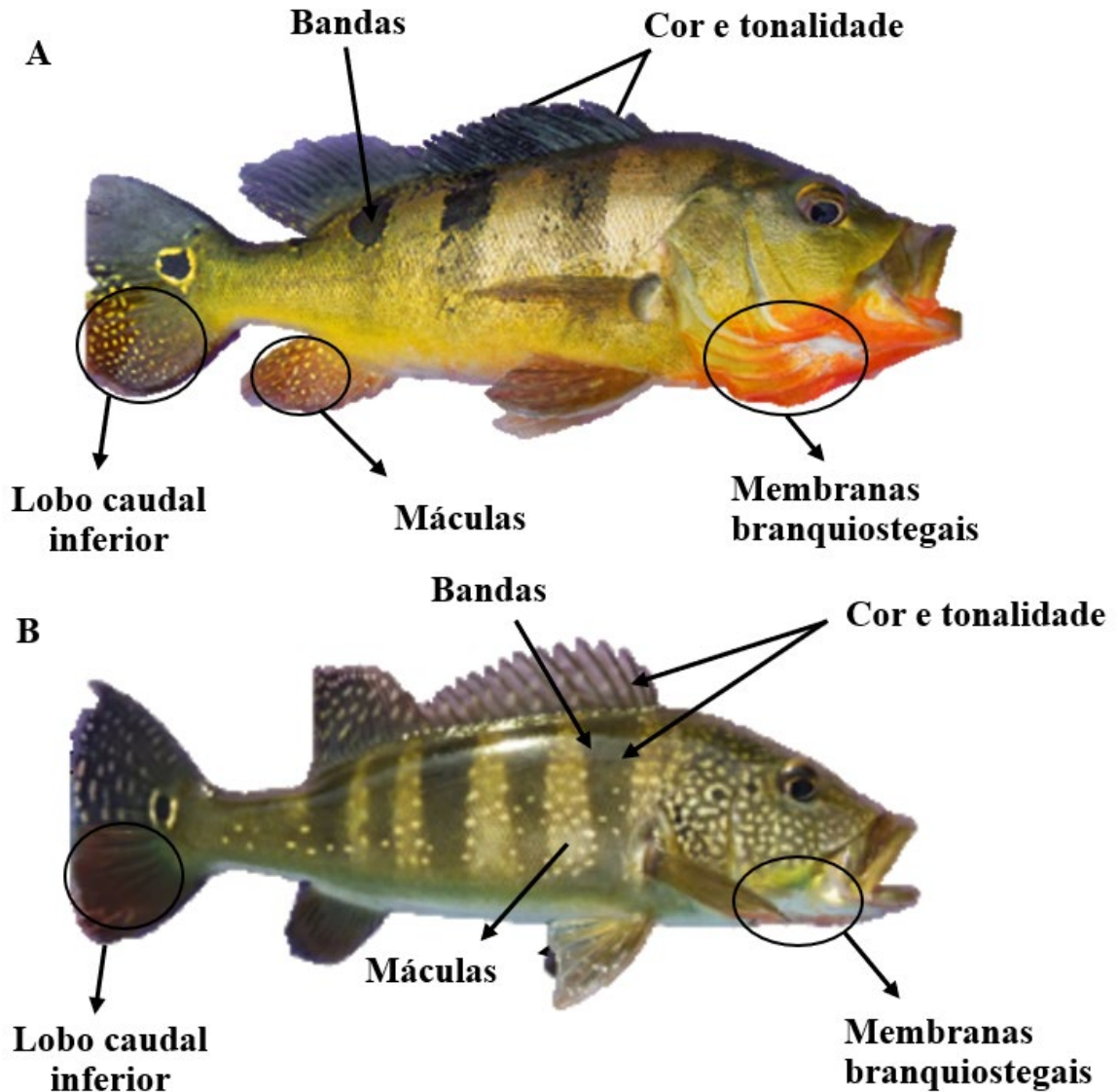
A coleta de dados prosseguiu da seguinte maneira, primeiramente houve a captura dos indivíduos a qual foi realizada utilizando barco de pesca, iscas artificiais (superfície), vara e carretilha. Imediatamente após a captura de cada indivíduo, o mesmo foi fotografado com uma câmera digital Sony Cyber-shot (DSC-W70) ou Nikon Coolpix (L315). A captura das imagens aconteceu em ambiente externo com iluminação natural e sem uso de *flash*, a uma distância vertical aproximada de 50 cm do peixe. As fotografias foram obtidas no modo automático, e os peixes foram posicionados sobre um painel de borracha azul marinho ou preto (PELICICE et al., 2022). Em seguida, foi registrado em uma tabela de campo aspectos gerais da coloração e tonalidade do corpo e nadadeiras, bem como a presença ou ausência de máculas. Logo após a tomada de dados, os indivíduos foram armazenados em uma caixa térmica com gelo. Em seguida, após o campo, os indivíduos capturados foram devidamente armazenados em um

freezer e, posteriormente, levados ao laboratório de Ecologia e Triagem do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação (PPGBEC) da Universidade Federal do Tocantins. Ainda campo, de modo qualitativo foram tomados dados ambientais no momento de cada captura, como localização do ponto de coleta, transparência d'água utilizando disco de *Secchi*, período do ano e tipos de *habitats* (macrófitas, galhadas e margens) por meio de observação.

Após a captura dos indivíduos, procedeu-se ao processamento dos dados biométricos em laboratório, onde foram registradas as seguintes informações: o comprimento total, medido da cabeça à extremidade da nadadeira caudal (cm); o peso total e o peso da carcaça eviscerada (gr); o grau de repleção dos estômagos, classificado em quatro categorias: GR 0 (0% de preenchimento estomacal), GR 1 (1–25% de preenchimento com alimento), GR 2 (26-75% de preenchimento) e GR 3 (76-100% de preenchimento); o peso da gordura visceral (gr); o sexo dos indivíduos (macho ou fêmea); o peso das gônadas (gr); e o estágio de maturação gonadal, categorizado como imaturo (IMAT), em desenvolvimento (DEVE), regredindo (REGR) ou regenerando (REGE) (MARTO et al., 2015). E ainda foram analisados um acervo amplo de fotografias para definir os padrões de coloração observados.

Os critérios para a detecção de padrões de coloração e tonalidades foram definidos por meio de uma análise cromática prévia dos indivíduos coletados entre 2010 e 2023. Através de registros fotográficos dos espécimes capturados ao longo desse período, foi possível estabelecer uma análise consistente dos padrões de coloração nas respectivas populações. Os caracteres considerados incluíram a cor do corpo, tonalidade, presença ou ausência de máculas no corpo e nas nadadeiras, pigmentação destacada no lobo caudal (lobo inferior), quantidade de bandas, e a presença ou intensidade de pigmentação nas membranas branquiostegais (podendo ser ausente, inconspícua ou conspícua). Uma vez identificados esses padrões, as conclusões obtidas foram aplicadas na análise dos indivíduos coletados no intervalo de 2019 a 2020 para caracterizar a variação cromática das populações de *C. kelberi* e *C. piquiti* (Figura 3 A e B).

Figura 3 Características fenotípicas selecionadas para o estudo nas populações de *Cichla kelberi* (A) e *C. piquiti* (B).



Fonte: BORGES, L. E. O. (2024)

Para *C. kelberi*, categorizamos as seguintes variáveis: cor do corpo em amarelo e não-amarelo (indivíduos que fogem o padrão amarelo, com cores como cinza, verde, preto), tonalidade clara e escura, presença ou ausência de máculas no corpo e nas nadadeiras, quantidade de bandas, pigmentação nas membranas branquiais (ausente, inconspícua e conspícua) e também pigmentação no lobo caudal inferior (Tabela 1; Figura 4).

Para *C. piquiti*, foram categorizadas as seguintes variáveis: cor do corpo cinza/prateado e amarelo, tonalidade azul e não azul, presença ou ausência de máculas no corpo e nas

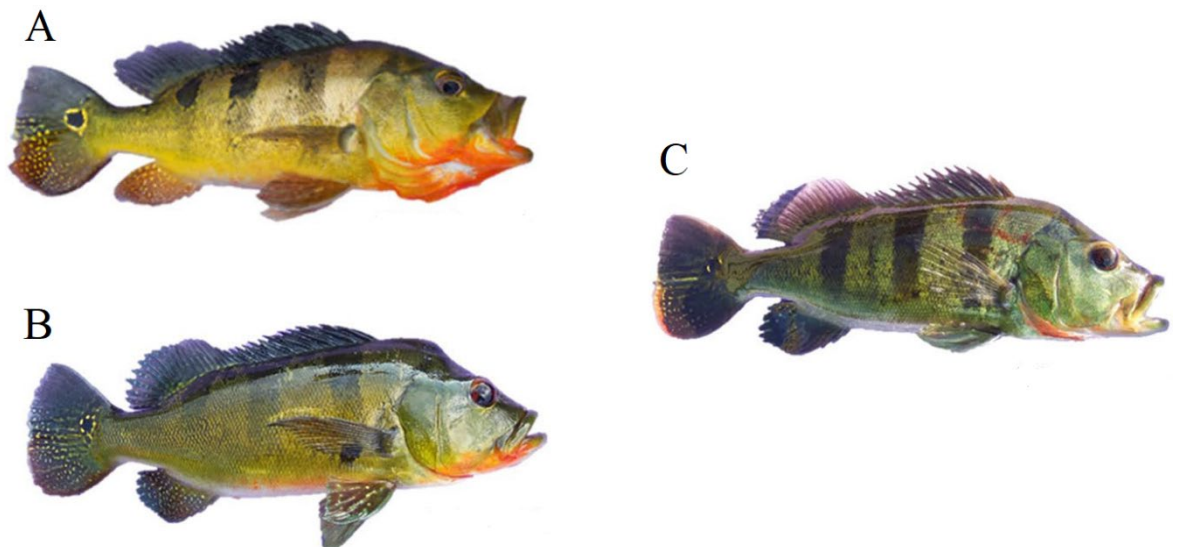
nadadeiras, quantidade de bandas, pigmentação nas membranas branquiais (ausente, inconspícua e conspícua) e também pigmentação no lobo caudal inferior (Tabela 1; Figura 5).

Tabela 1: Variáveis estabelecidas para categorização dos indivíduos de *Cichla kelberi* e *C. piquiti*.

