



ÍCARO NASCIMENTO LIMA

Variação morfológica de populações de *Exodon paradoxus* Müller & Troschel, 1844 (Characiformes: Characidae)

**MANAUS
2019**



Orientadora: CRISTINA MOTA BÜHRNHEIM

Aluno: ÍCARO NASCIMENTO LIMA

Variação morfológica de populações de *Exodon paradoxus* Müller & Troschel, 1844 (Characiformes: Characidae)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito obrigatório para obtenção da Nota final na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso IV (TCC IV) do Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Estado do Amazonas.

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

L732v Lima, Ícaro Nascimento
Variação morfológica de populações de *Exodon paradoxus*
Müller & Troschel, 1844 (Characiformes: Characidae) /
Ícaro Nascimento Lima. Manaus : [s.n], 2019.
35 f.: color.; 29 cm.

TCC - Graduação em Ciências Biológicas - Licenciatura
- Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2019.
Inclui bibliografia
Orientador: Bührnheim, Cristina Motta

1. piaba. 2. taxonomia. 3. characidae. I. Bührnheim,
Cristina Motta (Orient.). II. Universidade do Estado do
Amazonas. III. Variação morfológica de populações de
Exodon paradoxus Müller & Troschel, 1844
(Characiformes: Characidae)

Elaborado por Jeane Macelino Galves - CRB-11/463

TERMO DE APROVAÇÃO

ÍCARO NASCIMENTO LIMA

Varição morfológica de populações de *Exodon paradoxus* Müller & Troschel, 1844 (Characiformes: Characidae)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito obrigatório para obtenção da Nota final na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso IV (TCC IV) do Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Estado do Amazonas.

BANCA EXAMINADORA

Edinbergh Caldas de Oliveira
Universidade Federal do Amazonas

Marcelo Salles Rocha
Universidade do Estado do Amazonas

Cristina Motta Bührnheim
Universidade do Estado do Amazonas

Dedico este trabalho aos meus pais Ivone e Wanderley e à minha vó Edith (in memoriam), que me ensinaram valores importantes para toda a vida e por terem me dado tanto suporte e amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais Ivone Moreira e Francisco Wanderley Lima e minha irmã Thais Caroline Lima, por me acompanharem nessa caminhada, investindo amor e confiança em mim. Sou grato por todos os ensinamentos, sem os quais não teria me tornado um ser humano um pouco mais altruísta.

Devo agradecer aos amigos que fiz ao longo da graduação, aqueles que muitas vezes foram discriminados dentro da universidade por simplesmente serem o que são. Vocês me deram forças para chegar onde cheguei, sintam meu amor, meu afeto. Sou grato pelos momentos na “Bola da Mangueira”, lá onde fui humanizado, onde construímos, juntos, conhecimentos transdisciplinares, que a Universidade luta alcançar. Obrigado Izabel Bandeira, Jhonatan Gomes, Élide Mayrla Nascimento, Daniel Rodrigues, Douglas Biase, Thiago Fernandes, Italo Almeida, Jairo Alvarenga, Thais Benchimol, Jamerson Albuquerque, Thayná Marães, Ingride Jarline Silva, Yure Batista, biogospeis/biolindas, gatas (sic.) do campinho da UFAM, aos meus grandes amigos Rômulo Paixão, Nayana Julho e Rafael Cesar, todos vocês possuem um lugar especial na minha memória e no meu coração.

Sou grato aos meus queridos mestrados, que me ajudaram no momento delicado da escrita da monografia: Raquel Leite, Henrique Oliveira e Mateus Santana Chaves. Aos melhores pós-doutorandos que conheci ao longo desses seis anos de academia: Kamila Tomoko Yuyama, Aricléia Moraes Catarino e Janilson Felix da Silva. Muito obrigado por compartilharem seus conhecimentos e experiências comigo, seus lindos!

Por fim, mas não menos importante, agradeço às minhas mestras. À minha orientadora, Dra. Cristina Bührnheim, por ser persistente e por acreditar em mim quando nem eu mesmo acreditei. Obrigado por me ensinar tanto nesse TCC e nas disciplinas ministradas. À Dra. Elizabeth Santos, por me ensinar o que é necessário para transformarmos a educação na Amazônia, no Brasil. Às professoras Dra. Maria Astrid Liberato, Dra. Maria Clara Forsberg, Dra. Ieda Batista, Dra. Katell Uguen, MSc. Hiléia Monteiro Maciel, Dra. Ana Frazão (*in memorian*), Dra. Josefina Kalhil, vocês juntas à minha vó, minha mãe e minha irmã, são referências do que eu espero para o futuro das mulheres brasileiras: autônomas, guerreiras, respeitadas, gentis e, acima de tudo, humanas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da distribuição de nove lotes de <i>Exodon paradoxus</i> analisados das coleções científicas de peixes do INPA e da UFAM/CZPB. Escala 1:14313801.....	5
Figura 2. <i>Exodon paradoxus</i> , UFAM-0455. A: CP=55,77 mm; B: CP=72,51 mm.....	9
Figura 3. Análise dos componentes principais das 19 medidas morfométricas de <i>Exodon paradoxus</i>	11
Figura 4. Comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . População do rio Branco (UFAM-0455) em preto e rio Araguaia (INPA 21370) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.....	12
Figura 5. Comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . População do rio Branco em preto (UFAM-0455) e rio Araguaia (INPA 21476) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.....	12
Figura 6. Comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . População do rio Branco em preto (UFAM-0455) e rio Araguaia (INPA 21402) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.....	13
Figura 7. Comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . População do rio Branco em preto (UFAM-0455) e rio Araguaia (INPA 21157) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.....	13
Figura 8. Comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . Populações do rio Branco (A = INPA 1621 e UFAM-0455; B = INPA 12255 e UFAM-0455). Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.....	14
Figura 9. Comprimento da nadadeira peitoral em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . População do rio Branco em preto (INPA 1621) e rio Araguaia (INPA 21370) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.....	15
Figura 10. Comprimento da nadadeira peitoral em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . Populações do rio Branco (A = INPA 1621 e UFAM/CZPB-0455; B = INPA 12255 e UFAM/CZPB-0455). Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.....	16
Figura 11. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . População do rio Branco em preto (INPA 12255) e rio Araguaia (INPA 21370) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.....	17
Figura 12. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . População do rio Branco em preto (UFAM/CZPB-0455) e rio Araguaia (INPA 21370) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.....	17
Figura 13. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . População do rio Branco em preto (INPA 1621) e rio Araguaia (INPA 21011) em vermelho. Linhas azuis representam o intervalo de confiança de 95%.....	18
Figura 14. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . População do rio Branco em preto (INPA 1621) e rio Araguaia (INPA 21370) em vermelho. Linhas azuis representam o intervalo de confiança de 95%.....	18
Figura 15. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . População do rio Branco em preto (INPA 1621) e rio Araguaia (INPA 21476) em vermelho. Linhas azuis representam o intervalo de confiança de 95%.....	19
Figura 16. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de <i>Exodon paradoxus</i> . População do rio Branco em preto (INPA 1621) e rio Araguaia (INPA 21402) em vermelho. Linhas azuis representam o intervalo de confiança de 95%.....	19
Figura 17. Distância entre manchas em <i>Exodon paradoxus</i> . A: INPA 21011 (rio Tocantins), CP=53,37 mm; B: INPA 58670 (rio Branco), CP=54,87 mm.....	20
Figura 18. Variação do número de escamas perfuradas da linha lateral em <i>Exodon paradoxus</i> nas populações do rio Branco e rio Tocantins-Araguaia. Traço fino no interior do retângulo corresponde à mediana. Traço curto na extremidade corresponde a <i>outlines</i>	21
Figura 19. Variação do número de raios ramificados da nadadeira anal em <i>Exodon paradoxus</i> nas populações do rio Branco e rio Tocantins-Araguaia. Traço fino no interior do retângulo corresponde à mediana. Traço curto na extremidade corresponde a <i>outlines</i>	22