	<i>C. kelberi</i>	<i>C. piquiti</i>
Cor do Corpo	Amarelo	Azul
	Não Amarelo	Não Azul
Tonalidade	Claro	Claro
	Escuro	Escuro
Máculas no corpo	Presente	Presente
	Ausente	Ausente
Máculas nas nadadeiras	Presente	Presente
	Ausente	Ausente
Quantidade de bandas	3	5
	4	6
Pigmentação nas membranas branquiais	Ausente	Ausente
	Conspícua	Conspícua
	Inconspícua	Inconspícua
Pigmentação no lobo caudal inferior	Presente	Presente
	Ausente	Ausente

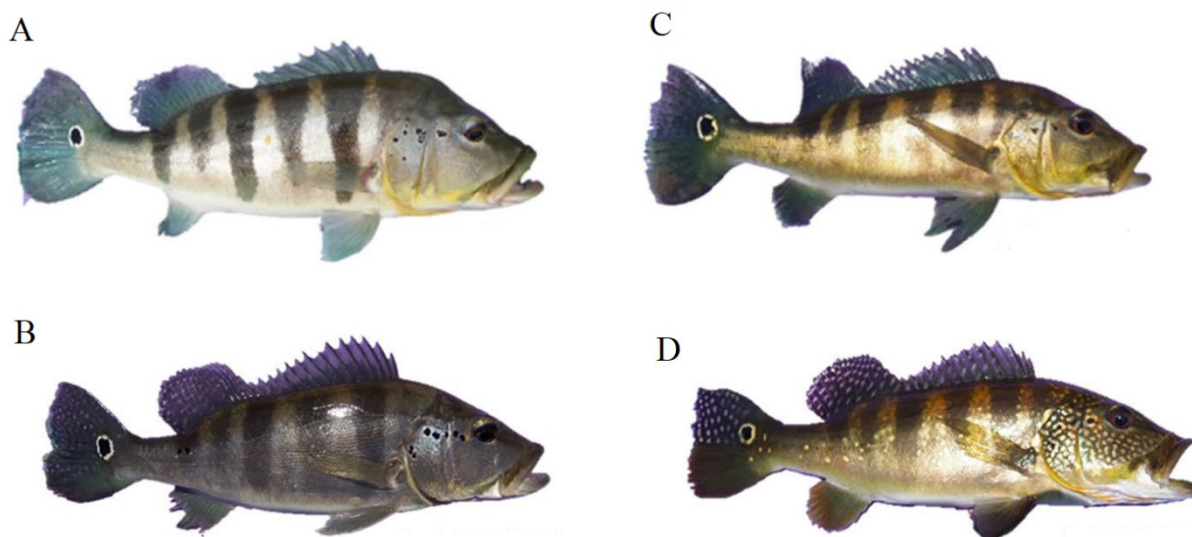
Fonte: BORGES, L. E. O. (2024)

Figura 4: Variação no padrão de coloração em *Cichla kelberi* de peixes capturados na região montante do reservatório de Lajeado, rio Tocantins.



Fonte: PELICICE, F. M. (2022)

Figura 5: Variação nos padrões de coloração *Cichla piquiti* de peixes capturados na região montante do reservatório de Lajeado, rio Tocantins.



Fonte: PELICICE, F. M. (2022)

3.3 Análise dos dados

Com o objetivo de compreender as influências dos fatores abióticos e bióticos nos padrões de coloração de *C. kelberi* e *C. piquiti*, realizamos uma análise de componentes principais (PCA) utilizando o software PAST versão 4.13. Para o processamento dos dados, transformamos as variáveis qualitativas em dados binários, substituindo por exemplo, ausência e presença por 0 e 1, respectivamente. Durante a realização da PCA, optamos por utilizar a matriz de correlação. Após a execução da PCA, um gráfico de dispersão foi gerado e posteriormente utilizado para discriminar a influência das variáveis bióticas e abióticas. Em seguida, realizamos uma Análise de Variância Permutacional Multivariada (PERMANOVA) com o objetivo de compreender se existem diferenças dentro de cada características das variáveis estudadas (abiótica e biótica). Além disso, realizamos uma análise de dispersão multivariada (PERMDISP) para investigar se a variação entre os grupos é a mesma. Para ambas as análises (PERMANOVA e PERMDISP), foram consideradas a distância euclidiana.

Para investigar as influências dos fatores ambientais no padrão de coloração de *Cichla kelberi* e *C. Piquiti* foram considerados os seguintes fatores: estação (seca ou chuvosa) e transparência d'água. Para padronizar os dados referentes à transparência da água foi calculada uma média de três medidas do disco de *secchi*, posteriormente, esses dados foram divididos em 4 classes para *C. kelberi* e em 5 classes para *C. piquiti*, com intervalo variando entre 50 cm.

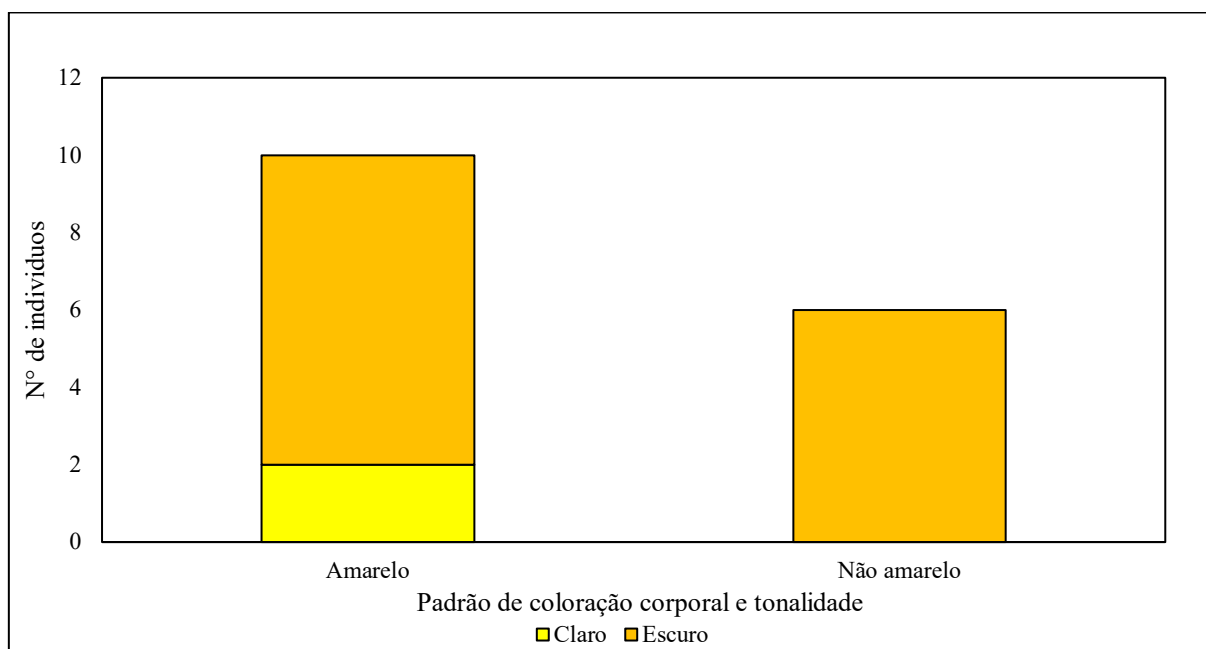
Para investigar a influência dos fatores biológicos no padrão de coloração de *C. kelberi* e *C. Piquiti* foram considerados os seguintes dados: maturação, sexo, comprimento total e grau de repleção estomacal. Os dados referentes ao comprimento foram divididos em três classes para *C. kelberi* com intervalo variando entre 3 cm, e cinco classes para *C. piquiti* com intervalo variando entre 10 cm.

4 RESULTADOS

4.1 Padrões de coloração em *Cichla kelberi*

Ao longo do período de estudo, realizamos a captura de 16 espécimes de *Cichla kelberi*, sendo 4 fêmeas e 12 machos, todos categorizados como adultos, de comprimento médio de 26,7 cm e peso médio de 276,4 g. No que se refere ao padrão de coloração corporal, destaca-se a notável predominância de exemplares com coloração não amarela e tonalidade escura na população. Uma observação interessante é que apenas dois espécimes, ambos machos, apresentaram tonalidades claras, marcando exceção em relação à maioria, que exibiu tonalidades mais escuras (Figura 6). Quando a matriz binária foi submetida à Análise de Componentes Principais (PCA) os dois primeiros componentes principais 1 e 2 juntos explicam 71,3% da variância dos dados (Tabela 1; Tabela 2).

Figura 6: Padrão de coloração e tonalidade de *Cichla kelberi*.



Fonte: BORGES, L. E. O. (2024)

O primeiro eixo da PCA (44,49%; Tabela 1) sumarizou um gradiente de cor no corpo e pigmentação no lobo caudal inferior. O segundo eixo (26,87%; Tabela 1) foi influenciado pela pigmentação destacada nas membranas branquiostegais (Tabela 2; Figura 7). A análise revelou dois padrões distintos na população estudada: peixes com cor do corpo não amarela e coloração conspícua nas membranas branquiostegais (à esquerda), e peixes com cor do corpo amarela, máculas na nadadeira, pigmentação no lobo caudal inferior e pigmentação inconspícua nas membranas branquiostegais (à direita do eixo 1) (Figura 7). Nos gráficos resultantes da PCA, a

presença de tonalidade e máculas no corpo é notória, mas ambas têm pouco significado nas análises. A tonalidade escura está presente em mais de 85% da população, tornando-se uma variável pouco significativa. Quanto à mácula no corpo, apesar de estar presente na PCA, sua importância é nula, já que não foi registrado nenhum caso em *C. kelberi*.

Tabela 2: Índice de variância dos componentes principais de *Cichla kelberi*.

PC	% Variância
01	44.498
02	26.876
03	12.062
04	8.5959
05	6.192
06	1.7751
07	1.1456E-31

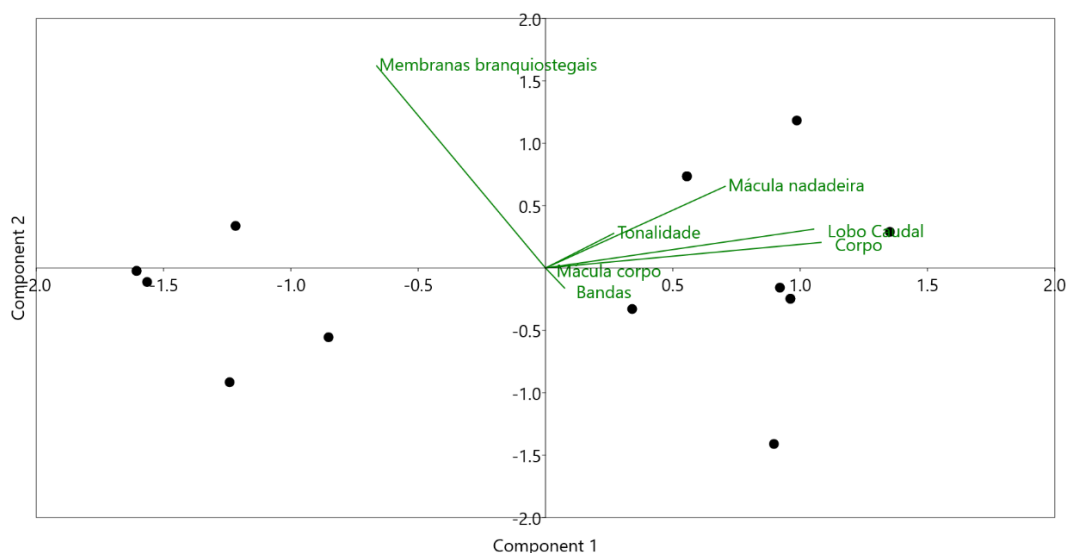
Fonte: BORGES, L. E. O. (2024)

Tabela 3: Autovalores dos componentes principais 1 e 2 de *Cichla kelberi* com relação aos atributos analisados.

Atributos	CP 1	CP 2
Corpo	0,59622	0,1131
Tonalidade	0,14749	0,15279
Mácula corpo	-5,96E-14	8,90E-13
Mácula nadadeira	0,38872	0,36056
Lobo Caudal	0,5801	0,17164
Bandas	0,041371	-0,088876
Membranas branquiostegais	-0,36529	0,89247

Fonte: BORGES, L. E. O. (2024)

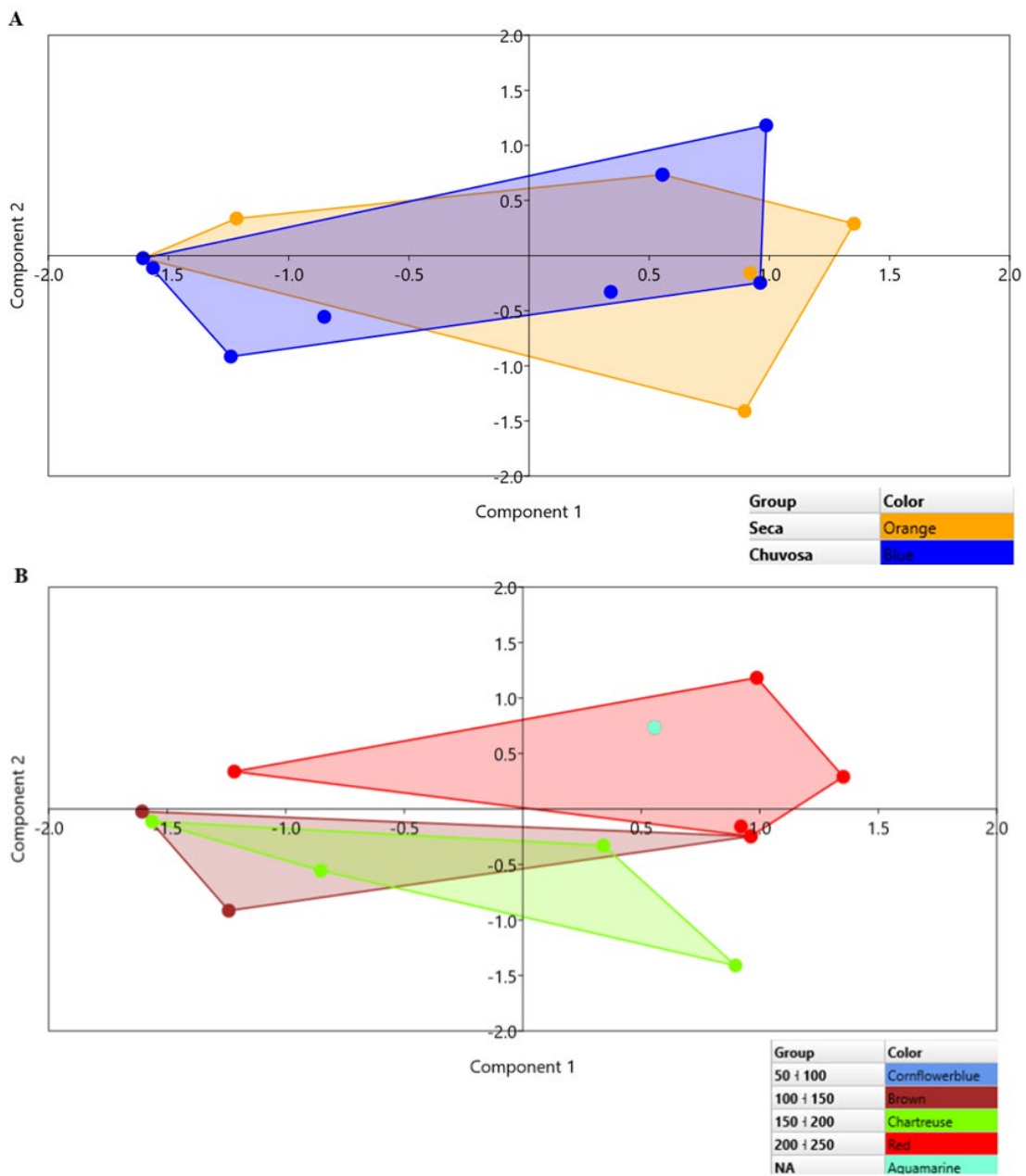
Figura 7: Dispersão dos dados de componentes principais (PCA) de *Cichla kelberi*.



Fonte: BORGES, L. E. O. (2024)

No que se refere às variáveis abióticas, estação do ano (PERMANOVA $F= 0,4842$; $p= 0,7781$) e a transparência d'água (PERMANOVA $F= 0,9801$; $p= 0,4898$), nenhuma das variáveis apresentaram um efeito nos padrões de coloração de *C. kelberi*. A dispersão dos dados também foi semelhante entre os grupos considerando a estação do ano (PERMDISP $F= 0,02575$; $p= 0,8734$) e a transparência da água (PERMDISP $F= 2,969$; $p=0,077$) (Figura 8).

Figura 8: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de *C. kelberi* de acordo com as estações do ano (A) e transparência da água (B).

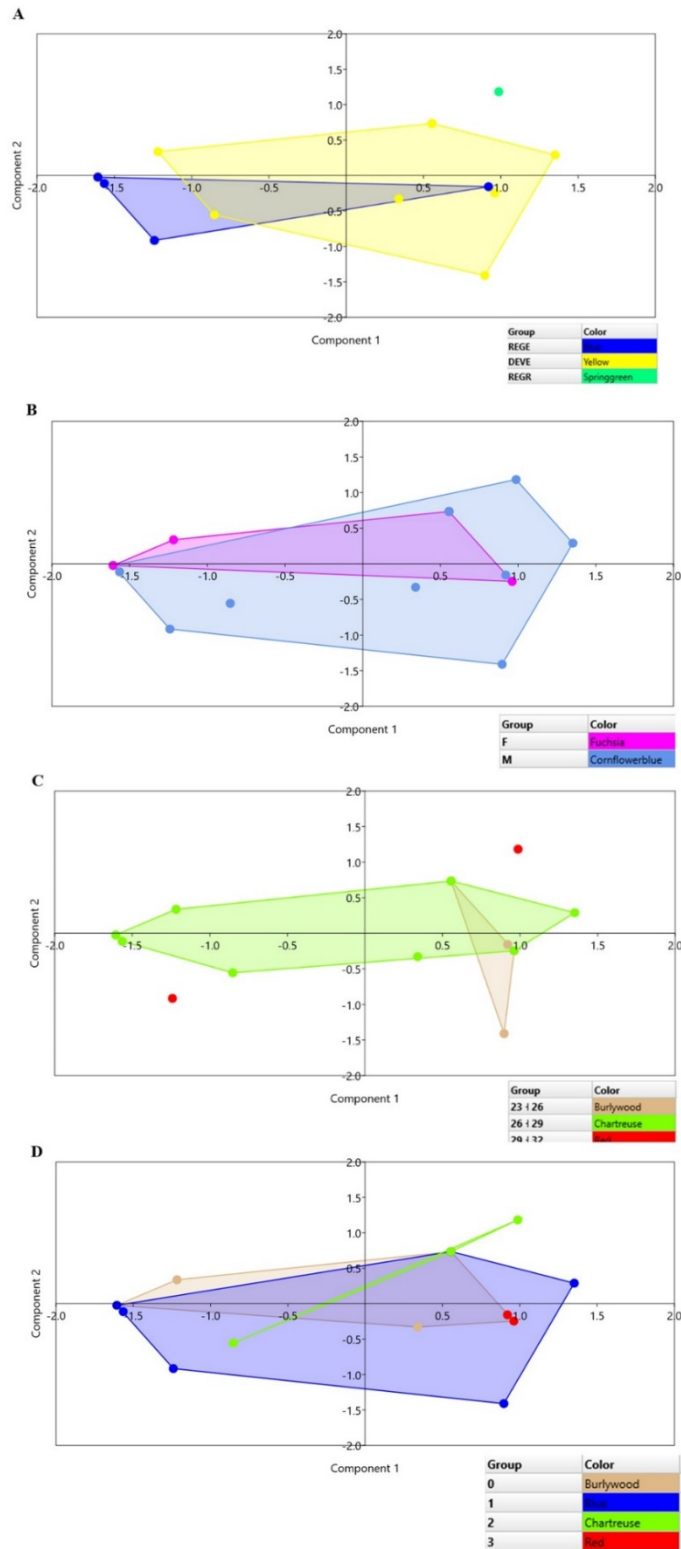


Fonte: BORGES, L. E. O. 2024

Quanto às variáveis bióticas, apenas o estágio de maturação gonadal teve um impacto significativo nos padrões de coloração de *C. kelberi* (PERMANOVA $F=2,354$; $p=0,0158$). Indivíduos em desenvolvimento (DEVE) e em regressão (REGR) exibem um padrão de corpo amarelo, com máculas nas nadadeiras, pigmentação evidente no lobo caudal inferior e uma pigmentação inconspícua nas membranas branquiostegais. Por outro lado, os indivíduos em regeneração (REGE) mostram um padrão de coloração corporal não amarelo e uma coloração conspícua nas membranas branquiostegais.