SUMÁRIO

RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	4
2.1. Geral.....	4
2.2. Específicos.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	4
3.1. Dados morfométricos.....	6
3.2. Dados merísticos.....	7
3.3. Dados osteológicos.....	7
3.4. Análises estatísticas.....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
6. REFERÊNCIAS	24

RESUMO

Exodon paradoxus é uma espécie de peixe neotropical de pequeno porte que ocorre nas bacias Amazônica e Tocantins-Araguaia. Considerando a distribuição ampla da espécie, o objetivo do presente trabalho foi verificar a situação taxonômica do *Exodon paradoxus* através de análises dos caracteres morfológicos, merísticos e osteológicos de populações do rio Branco e rio Tocantins-Araguaia. Distância entre as manchas foi uma característica morfológica que apresentou variação entre as populações, junto às variações do comprimento da nadadeira peitoral e comprimento da cabeça. Embora houve sobreposição entre as populações na contagem do número de escamas perfuradas da linha lateral e número de raios ramificados da nadadeira anal, há tendências a serem verificadas. Foram contadas 33 vértebras em todos exemplares diafanizados. A dentição observada nestes exemplares não mostrou diferenças entre as populações analisadas. Após análises morfológicas, merísticas e osteológicas entre populações de *Exodon paradoxus*, pode-se constatar que há variações que podem corroborar a existência de novas espécies, porém é necessário o aumento do tamanho amostral para esclarecer a diagnose destas.

Palavras-chave: piaba, taxonomia, characidae

1. INTRODUÇÃO

As principais bacias de drenagem na América do Sul abrigam a maior parte das espécies de Characiformes. Essas espécies habitam uma grande variedade de ecossistemas. Dentro desses habitats, os caraciformes englobam uma grande diversidade de adaptações ao ambiente, variando de dezenas de espécies diminutas a centenas de espécies de porte médio ou gigantes (Oliveira et al., 2011). Existem pelo menos 24 famílias aceitas para a ordem dos Characiformes, com 520 gêneros e cerca de 2300 espécies, todas confinadas à água doce (Nelson et al., 2016).

Os Characiformes têm importância na pesca comercial e de subsistência, na aquariofilia e ecologia dos ecossistemas (Santos et al., 2004). No mercado de peixes ornamentais são 37 espécies de caracídeos do total de 180 espécies permitidas para captura e comercialização pela Instrução Normativa nº 13 do MMA de 2005 (DOU, 2005). As piabas compõem parte fundamental da exportação de peixes ornamentais, e já geraram em torno de três milhões de dólares por ano para o estado do Amazonas e movimentaram mais de 65% da economia local do município de Barcelos (Prang, 2001). Apenas uma espécie, *Paracheirodon axelrodi*, conhecido popularmente como cardinal, um Characidae de cores azul metálico e vermelho, representou mais de 80% dos peixes ornamentais exportados do estado do Amazonas (Chao, 2001).

Os Characidae (piabas, lambaris, cardinais, mojaras) abrangiam mais de 910 espécies neotropicais (sem Serrasalminae, Reis et al., 2003) e atualmente chegaram a 1135 espécies válidas (Froese; Pauly, 2019). Nesta família, possivelmente como grupo monofilético, são admitidas as seguintes subfamílias: Agoniatinae, Aphyocharacinae, Characinae, Cheirodontinae, Glandulocaudinae, Paragoniatinae, Rhoadsiinae, Stethaprioninae, Stevardiinae e Tetragonopterinae (Weitzman; Malabarba, 1998; Malabarba; Weitzman, 2003; Weitzman et al., 2005). Estudos recentes sobre a filogenia de caracídeos apontam dois gêneros considerados *incertae sedis* no grupo dos caracídeos como um grupo monofilético que é irmão de todos os táxons remanescentes do clado Characidae: *Exodon* e *Roeboexodon*, este primeiro, gênero monotípico, possui o hábito lepidófago, ou seja, alimenta-se de escamas de peixes, podendo preencher 88% do conteúdo estomacal de *Exodon paradoxus* coletados na natureza (Oliveira et al., 2011; Pereira et al., 2007). Characiformes é um grupo teleosteano relativamente mais velho sem o aparato para a protusão pré-maxilar da mandíbula superior dos peixes mais novos que consomem escamas

alcançaram (Westneat, 2004). Em vez disso, os caracídeos comedores de escamas aumentaram os dentes cuspidados, que apontam para frente nos lados labiais das mandíbulas. O *Exodon paradoxus* possui um par de dentes cuspidados na pré-maxila e corre no flanco de sua presa com a boca aberta ou fechada (Novakowski et al., 2004; Sazima, 1983; Westneat, 2004). Descrito originalmente na Guiana Inglesa por Müller & Troschel (1844), a espécie *Exodon paradoxus* já foi relatada em outros rios da bacia Amazônica e na bacia do Tocantins-Araguaia (Santos et al., 2004; Ferreira et al., 2007).

Pela ampla distribuição e alta diversidade, os Characiformes são um grupo chave para a compreensão da história da distribuição geográfica dos peixes neotropicais, ainda controversa, e da alta diversidade destes (Vari; Weitzman, 1990; Lundberg et al., 1998; Hubert; Renno, 2006). Entre as famílias de Characiformes, os Characidae destacam-se em quarto lugar entre as famílias de maior representatividade em termos de número de espécies do mundo (Nelson et al., 2016). Os Characidae constituem a maioria dos Characiformes de pequeno porte que, principalmente junto aos Siluriformes (bagres, cascudos ou bodós, peixes-lisos, etc.) e Gymnotiformes (peixes elétricos) da América do Sul, compõe a mais diversa ictiofauna epicontinental do mundo (Böhlke et al., 1978; Vari; Malabarba, 1998).

O conhecimento sobre os caracídeos é especialmente precário com relação à grande diversidade e estudos sistemáticos das ictiofaunas, com reflexos negativos em quaisquer esforços visando o estudo de sua evolução, ecologia, conservação, manejo e uso sustentável, já que cabe à sistemática produzir e manter os mais fundamentais sistemas gerais de organização da diversidade biológica (os sistemas formais de classificação), sem os quais todas as outras áreas de estudo biológico científico não podem progredir correta e eficientemente.

O conhecimento desta diversidade biológica através de estudos de sistemática, taxonomia podem ser a base para o desenvolvimento de planos de criação de políticas públicas para o uso sustentável da biodiversidade e de sua conservação (Constantino; Brandão, 2001). Assim, o presente estudo destaca a importância dos estudos de taxonomia, descrição e nomeação de espécies, e/ou de sistemática, classificação e evolução das espécies da região Amazônica.

Uma vez que a caracterização morfológica é a principal ferramenta utilizada na taxonomia para a descrição de novas espécies e variações populacionais, este trabalho propõe uma análise morfológica de *Exodon paradoxus* comparando amostras coletadas no rio Branco, Roraima, e no rio Tocantins-Araguaia, Tocantins.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Verificar a situação taxonômica do *Exodon paradoxus*, contribuindo para o esclarecimento da diversidade de espécies da família Characidae.

2.2. Específicos

Analisar a variação morfológica (caracteres morfométricos e merísticos) de *Exodon paradoxus*;

Analisar caracteres osteológicos de alguns espécimes através de diafanização;

Comparar variações morfológicas de *Exodon paradoxus* de amostras dos rios Branco (RR) e Tocantins-Araguaia (TO).

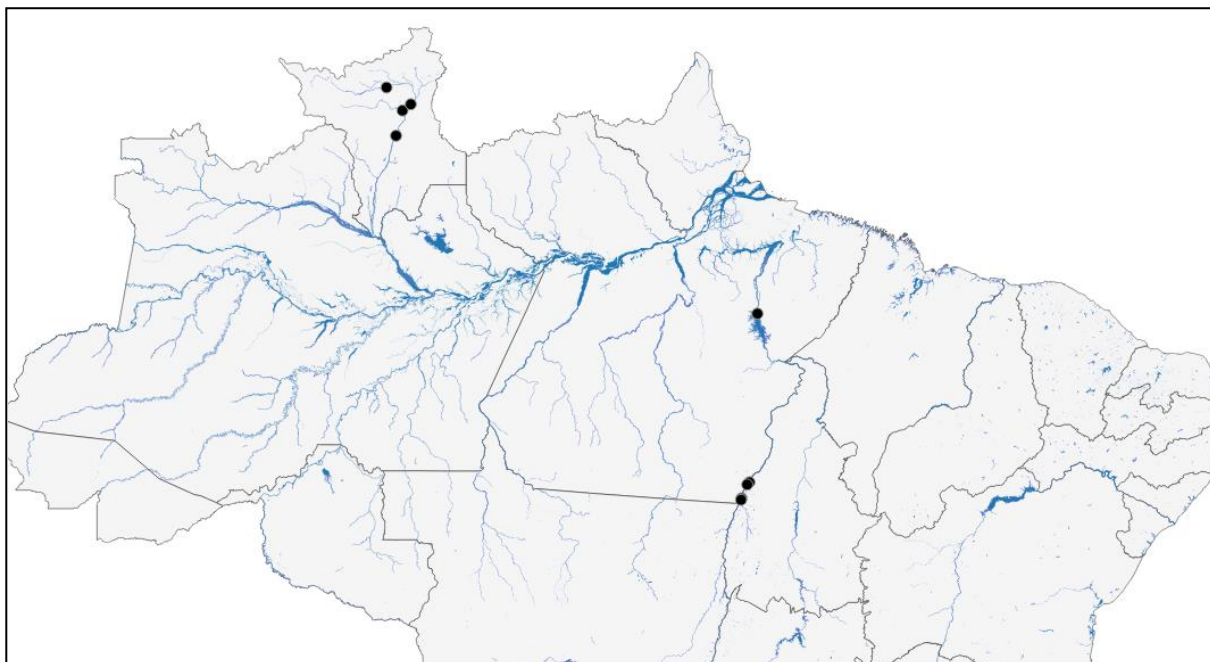
3. MATERIAL E MÉTODOS

O material analisado está tombado na Coleção de Peixes parte integrante da Coleção Zoológica Prof. Paulo Bührnheim da Universidade Federal do Amazonas (CZPB-UFAM) e na Coleções Científica de Peixes do Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia (INPA): UFAM/CZPB-0455, INPA 001621, INPA 012255, INPA 021011, INPA 021157, INPA 021370, INPA 021402, INPA 021476 e INPA 58670 (Tabela 1). O material é procedente do rio Branco, Roraima (84 exemplares) e do sistema dos rios Tocantins-Araguaia, dos estados do Tocantins e Pará (58 exemplares) (Tabela 1, Fig. 1). As observações dos espécimes foram realizadas sob estereomicroscópio, com auxílio de descrições científicas na literatura.

Tabela 1. Material examinado de *Exodon paradoxus* das coleções científicas UFAM/CZPB e INPA.

Número de catálogo	Exemplares	Data de coleta	Localidade
INPA 001621	9	23.03.1987	Rio Uraricoera, Furo Maracá; Brasil, Roraima, Boa Vista
INPA 012255	11	05.10.1986	Rio Mucajaí; Brasil, Roraima, Mucajaí
INPA 021011	7	13.09.2002	Rio Tocantins; Brasil, Pará, Tucuruí
INPA 021157	5	14.11.2000	Rio Araguaia, Parque Estadual do Cantão; Brasil, Tocantins, Caseara
INPA 021370	126	21.05.2000	Rio Araguaia, Parque Estadual do Cantão; Brasil, Tocantins, Caseara
INPA 021402	18	26.05.2000	Lago do Casé; Brasil, Tocantins, Caseara
INPA 021476	26	21.05.2000	Rio Araguaia, Porto da Balsa; Brasil, Tocantins, Caseara
INPA 058670	3	12.03.2018	Rio Branco; Brasil, Roraima, Caracaraí
UFAM/CZPB 0455	70	04.01.2007	Rio Branco; Brasil, Roraima, Boa Vista, Cantá

Figura 1. Mapa da distribuição de nove lotes de *Exodon paradoxus* analisados das coleções científicas de peixes do INPA e da UFAM/CZPB. Escala 1:14313801.



3.1. Dados morfométricos

Com paquímetro digital foram coletados dados morfométricos, sendo as medidas básicas utilizadas: comprimento padrão (CP), distância da extremidade do focinho à base da nadadeira caudal e o comprimento da cabeça (CC), medida da extremidade anterior do focinho até a terminação óssea mais posterior do opérculo, seguindo Fink & Weitzman (1974) e Bührnheim & Malabarba (2006). Medidas proporcionais em relação ao comprimento padrão e comprimento da cabeça foram utilizadas para explorar variações entre as populações.