Em contraste, as demais variáveis sexo (PERMANOVA $F=0,5122$; $p=0,7813$), comprimento (PERMANOVA $F=1,216$; $p=0,3018$) e grau de repleção estomacal (PERMANOVA $F=0,8023$; $p=0,6444$) não demonstraram influência nos padrões cromáticos. A dispersão dos dados variou entre os grupos nas variáveis de estágio de maturação gonadal (PERMDISP $F= 4,967$; $p=0,0351$) e grau de repleção estomacal (PERMDISP $F= 5,843$; $p= 0,0098$), enquanto foi semelhante nas variáveis sexo (PERMDISP $F=0,7122$; $p= 0,4087$) e comprimento (PERMDISP $F: 1,149$; $p= 0,332$).

Figura 9: Agrupamentos formados pela Análise de Componentes Principais de *C. kelberi* considerando as variáveis: **A** (estádio de maturação gonadal), **B** (sexo), **C** (Comprimento) e **D** (grau de repleção estomacal).

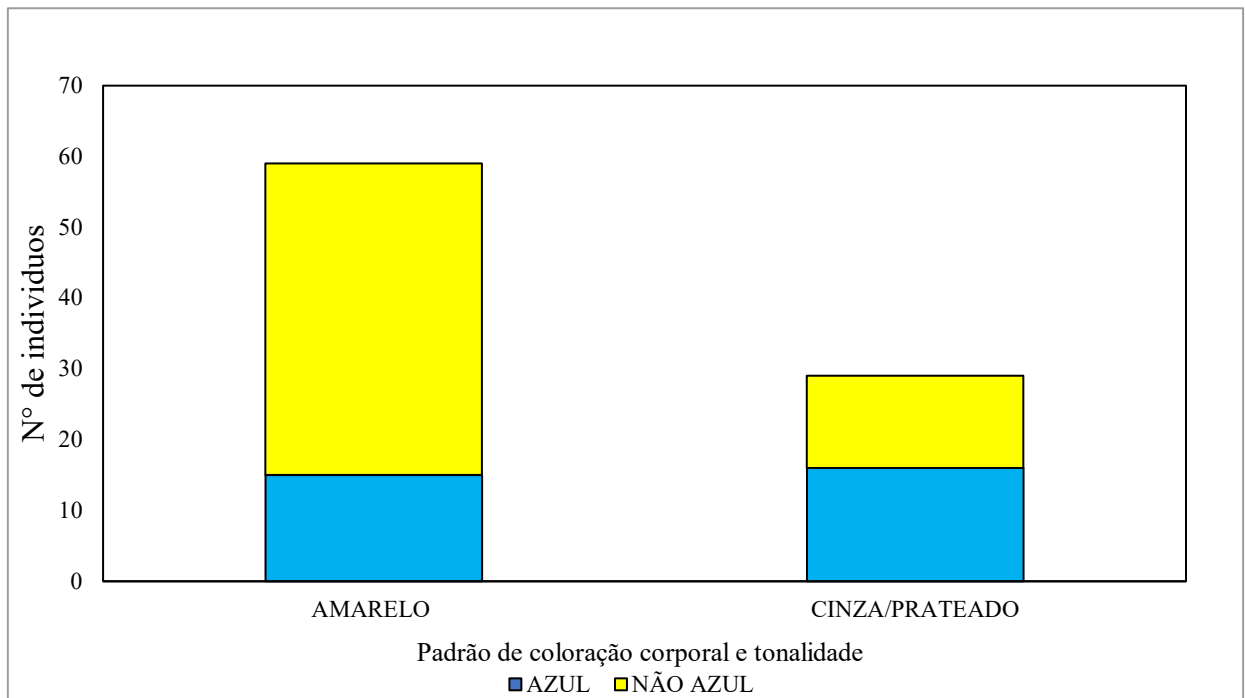


Fonte: BORGES, L. E. O. 2024

4.2 Padrões de coloração em *Cichla piquiti*

Realizamos a captura de 88 exemplares de *Cichla piquiti*, dos quais 44 eram fêmeas e 44 eram machos, com uma população predominantemente adulta, entretanto com alguns indivíduos juvenis (Figura 14), com comprimento e peso médio de 30,79 centímetros e 425,24 gramas respectivamente. A análise revelou dois distintos padrões de coloração corporal na população: um grupo apresentando coloração corporal amarela e outro com cinza/prateado. Notavelmente, os indivíduos com coloração amarela, em sua maioria, exibiam tonalidades não azuis, enquanto os exemplares com coloração corporal cinza/prateado predominavam com tonalidades azuis (Figura 10). Os gráficos gerados a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) afim de compreender como se dá os padrões cromáticos de *C. piquiti* são associados aos componentes principais 1 e 2, visto que a soma das duas variáveis explicam 47,24 % da variância dos dados (Tabela 4; Tabela 5).

Figura 10: Padrão de coloração corporal e tonalidade de *Cichla piquiti*.



Fonte: BORGES, L. E. O. (2024)

Tabela 4: Índice de variância dos componentes principais de *Cichla piquiti*.

PC	% Variância
01	30.011
02	17.235
03	15.539
04	11.763
05	11.026
06	7.9076
07	6.5202

Fonte: BORGES, L. E. O. (2024)

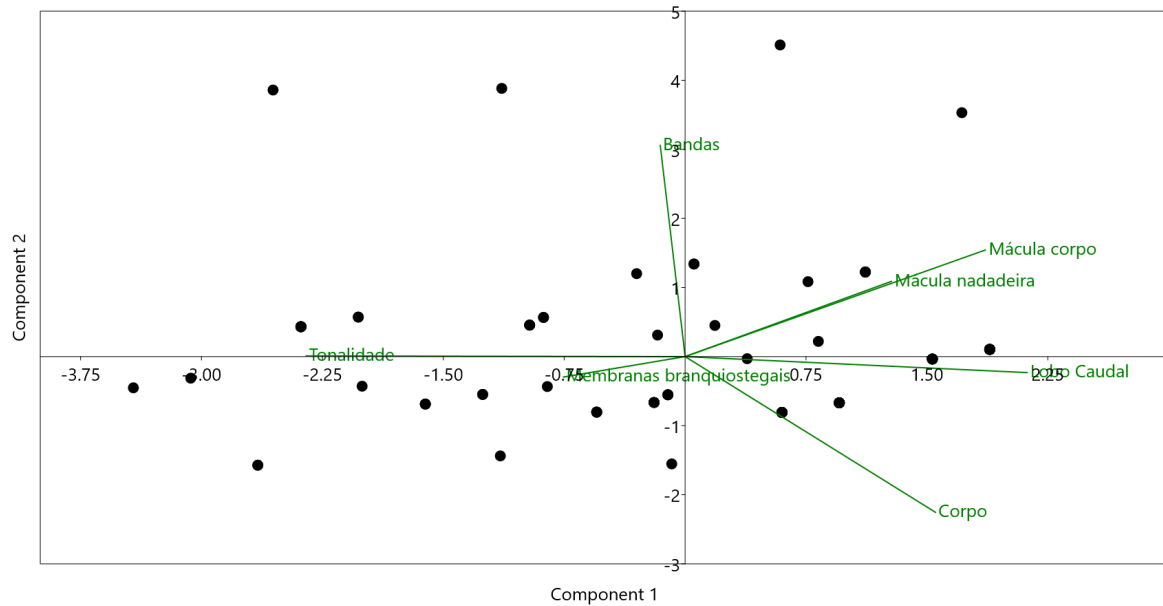
O primeiro eixo da PCA (30,01%; Tabela 4) sumarizou um gradiente de cor no corpo, máculas no corpo e na nadadeira. O segundo eixo (17,23%; Tabela 4) é influenciado pela quantidade de bandas. A análise de componentes principais (PCA) revela dois padrões distintos: peixes com corpo cinza/prateado, tonalidade azul, sem máculas no corpo e com pigmentação destacada nas membranas branquiostegais (à esquerda); e peixes com corpo amarelo, tonalidade não azul, presença de máculas no corpo, pigmentação destacada no lobo caudal e ausência de pigmentação nas membranas branquiostegais (à direita do eixo 1) (Figura 11).

Tabela 5: Autovalores dos componentes principais 1 e 2 de *Cichla kelberi* com relação aos atributos analisados.

Atributos	PC 1	PC 2
Corpo	0.36478	-0.52945
Tonalidade	-0.55203	0.0023639
Mácula corpo	0.43724	0.36221
Mácula nadadeira	0.30049	0.25576
Lobo Caudal	0.498	-0.054373
Bandas	-0.03624	0.71784
Membranas branquiostegais	-0.17721	-0.069441

Fonte: BORGES, L. E. O. (2024)

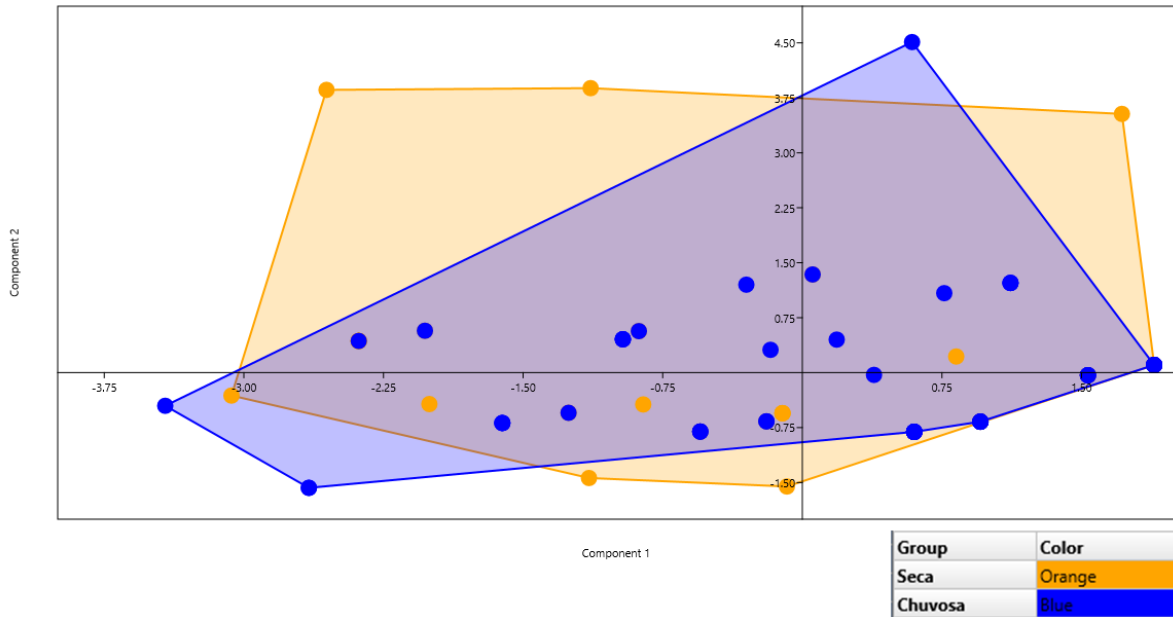
Figura 11: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de *Cichla piquiti*.