As medidas obtidas foram: comprimento padrão (CP), distância da extremidade do focinho à base da nadadeira caudal; comprimento da cabeça (CC), medida da extremidade anterior do focinho até a terminação óssea mais posterior do opérculo; distância pré-anal (DPreA), distância da extremidade do focinho até a base do primeiro raio da nadadeira anal; distância pré-dorsal (DPreD), distância da extremidade do focinho à base do primeiro raio da nadadeira dorsal; distância pré-pélvica (DPreV), distância da extremidade do focinho à base do primeiro raio da nadadeira pélvica; distância pré-peitoral (DPreP), distância da extremidade do focinho à base do primeiro raio da nadadeira peitoral; comprimento da base da nadadeira dorsal (BD), distância entre a base do primeiro raio e a base do último raio da nadadeira dorsal; comprimento da base da nadadeira anal (BA), distância entre a base do primeiro raio e a base do último raio da nadadeira anal; comprimento do pedúnculo caudal (CmpPc), distância da base do último raio da nadadeira anal até a terminação posterior da placa hipural; altura do pedúnculo caudal (AltPc), menor distância entre as margens superior e inferior do pedúnculo caudal; altura do corpo (AltCo), maior distância vertical entre as margens superior e inferior do corpo, geralmente na origem da nadadeira dorsal; comprimento da nadadeira dorsal (CmpD), medida da base do primeiro raio da nadadeira dorsal até a extremidade do raio mais longo; comprimento da nadadeira ventral (CmpV), medida da base do primeiro raio da nadadeira ventral até a extremidade do raio mais longo; comprimento da nadadeira peitoral (CmpP), medida da base do primeiro raio da nadadeira peitoral até a extremidade do raio mais longo; comprimento do focinho (CmpFc), medida da extremidade do focinho até a margem anterior da órbita; diâmetro orbital (DHOlh), distância horizontal entre as margens ósseas anterior e posterior da órbita; largura do interorbital (Lint), menor medida tomada dorsalmente entre as margens ósseas das órbitas; distância entre manchas

(DM), medida da extremidade posterior da primeira mancha látero-mediana à extremidade anterior da segunda mancha látero-mediana.

3.2. Dados merísticos

Os dados merísticos foram obtidos sob estereomicroscópio de acordo com Fink & Weitzman (1974) e Bührnheim & Malabarba (2006), definidos a seguir: raios não ramificados da nadadeira anal (RNRA); raios ramificados da nadadeira anal (RRA), sendo que os dois últimos raios ramificados são contados como um único por serem sustentados pela mesma base; raios da nadadeira dorsal (RD), raios não ramificados e os ramificados; raios da nadadeira ventral (RV), raios não ramificados e os ramificados; raios da nadadeira peitoral (RP), raios não ramificados e os ramificados; raios principais da nadadeira caudal (RC); raios procorrentes dorsais da nadadeira caudal (RPD); raios procorrentes ventrais da nadadeira caudal (RPV); escamas perfuradas da linha lateral (ELLat), a partir da primeira escama imediatamente posterior à terminação superior do opérculo; escamas acima da linha lateral (ELL-D), séries longitudinais de escamas entre a origem do primeiro raio da nadadeira dorsal e a série longitudinal de escamas que contêm a linha lateral, excluindo a escama médio dorsal e a escama da série longitudinal de escamas que contêm linha lateral; escamas abaixo da linha lateral (ELL-V), séries longitudinais de escamas, da escama na origem da nadadeira anal até a série longitudinal de escamas que contêm a linha lateral, excluindo a escama da série longitudinal de escamas que contêm linha lateral; escamas pré-dorsais (EPreD), número de escamas na linha médiadorsal entre o processo supraoccipital e a nadadeira dorsal; escamas em torno do pedúnculo caudal (EPC), número de séries longitudinais de escamas que circundam o pedúnculo caudal.

3.3. Dados osteológicos

A diafanização foi utilizada para análise de caracteres osteológicos: número de vértebras (V) e descrição da dentição, seguindo o método de Taylor & Van Dyke (1985) no qual os tecidos são digeridos por enzima proteolítica (tripsina) e hidróxido de potássio, as cartilagens são coradas com azul de alcian e os ossos com vermelho de alizarina.

3.4. Análises estatísticas

Estatísticas descritivas e medidas proporcionais em relação ao comprimento padrão e comprimento da cabeça foram obtidas. Análise de componentes principais (PCA) foi usada para verificar a variação geral na morfometria entre as amostras, seguida de análises de regressões lineares (conforme Bührnheim; Malabarba, 2006; Lucena, 2007), usando o software PAST versão 3.26 2019 e SigmaPlot versão 12.0 2012. Análises de regressão entre duas variáveis morfométricas foram utilizadas para verificar relações entre dois caracteres.

Os dados métricos foram analisados através dos programas PAST versão 3.26 2019 e SigmaPlot versão 12.0 2012. Todas as contagens foram feitas do lado esquerdo dos exemplares.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total foram analisados 142 exemplares de *Exodon paradoxus* (Fig. 2), com medidas para estes 142 exemplares e contagens obtidas de 74 exemplares (Tabela 2). *Exodon paradoxus* possui corpo fusiforme, boca terminal com osso maxilar longo e evidente. Coloração em álcool: corpo com coloração amarelada prateada com a parte superior da cabeça cinza escuro, nadadeira caudal amarelada, nadadeiras peitoral, ventral, dorsal e anal com pigmento alaranjado. Possui duas manchas negras, uma no flanco e a outra no pedúnculo caudal.

Diferenças morfométricas entre as populações amostradas foram encontradas nas análises de PCA, com uma tendência à formação de grupos populacionais morfologicamente distintos (Fig. 3), especialmente nos seguintes caracteres: comprimento da cabeça, comprimento das nadadeiras dorsal e peitoral, base da nadadeira anal, distância pré-peitoral e pré-ventral, altura do corpo e distância entre manchas.

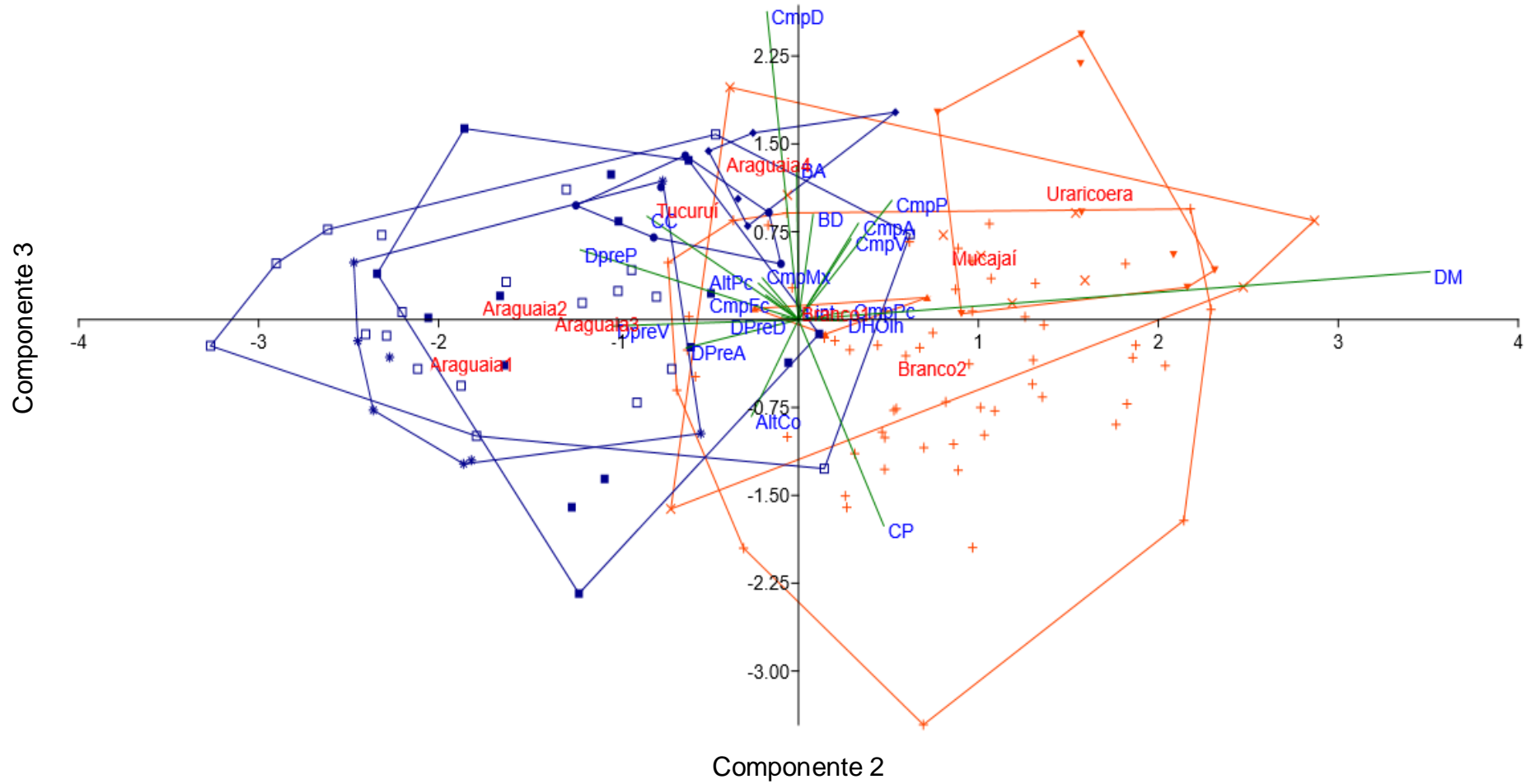
Figura 2. *Exodon paradoxus*, UFAM-0455. A: CP=55,77 mm; B: CP=72,51 mm.



Tabela 2. Medidas morfológicas de *Exodon paradoxus* (drenagem do rio Branco: UFAM-0455, INPA 1621, INPA 12255, INPA 58670; drenagem do sistema Tocantins-Araguaia: INPA 21011, INPA 21157, INPA 21370, INPA 21402, INPA 21476) (\bar{x} =média; DP=desvio padrão).

Medidas	Branco					Tocantins-Araguaia				
	n	Limites		\bar{x}	DP	n	Limites		\bar{x}	DP
		Mínimo	Máximo				Mínimo	Máximo		
Comprimento padrão	84	34,72	81,00	53,40	9,51	58	36,60	74,33	55,31	8,17
Percentuais do comprimento padrão										
Comprimento da cabeça	84	27,20	32,73	29,45	1,07	58	28,86	33,28	30,73	0,95
Distância pré-anal	84	66,06	73,85	69,79	1,74	58	66,85	76,57	71,17	1,78
Distância pré-dorsal	84	49,94	56,17	52,32	1,21	58	50,28	57,30	53,14	1,72
Distância pré-ventral	84	48,02	55,43	51,70	1,46	58	50,68	57,01	53,40	1,41
Distância pré-peitoral	84	27,66	33,63	29,88	1,09	58	20,26	35,41	31,35	1,97
Base da nadadeira dorsal	84	11,37	16,35	13,40	0,85	58	9,39	18,20	13,65	1,36
Base da nadadeira anal	84	12,52	24,48	20,61	1,67	58	18,06	23,20	21,18	1,07
Comprimento do pedúnculo caudal	84	10,70	20,44	14,36	1,32	58	10,88	16,86	14,14	1,44
Altura do pedúnculo caudal	84	10,70	13,90	12,29	0,47	58	11,56	15,14	12,80	0,60
Altura do corpo	84	26,19	37,26	34,01	1,61	58	31,57	36,76	34,20	1,23
Comprimento da nadadeira dorsal	84	14,30	27,44	24,41	1,70	58	19,80	27,42	25,04	1,46
Comprimento da nadadeira ventral	84	13,97	18,54	16,36	0,94	58	13,89	18,56	16,19	0,88
Comprimento da nadadeira peitoral	84	18,17	23,38	20,98	1,16	58	18,65	22,77	20,87	0,93
Comprimento da nadadeira anal	84	16,58	20,57	18,67	0,99	58	13,33	21,16	18,61	1,52
Distância entre manchas	84	32,27	40,43	36,20	1,77	58	19,51	36,67	33,06	2,54
Percentuais do comprimento da cabeça										
Comprimento do focinho	84	20,94	32,04	27,40	1,85	58	22,69	32,74	27,62	1,99
Diâmetro do olho	84	25,09	34,98	29,90	2,18	58	21,51	30,92	27,17	1,81
Largura do espaço interorbital	84	22,03	41,31	35,96	2,60	58	30,52	37,26	34,28	1,50

Figura 3. Análise dos componentes principais das 19 medidas morfológicas de *Exodon paradoxus*.



Mesmo que a PCA tenha indicado variação em oitos caracteres morfológicos entre os exemplares, as análises de regressão linear indicaram que há diferenças significativas apenas no comprimento da cabeça (Fig. 4 a 8), comprimento da nadadeira peitoral (Fig. 9, 10) e, principalmente, na distância entre as manchas (Fig. 11 a 16).

Figura 4. Comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. População do rio Branco (UFAM-0455) em preto e rio Araguaia (INPA 21370) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.

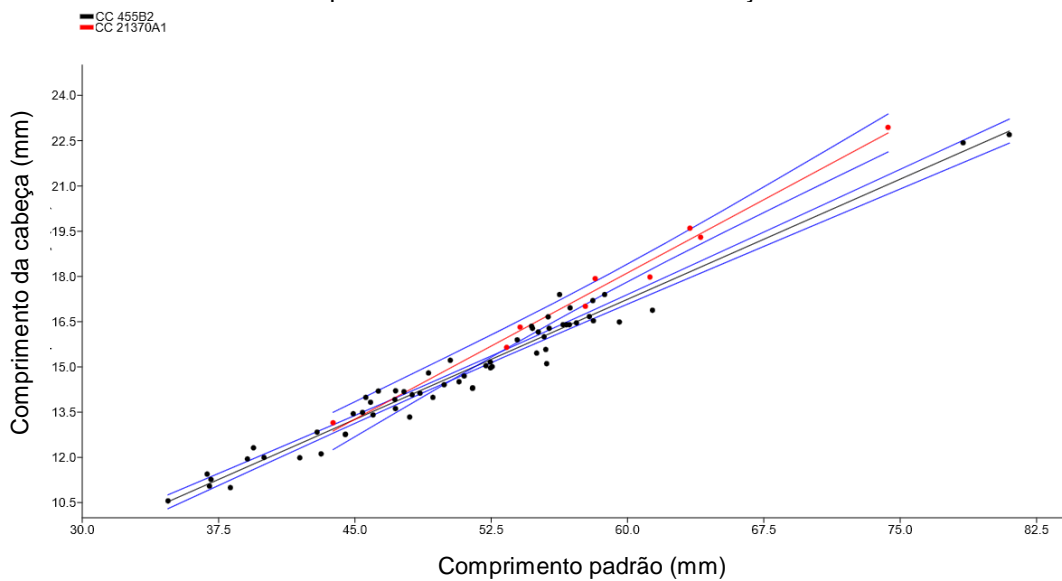


Figura 5. Comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. População do rio Branco em preto (UFAM-0455) e rio Araguaia (INPA 21476) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.