Fonte: BORGES, L. E. O. (2024)

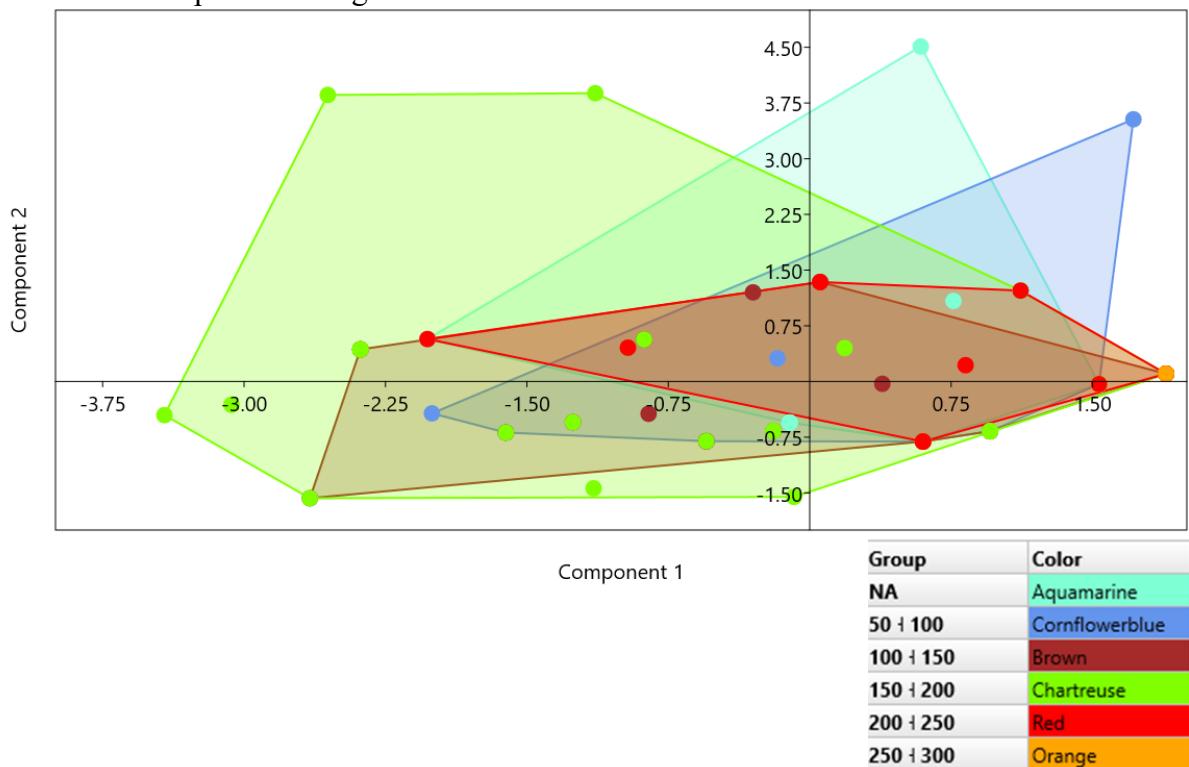
No que se refere às variáveis abióticas, apenas a variável estação do ano teve efeito significativo nos padrões de coloração de *C. piquiti* (PERMANOVA $F=2,383$; $p=0,0429$; Figura 12). No entanto, a dispersão dos dados foi semelhante entre os grupos (PERMDISP $F=3,359$; $p=0,0724$) como ilustrado na Figura 12, os indivíduos capturados durante a estação chuvosa apresentaram uma tendência de um padrão corporal cinza/prateado, tonalidade azul e uma pigmentação conspícua nas membranas branquiostegais, ao passo que os indivíduos capturados na estação seca aparentam não possuir um padrão definido.

Figura 12: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de *C. piquiti* de acordo com a estações do ano.



Fonte: BORGES, L. E. O. 2024

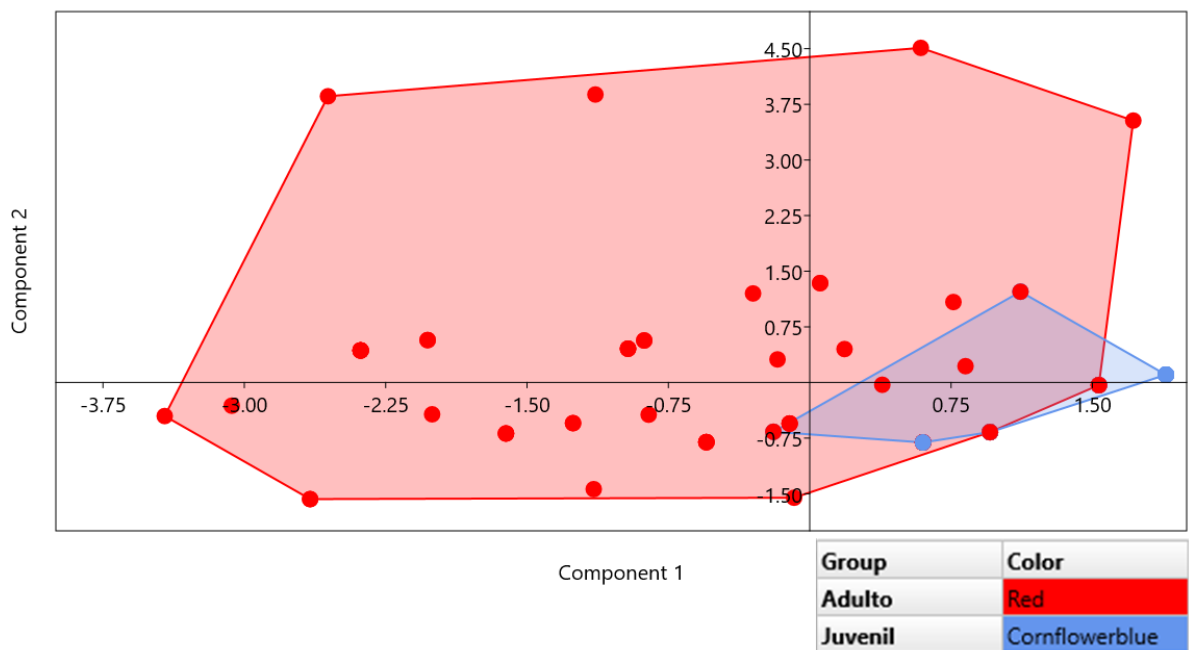
Figura 13: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de *C. piquiti* de acordo com a transparência d'água.



Fonte: BORGES, L. E. O. 2024

Os resultados indicam que a variável biótica "estágio de vida" tem um efeito significativo nos padrões de coloração de *C. piquiti* (PERMANOVA $F=11,28$; $p=0,0001$). A dispersão dos dados revela diferenças entre os grupos, considerando as estágio de vida adulto e juvenil (PERMDISP $F=89,14$, $p=0,0001$). Observa-se que os indivíduos juvenis apresentam um padrão de coloração corporal amarelo, com uma tonalidade não azul, máculas no corpo e uma pigmentação destacada no lobo caudal inferior (Figura 14).

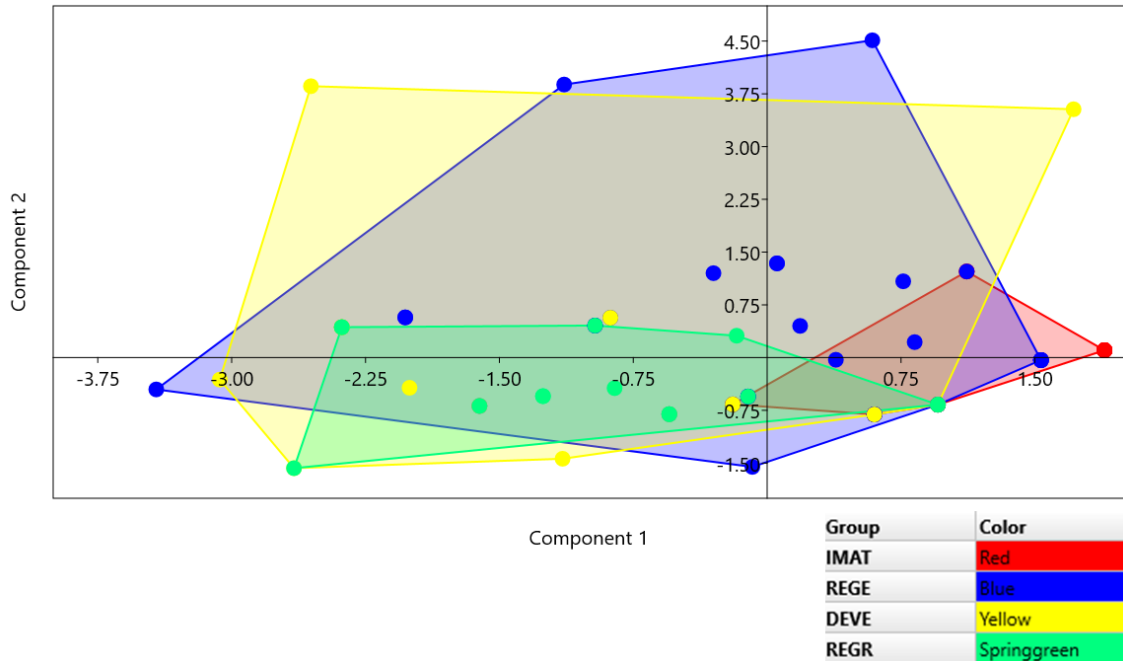
Figura 14: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de *C. piquiti* de acordo com a estágio de vida adulto ou juvenil.