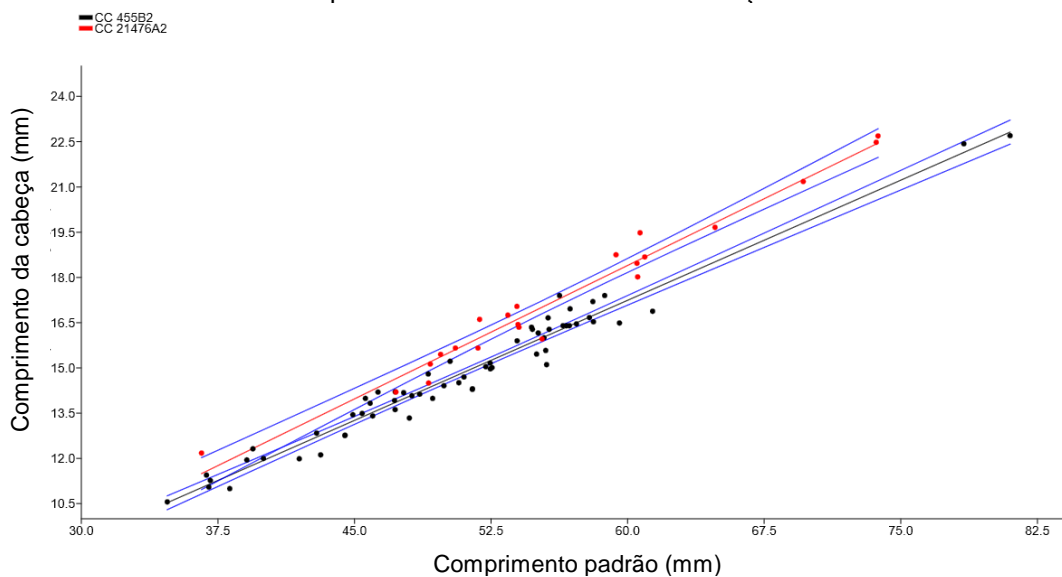


Figura 6. Comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. População do rio Branco em preto (UFAM-0455) e rio Araguaia (INPA 21402) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.

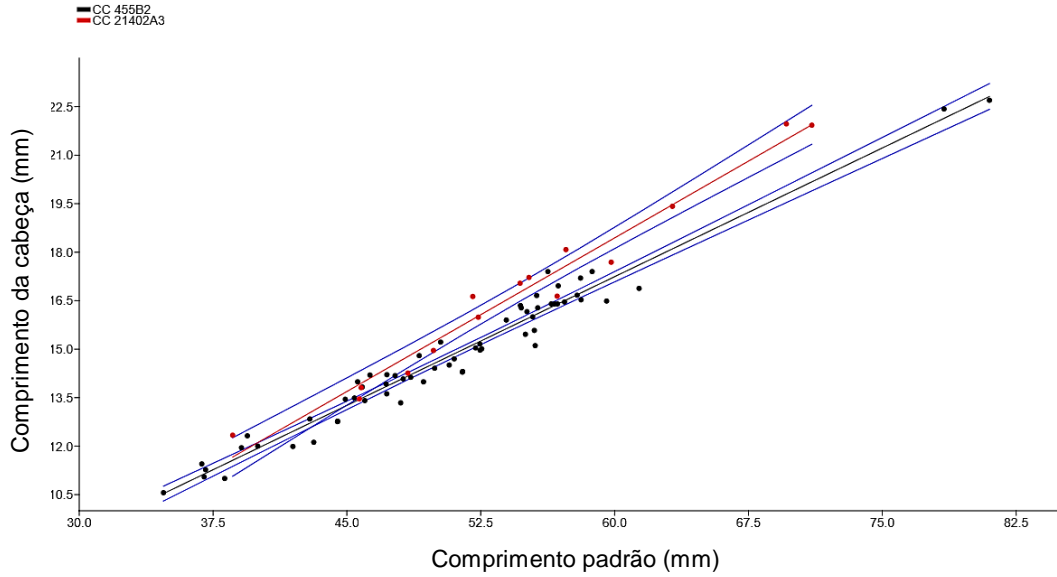
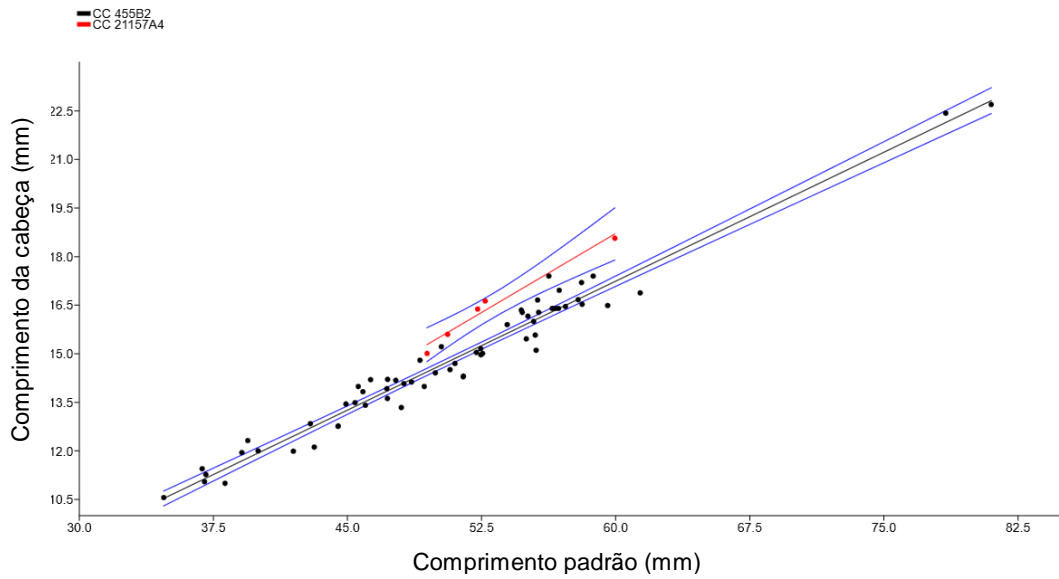
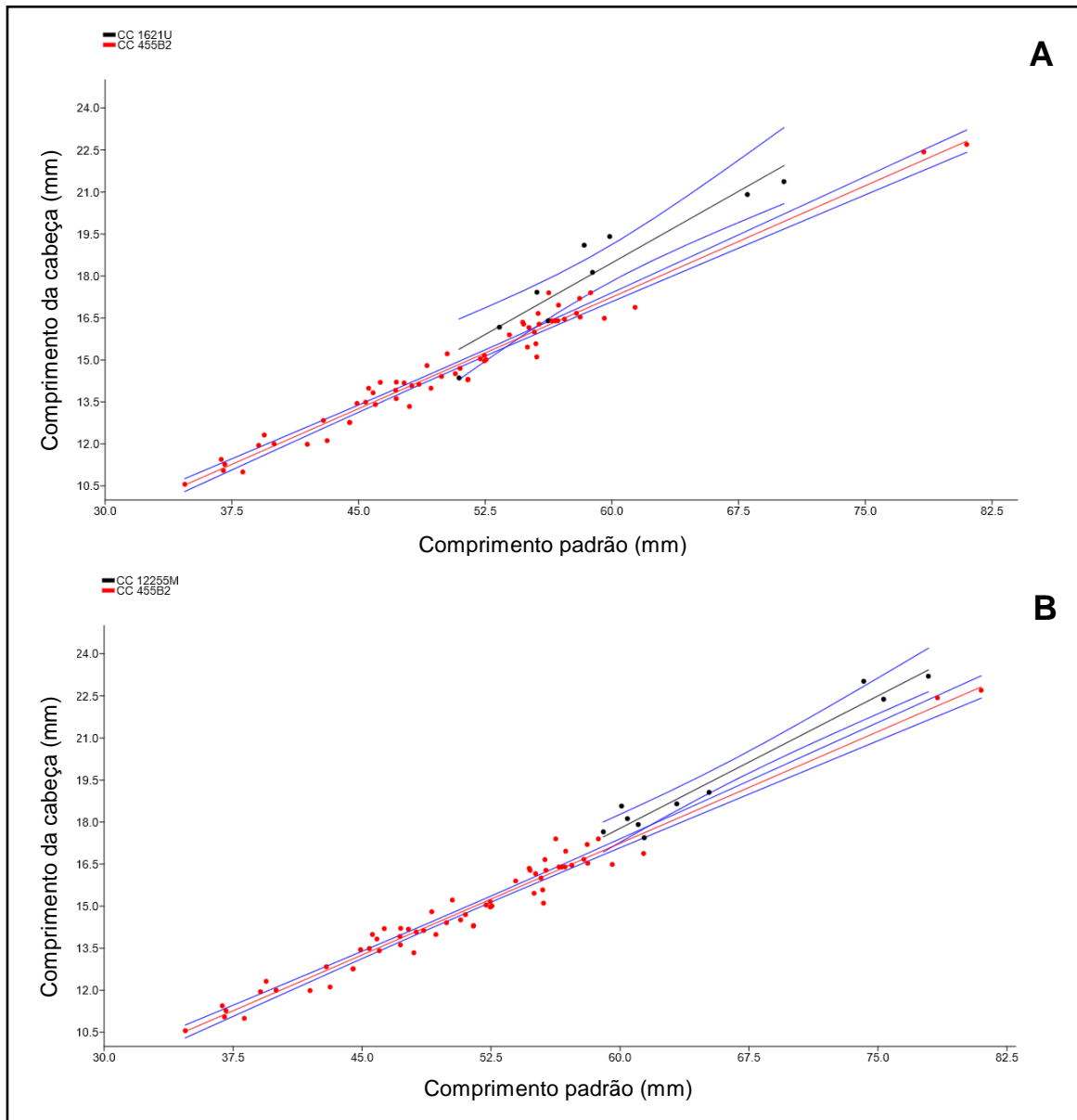


Figura 7. Comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. População do rio Branco em preto (UFAM-0455) e rio Araguaia (INPA 21157) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.



Nota-se que há uma sobreposição do comprimento da cabeça de indivíduos de tamanho médio de ambas drenagens e que, conforme há o aumento do comprimento padrão dos indivíduos, há também uma tendência de aumento do comprimento da cabeça para os indivíduos da população do rio Branco que diverge das populações do Tocantins-Araguaia. Essa tendência também pôde ser observada entre indivíduos da mesma drenagem, indicando variação intrapopulacional no tamanho da cabeça quando confrontadas entre si as populações da drenagem do rio Branco (UFAM/CZPB-0455; INPA 12255; INPA 1621) (Fig. 8).

Figura 8. Comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. Populações do rio Branco (A = INPA 1621 e UFAM-0455; B = INPA 12255 e UFAM-0455). Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.



Análises de regressão do comprimento da nadadeira peitoral em relação ao comprimento padrão demonstraram que há diferenças entre populações de ambas drenagens (INPA 1621 *versus* INPA 21370) (Fig. 9). É possível observar novamente que as amostras do rio Branco também se diferenciam intrapopulação em relação a esta característica (Fig. 10).

Figura 9. Comprimento da nadadeira peitoral em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. População do rio Branco em preto (INPA 1621) e rio Araguaia (INPA 21370) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.