Fonte: BORGES, L. E. O. 2024

Em relação a variável "estádio de maturação gonadal" a mesma possui um efeito significativo nos padrões de coloração de *C. piquiti* (PERMANOVA $F=5,573$; $p=0,0001$). A dispersão dos dados mostra diferenças entre os grupos (PERMDISP $F=22,68$; $p=0,0001$). Indivíduos imaturos e em processo de regeneração (IMAT; REGE) exibem um padrão de coloração corporal amarela, tonalidade não azul, com pigmentação no lobo caudal inferior e máculas nas nadadeiras. Já os indivíduos em regressão e em desenvolvimento (REGE; DEVE) apresentam um padrão de coloração corporal cinza/prateado, tonalidade azul e uma coloração conspícua nas membranas branquiostegais (Figura 15).

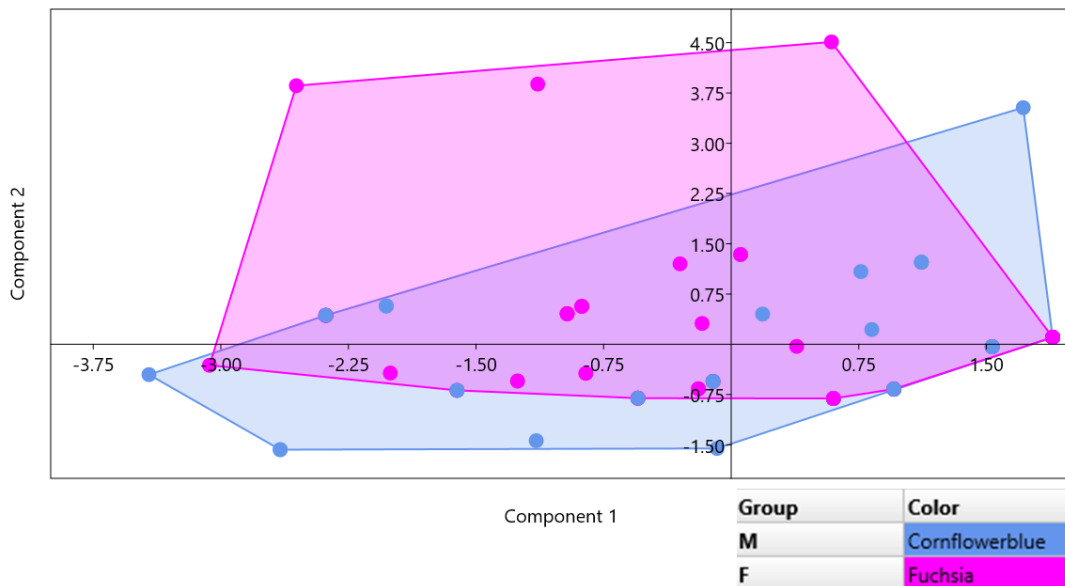
Figura 15: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de *C. piquiti* de acordo com o estágio de maturação gonadal.



Fonte: BORGES, L. E. O. 2024

No que diz respeito à variável “sexo” observamos que não há um efeito significativo nos padrões de coloração de *C. piquiti*. (PERMANOVA $F= 0,6961$; $p=0,6199$). A dispersão dos dados também foi semelhante entre os grupos (PERMDISP $F= 0,2244$; $p=0,6328$) (Figura 16).

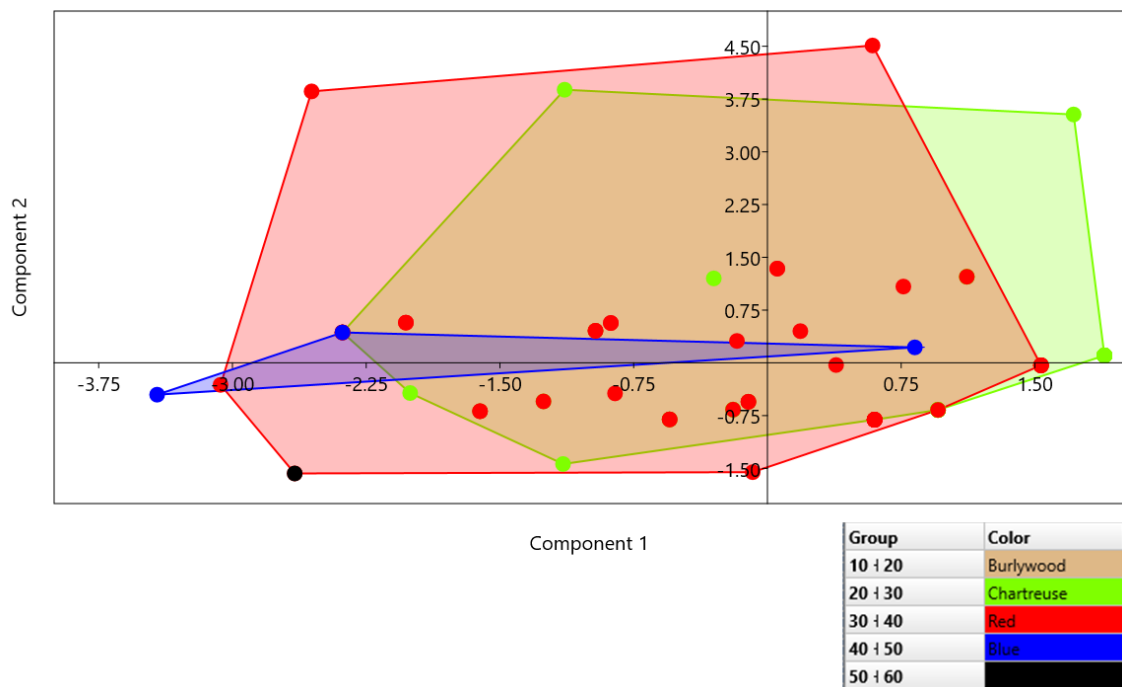
Figura 16: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de *C. piquiti* de acordo com o sexo.



Fonte: BORGES, L. E. O. 2024

Com relação à variável biótica “comprimento” a mesma tem efeito significativo nos padrões de coloração de *C. piquiti* (PERMANOVA $F=2,932$; $p=0,0001$). A dispersão dos dados revela diferenças entre os grupos (PERMDISP $F=2,932$; $p=0,0001$). Indivíduos com comprimento entre 10 a 30 centímetros exibem coloração corporal amarela, tonalidade não azul, pigmentação no lobo caudal inferior e máculas nas nadadeiras. Em contraste, espécimes com comprimento superior a 30 centímetros apresentam coloração corporal predominantemente cinza/prateada, com tonalidade azul e pigmentação conspícua nas membranas branquiostegais (Figura 17).

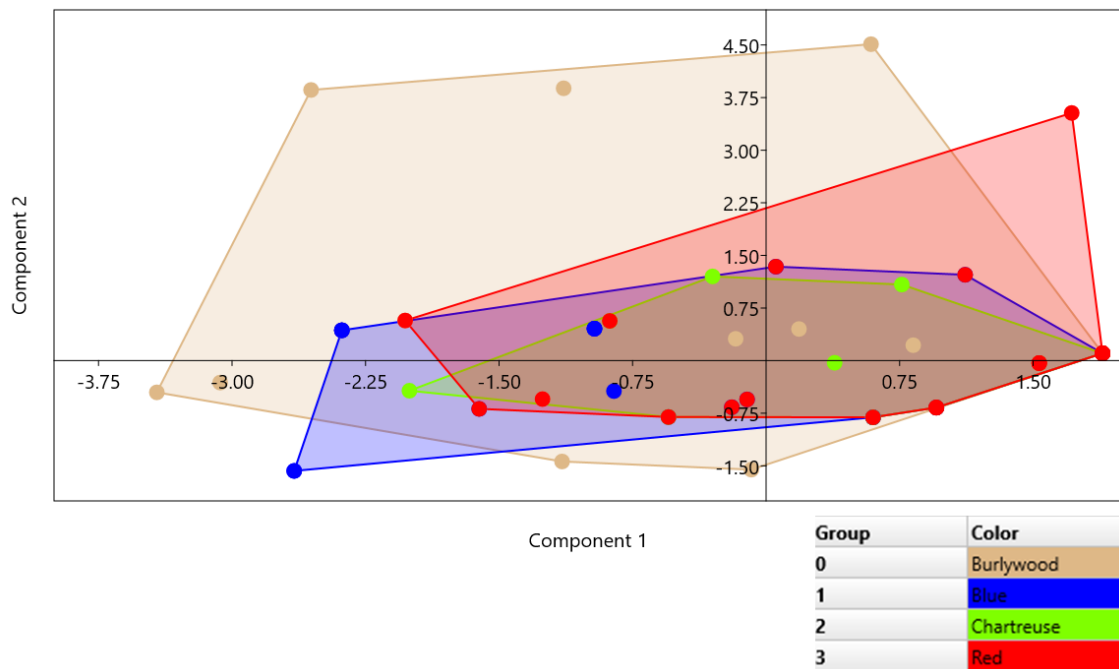
Figura 17: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de *C. piquiti* de acordo com o comprimento.



Fonte: BORGES, L. E. O. 2024

Em relação ao grau de repleção estomacal, não é notável um efeito significativo nos padrões de coloração de *C. piquiti*. (PERMANOVA $F= 1,62$, $p= 0,0727$), a dispersão dos dados foi semelhante entre os grupos ($F= 2,599$, $p= 0,0616$) (Figura 18).

Figura 18: Resultado da PCA discriminando os escores dos indivíduos de *C. piquiti* de acordo com o grau de repleção estomacal.



Fonte: BORGES, L. E. O. 2024

5 DISCUSSÃO

Diversos fatores de ordem biológica e ambiental exercem pressão sob o padrão de coloração e, em muitos casos, observa-se que esse padrão está diretamente vinculado aos ciclos reprodutivos incluindo a atração sexual, competição e à comunicação social (SEEHAUSEN et al., 1999; DIJKSTRA et al., 2008; JHON et al., 2021). Portanto, compreender os mecanismos que regulam os padrões de coloração é de fundamental importância para entender a biologia da espécie (MAAN & SEFC, 2013), desse modo o presente estudo se propôs descrever o padrão de coloração das espécies *Cichla kelberi* e *C. piquiti* em suas áreas de distribuição natural, na bacia Tocantins-Araguaia. Além da descrição do padrão de coloração, explorarmos os mecanismos ambientais (estação; transparência d'água) e biológicos (estádio de maturação gonadal, sexo, comprimento, grau de repleção estomacal) que podem estar associados a essa diversidade cromática. Embora tradicionalmente reconhecidos como tucunaré-amarelo (*C. kelberi*) e tucunaré-azul (*C. piquiti*), o estudo revelou uma variedade de cores e tons dentro das populações, cabendo destaque a *C. kelberi* que apresentou indivíduos exibindo colorações que variavam desde o amarelo até o negro. Por outro lado, *C. piquiti* também demonstrou uma diversidade cromática, porém com cores e tons mais claros que seu congêneres, como amarelo e cinza/pateado (PELICICE et al., 2022)

A população de *C. kelberi* foi caracterizada por um tamanho amostral relativamente baixo, composto por apenas 16 indivíduos (12 machos e 4 fêmeas), dessa forma os resultados apresentados podem ter sido influenciados pelo n amostral baixo, não refletindo um resultado conciso em toda a população. *Cichla kelberi* apresenta uma população com padrões de cores e tons escuros (KULLANDER & FERREIRA 2006; WINEMILLER, 2020) sendo o padrão não-amarelo com tonalidades escuras o mais comum. Dos exemplares capturados, apenas dois indivíduos apresentaram uma tonalidade clara, ambos machos, tonalidade essa, possivelmente pode estar associada mudanças hormonais, sendo expressada como um meio de comunicação social da espécie (CASTILLO et al., 2012; JHON et al., 2021). Apesar de possuir um policromatismo mais intenso, a análise não revelou associações significativas com as variáveis ambientais e biológicas estudadas, exceto a variável ao estágio de maturação gonadal, indicando que a espécie possui adaptações específicas ao longo dos diferentes estágios de vidas do ciclo reprodutivo (REISS et al., 2012). *Cichla kelberi* não apresenta máculas no corpo, apenas na nadadeira. A falta de exemplares juvenis ou imaturos de *C. kelberi* impede a confirmação se essa característica é fenotípica da espécie.

Cichla piquiti demonstrou superioridade em termos de abundância quando comparada ao seu congênere, *C. kelberi*, totalizando 88 indivíduos distribuídos de maneira equitativa entre machos e fêmeas. Essa disparidade pode ser atribuída à dominância de *C. piquiti* no reservatório da UHE Lajeado (ANDRADE et al., 2022). A população é predominantemente composta por espécimes adultos, embora alguns exemplares juvenis também estejam presentes, estes, caracterizados por um padrão opaco, algo comum no gênero *Cichla* (WINEMILER 2020). Os juvenis normalmente são cinza/paca (com o corpo coberto de máculas), e apresentam o corpo e nadadeiras coberto de máculas, mas às vezes exibem tons amarelos como uma possível defesa contra o canibalismo (ZARET 1977). Essa coloração paca é prevalente antes da primeira maturação e tende a se esvaír à medida que os indivíduos crescem e atingem a maturidade sexual (KULLANDER & FERREIRA 2006; REISS et al., 2012) com adultos exibindo padrões que variam do cinza ao bege, amarelo, bronze e verde (WINEMILER 2020).

Em relação às variáveis analisadas, não foram identificados efeitos significativos nos padrões de coloração, tanto em relação a variáveis abióticas, como a transparência da água, quanto a variáveis bióticas, como o sexo e o grau de repleção estomacal. Dessa forma, embora pertencentes à família dos ciclídeos, os exemplares analisados não apresentaram relação com a transparência da água, diferentemente de outros ciclídeos neotropicais (e.g., DEPRÁ et al., 2014; GILBERT et al., 2020), por se tratar de um ambiente represado o mesmo não apresenta variações significativas na transparência d'água. Acerca da variável sexo, os resultados alinham-se com os de REISS et al., (2012) que, em uma investigação semelhante com *C. temensis*, nos rios Igapó e Caure, não encontraram associação entre a variação no padrão de cor (CPV) e as características dos testículos e ovários. Além disso, embora a coloração de muitas espécies de peixes esteja associada à dieta (e.g., PRICE et al., 2008; DEPRÁ et al., 2014; MAAN & SEFC 2013), não encontramos associação em *C. kelberi* nem em *C. piquiti*.

No que diz respeito à estação do ano, observa-se que *C. piquiti* apresenta um padrão durante a estação chuvosa, caracterizado por uma coloração corporal cinza/prateada com tonalidade azul. Este fenômeno coincide com um aumento notável nos registros de indivíduos sexualmente maduros (VIEIRA et al., 2009; MARTO et a., 2015; WINEMILER 2020) enquanto na estação seca observa-se um padrão não bem definido. Essa associação entre a estação do ano e o padrão de colorido indicam uma possível influência da sazonalidade, hipótese que REISS et al. (2012) haviam deixado em aberto em seu estudo, pois examinaram o padrão de *C. temensis* exclusivamente durante o período chuvoso. No que se refere aos fatores

bióticos que desempenharam um papel significativo na determinação do padrão de colorido, destacam-se a estágio de vida de desenvolvimento, o estágio de maturação gonadal e o comprimento. Essas variáveis estão associadas a alterações fisiológicas e morfológicas que ocorrem ciclicamente (REISS et al., 2012; MAAN et al., 2013; WINEMILER 2020; ZIEGELBECKER et al., 2021; PELILICE et al., 2022). Neste sentido destaca-se a importância do policromatismo para as espécies durante o período reprodutivo, com cores vibrantes atuando como sinal de alerta de predadores de ovos ou alevinos (RODRIGUES et al., 2009), aumentando das chances de sobrevivência da prole, nesse contexto, o padrão de coloração dos pais é considerado um 'refúgio' para a prole (REISS et al., 2012)

No geral, a coloração dos peixes varia entre as estágio de vidas juvenil e adulta (KULLANDER & FERREIRA 2006; WINEMILER 2020). Essas mudanças são influenciadas por carotenoides, cromatóforos e células do iridóforos, que são moduladas pelo comprimento de onda luminosa (PRICE et al., 2008; JHON et al., 2021). A escassa bibliografia para o gênero *Cichla* sugere que o policromatismo esteja associado ao crescimento e ciclos reprodutivos, conforme evidenciado em *C. temensis*, *C. kelberi* e *C. piquiti* (REISS et al., 2012; REISS & GROTHUES 2015; PELICICE et al., 2022). Portanto, embora sejam popularmente conhecidos como tucunaré-amarelo (*C. kelberi*) e tucunaré-azul (*C. piquiti*), essas espécies apresentem padrões de coloração em constante variação, desde padrões paca, escuros, cinza e amarelados (PELICICE et al., 2022). Isso sugere que a coloração isolada não se revela como uma característica confiável para sua identificação (REISS et al., 2012). A identificação de espécies com base em padrões de coloração pode ser complexa devido à ampla variação apresentada por peixes de diferentes idades, estados reprodutivos, saúde e comportamento, além das características do ambiente em que vivem (WINEMILER 2020). Contudo, ao complementar a análise de padrões de coloração com outras características morfológicas, é possível aumentar a confiabilidade na identificação das espécies.

O predominante padrão amarelo de tonalidade escura em *C. kelberi* e o amarelo de tonalidade não azul em *C. piquiti* podem potencializar a eficácia da camuflagem em ambas as espécies, o que, por sua vez, favorece seu forrageamento. Em algumas espécies de ciclídeos, a coloração e tonalidades mais escuras desempenham um papel crucial, proporcionando vantagens significativas, como aprimoramento da camuflagem no ambiente (CASTILLO et al., 2012). Além disso, pode ser utilizado como um mecanismo eficaz no contexto da comunicação intraespecífica, evitando gastos energéticos desnecessários (RODRIGUES et al., 2009). Este padrão torna-se particularmente importante em um ambiente represado (REISS et al., 2012),

uma vez que o represamento acarreta mudanças na dinâmica do rio, afetando aspectos como transparência d'água, vazão, velocidade, impactando a ecologia de todas as espécies presentes e resultando em alterações nas estratégias alimentares (GILBERT et al., 2020).

O presente estudo concentra-se na bacia Tocantins-Araguaia, entretanto, é importante ressaltar que a área em questão compreende um ecossistema represado, marcado por ações antrópicas e conseqüentemente resultando alterações na dinâmica do rio resultando na transição do regime fluvial de lóxico para lêntico, entre outros impactos (AKAMA et al., 2017; PELICICE et al., 2021). Portanto, a investigação em ambientes naturais, desempenha um papel crucial na caracterização dos padrões cromáticos da espécie em seu habitat original. Além disso, a análise de populações introduzidas é fundamental para compreender o padrão populacional das espécies em diferentes contextos. Isso se deve à marcante plasticidade fenotípica e à notável capacidade reprodutiva desses peixes, que lhes permitem se adaptar a condições adversas (GASQUES et al., 2014), podendo apresentar padrões distintos daqueles observados em seu ambiente nativo. Ademais, é relevante mencionar que este estudo não incorporou análises moleculares, ao contrário do estudo de REISS et al. (2012). Essa lacuna representa uma oportunidade para pesquisas futuras, visando fortalecer nossos dados, uma vez que dados moleculares podem nos fornecer esclarecimento se parte dessas variações podem ser explicadas pelo genótipo, com resultados mais sólidos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora popularmente conhecidos como tucunaré-amarelo (*C. kelberi*) e tucunaré-azul (*C. piquiti*), a coloração não é uma característica fixa nesses peixes, mas varia, e é associada ao seu crescimento e período reprodutivo (REISS et al., 2012; PELICICE et al., 2022). *Cichla kelberi* e *C. piquiti* exibem uma notável diversidade de padrões de coloração em suas populações, onde *C. kelberi* exibe cores e tons mais escuros, e *C. piquiti* com cores e tons mais claros (WINEMILLER 2021). O sexo não tem relação com o padrão de coloração das espécies, diferentemente do período reprodutivo. Portanto, o padrão de colocação dessas espécies assim como *C. temensis* não tem relação com o dimorfismo sexual (REISS et al., 2012). Os indivíduos juvenis apresentam padrões diferente dos adultos, geralmente paca de tons acinzentados ou amarelados, padrão esse que pode inibir o canibalismo, como já documentado por ZARRET (1977), os padrões brilhantes durante o período reprodutivo podem indicar um “porto seguro” para a prole, e sinal de alerta contra predadores de ovos e alevinos ((RODRIGUES et al., 2009; REISS et al., 2012). Dessa forma, conclui-se que o padrão de coloração é um mecanismo muito eficiente para a comunicação social, desempenhando um papel essencial na interação intraespecífica, na seleção de parceiros e na expressão de comportamentos, revelando a complexidade e importância desse fenômeno na dinâmica das espécies estudadas.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A., L. C. GOMES & F. M. PELICICE. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá, EDUEM, 501 p.
- AKAMA, A. Impacts of the hydroelectric power generation over the fish fauna of the Tocantins River, Brazil: Marabá Dam, the final blow. *Oecologia Aust.* v. 21(3). p222–231, 2017.
- ALBERT, S.; TAGLIACOLLO, V.A.; DAGOSTA, F. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. v 51 Rev. Ecology. Evolucion. Syst. p.27-53, 2020.
- ANDRADE. G. S. Abundância e distribuição de *Cichla kelberi* e *Cichla piquiti* (Cichliformes, Cichlidae) no reservatório da usina hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães, Tocantins. Monografia, Universidade Federal do Tocantins. Porto Nacional. 2018.
- ANDRADE, G. DE S.; PELICICE, F. M. Coexistence of endemic peacock basses (*Cichla*) in a Neotropical reservoir (Cichlidae: Cichliformes). *Neotropical Ichthyology*, v. 20, n. 3, 2022.
- BEECHING, S. C. Colour pattern and inhibition of aggression in the cichlid fish *Astronotus ocellatus*. *Journal of Fish Biology*, v. 47, n. 1, p. 50–58, jul. 1995.
- BEECHING, S. C. Investigating the behavioral significance of color pattern in a cichlid fish: firemouths *Thorichthys meeki* respond differently to color- manipulated video and dummy conspecifics. *Ichthyol Res*, v 64, p. 301–307, 2017.
- CHAMON, C. C. et al. Building knowledge to save species: 20 years of ichthyological studies in the Tocantins-Araguaia River basin. *Biota Neotropica*, v. 22, n. 2, 2022.
- CASTILLO CAJAS, R. F. et al. Species-Specific Relationships between Water Transparency and Male Coloration within and between Two Closely Related Lake Victoria Cichlid Species. *International Journal of Evolutionary Biology*, v. 2012, p. 1–12, 2012.
- DIJKSTRA, P. D. HEMELRIJK, C. SEEHAUSEN, O. GROOTHUIS T. G. G. Color polymorphism and intrasexual competition in assemblages of cichlid fish. *Behavioral Ecology*, v. 20, n. 1, p. 138–144, 26. 2008.

DEPRÁ, G.C. KULLANDER. S. PAVANELI. C.S. GRAÇA. W. J. A new colorful species of *Geophagus* (Teleostei: Cichlidae), endemic to the rio Aripuanã in the Amazon basin of Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 12(4): 737-746, 2014.

ELMER, K. R.; LEHTONEN, T. K.; MEYER, A. Color assortative mating contributes to sympatric divergence of Neotropical cichlid fish. *Evolution*, v. 63, n. 10, p. 2750–2757, out. 2009.

FRANA, V. A. GRAÇA, W, J. GUBIANI, E, A. KONERAT, J. T. MARGARIDO, V, T. Evidence of the color pattern variation in populations of *Gymnotus pantanal* (Gymnotiformes) from three streams in the Upper Paraná River basin, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v 9(2), p 343-350, 2011.

GASQUES, L. S.; FABRIN, T. M. C.; PRIOLI, S. M. A. P.; PRIOLI, A. J. A introdução do gênero *Cichla* [Block e Schneider, 1801] na planície de inundação do Alto Rio Paraná. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama*, v. 17, n. 4, p. 261-266, out./dez. 2014.

GILBERT, M. C., AKAMA, A., FERNANDES, C. C., & ALBERTSON, R. C. Rapid morphological change in multiple cichlid ecotypes following the damming of a major clearwater river in Brazil. *Evolutionary Applications*, 1–18. 2020.

GOMIERO, L. M. E., BRAGA, F. M. S. 2004. Feeding of introduced species of *Cichla* (Perciformes, Cichlidae) in Volta Grande reservoir, river Grande (MG/SP). *Brazilian Journal of Biology*, 64 (4): 787-795.

JHON, L. RICK, P, I. VITT, S. THÜNKEN, T. Body coloration as a dynamic signal during intrasexual communication in a cichlid fish. *BMC Zoology*, v. 6, n. 1, 1, 2021.

KORZAN, W. J. et al. Color change as a potential behavioral strategy. *Hormones and Behavior*, v. 54, n. 3, p. 463–470, ago. 2008.

KULLANDER, S. O. FERREIRA, E. J. G. A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). *Ichthyological Exploration Freshwaters*, vol. 17, no. 4, p. 289-398, 2006.

LEAL, L. B. HOEINGHAUS, D. L. COMPSON. Z. G. AGOSTINHO, A. A. FERNANDES, R. PELICICE, F. M. Changes in ecosystem functions generated by fish populations after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) (Perciformes: Cichlidae). *Neotropical Ichthyology*, v. 19, n. 3, 2021.

MALABARBA, L. R. Phylogeny and classification of Neotropical fish. In: MALABARBA, Luiz Roberto; MALABARBA, Maria Claudia. *Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish*. Porto Alegre: Elsevier Inc, 2020. Cap. 1. p. 1-19.

MARTO, V. C. O. AKAMA, A., PELICICE, F. M. Feeding and reproductive ecology of *Cichla piquiti* Kullander & Ferreira, 2006 within its native range, Lajeado reservoir, Rio Tocantins basin. *Neotropical Ichthyology*, v. 13, n 3. p. 625-636, 2015.

MAAN, M. E, SEFC, K. M. Colour variation in cichlid fish: developmental mechanisms, selective pressures and evolutionary consequences. *Seminars in Cell & Developmental Biology* 24:516–528. 2013.

PELICICE, F. M. & A. A. AGOSTINHO. Fish fauna destruction after the introduction of non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. *Biological Invasions* v. 11, p. 1789–1801. 2009.

PELICICE, F. M. et al. Neotropical freshwater fishes imperilled by unsustainable policies. *Fish and Fisheries*, v. 18, n. 6, p. 1119–1133, 24 maio 2017.

PELICICE, F. M. et al. Large-scale Degradation of the Tocantins-Araguaia River Basin. *Environmental Management*, v. 68, p. 445–452, 2021.

PELICICE, F. M. A, G. S. BORGES, L. E. O. Polychromatism in native populations of peacock basses *Cichla kelberi* and *Cichla piquiti* (Cichlidae). *Environmental Biology of Fishes*, v. 105, p. 1129-1137, 2022.

PRICE A. C. WEADICK, J. C. SHIM. RODD F.H. Pigments, Patterns, and Fish Behavior. *Zeabrafish* v.5, n. 4, p. 297-307, 2008.

RABELO, H., CARLOS, A.R.M., ARAÚJO-LIMA. A dieta e o consume diário de alimento de *Cichla monoculus* na Amazonia central. *ACTA AMAZONICA* 32(4): 707-724. 2002.

REISS, P. & GROTHUES, T.M. Color pattern variation in *Cichla temensis* (Perciformes: Cichlidae): Resolution based on morphological, molecular, and reproductive data. *Neotropical Ichthyology*, v. 10, n (1), p. 59-70, 2012.

REISS, P., GROUTHUES, T. M. Geometric morphometric analysis of cyclical body shape changes in color pattern variants of *Cichla temensis* Humboldt, 1821 (Perciformes: Cichlidae) demonstrates reproductive energy allocation. *Neotropical Ichthyology*, v 13, n. 341. p. 103–112, 2015.

RIBEIRO, M. C. L. B., JUNIOR, M. P., JURAS, A. A. Ecological integrity and fisheries ecology of the Araguaia—Tocantins River Basin, Brazil. *River Research and Applications*, 11: 3-4. 1995.

ROBART, A. R. SINERVO, B. Parental response to intruder females altered by ornamentation and mate quality in a biparental fish. *Behavioral Ecology*. v. 29(3). p 701- 710, 2018.

RODRIGUES, R. R. CARVALHO, L. N. ZUANON, J. DEL-CLARO, K. Color changing and behavioral context in the Amazonian Dwarf Cichlid *Apistogramma hippolytae* (Perciformes). *Neotropical Ichthyology*, v. 7(4), p. 641- 646, 2009.

SABINO, J. ZUANON, J. A stream fish assemblage in central Amazonia: distribution, activity patterns and feeding behavior. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, v. 8. P. 201-210, 1998.

SANTOS, M. E. SALZBURGER, W. How Cichlids Diversify. *Science*. v. 388. P. 619-621, 2012.

SEEHAUSEN, O. MAYHEW, P. J & VAN ALPHEN J. J.M. Evolution of colour patterns in East African cichlid fish. *Journal Of Evolutionary Biology*. 12 (1999)

VIEIRA, A. B. C.; SALVADOR JR., L. F.; MELO, R. M. C.; SANTOS, G. B.; BAZZOLI, N. Reproductive biology of the peacock bass *Cichla piquiti* (Perciformes: Cichlidae), an exotic species in a neotropical reservoir. *Neotropical Ichthyology*, v. 7, n. 4, p. 745–750, 2009.

WILLIS, S. C. MACRANDER, J. FARIAS, I., P. ORTÍ, G. Simultaneous delimitation of species and quantification of interspecific hybridization in Amazonian peacock cichlids (genus *Cichla*) using multi-locus data. *BMC Evolutionary Biology*, v. 12, n. 1, p. 96, 2012.

WINEMILLER, K. O. Ecology of peacock cichlids (*Cichla* spp.) in Venezuela. *Journal of aquaculture and Aquatic Sciences*. v. 9, p. 93-112, 2001.

WINEMILLER, K. O. Peacock Bass, Diversity, Ecology and Conservation. 2021

ZARET, T.M. Inhibition of cannibalism in *Cichla ocellaris* and the hypothesis of predator mimicry among South American fishes. *Evolution*. Vol. 31, Nº 2 (jun., 1977), pp. 421-437.

ZIEGELBECKER, A. et al. Wasteful carotenoid coloration and its effects on territorial behavior in a cichlid fish. *Hydrobiologia*, v. 848, n. 16, p. 3683–3698, 1 set. 2021.

ZUANON J. A. S.; SALARO A. L.; FURUYA. Produção e nutrição de peixes ornamentais. *Sociedade brasileira de zootecnia*. v.40. p 165-174, 2011.