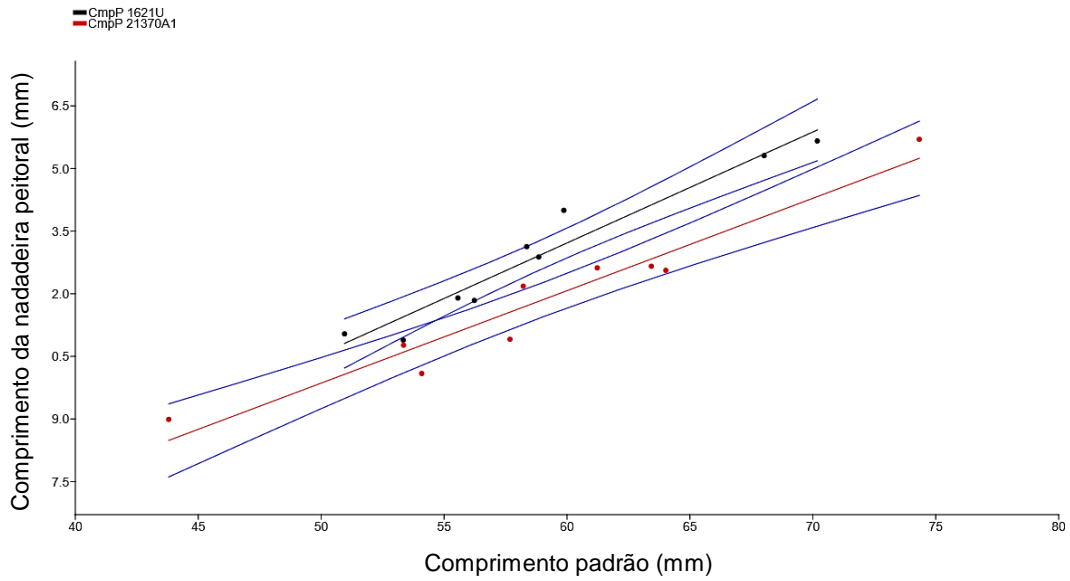
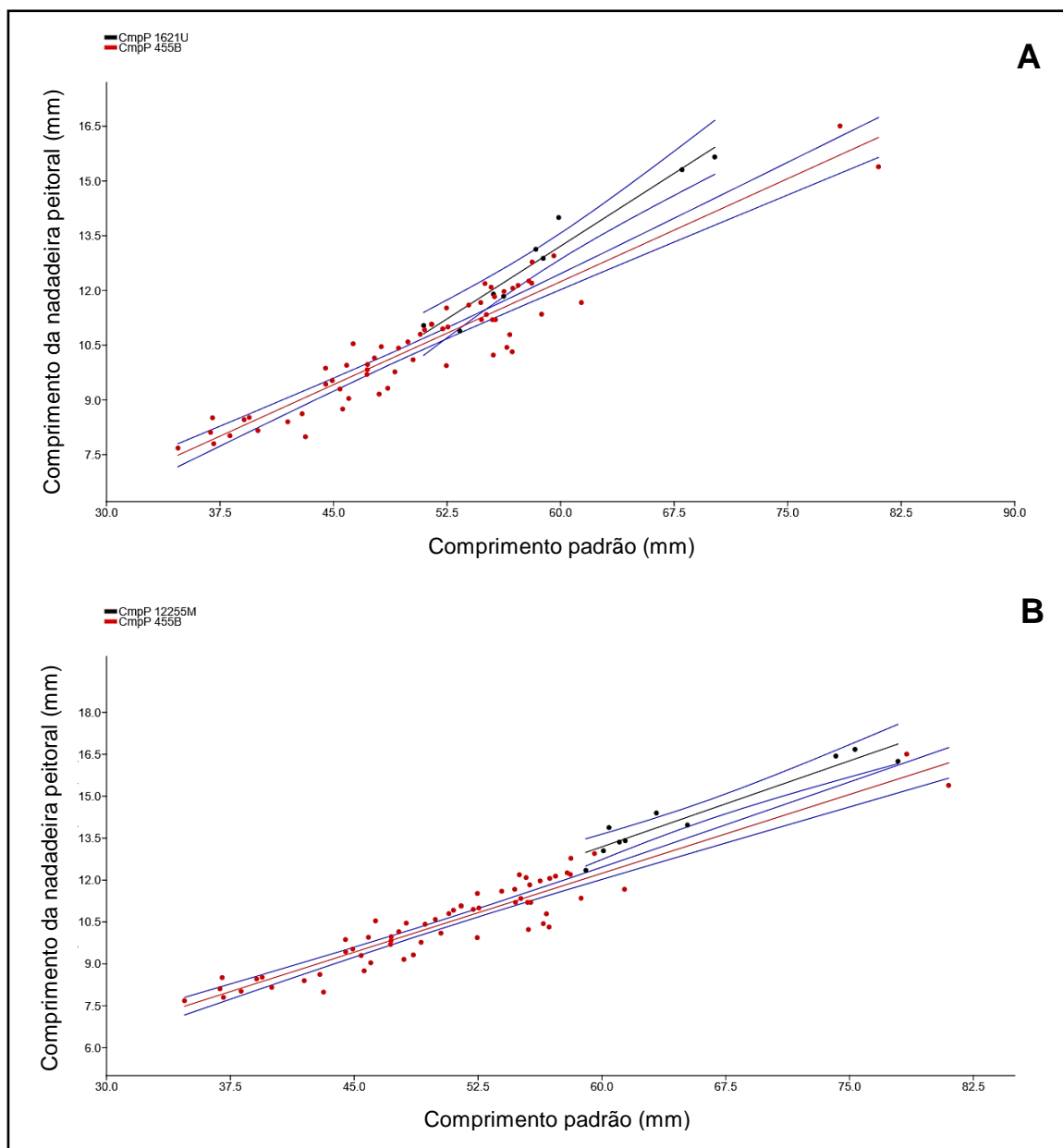


Figura 10. Comprimento da nadadeira peitoral em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. Populações do rio Branco (A = INPA 1621 e UFAM/CZPB-0455; B = INPA 12255 e UFAM/CZPB-0455). Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.



As variações intrapopulacionais indicam a necessidade de examinar um número maior de exemplares nas populações da drenagem do rio Branco. Com os dados analisados até o momento, pode-se inferir que se trata de variações geográficas.

Análises referentes à distância entre mancha indicaram que três, das quatro populações do rio Branco, se diferenciaram de quatro, das cinco populações dos rios Tocantins-Araguaia (Fig. 11 a 16).

Figura 11. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. População do rio Branco em preto (INPA 12255) e rio Araguaia (INPA 21370) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.

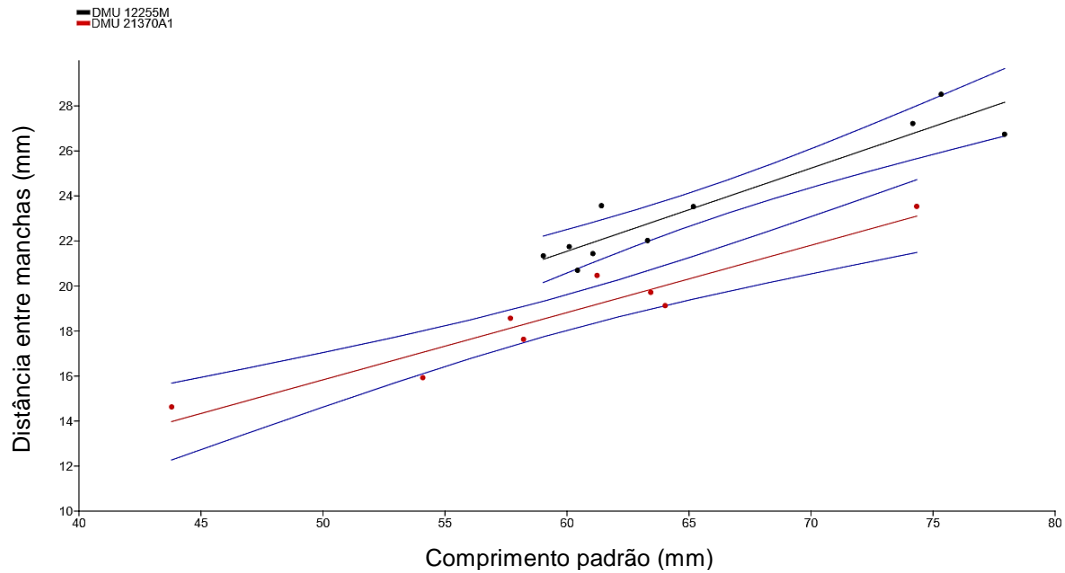


Figura 12. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. População do rio Branco em preto (UFAM/CZPB-0455) e rio Araguaia (INPA 21370) em vermelho. Linhas azuis representam os intervalos de confiança de 95%.

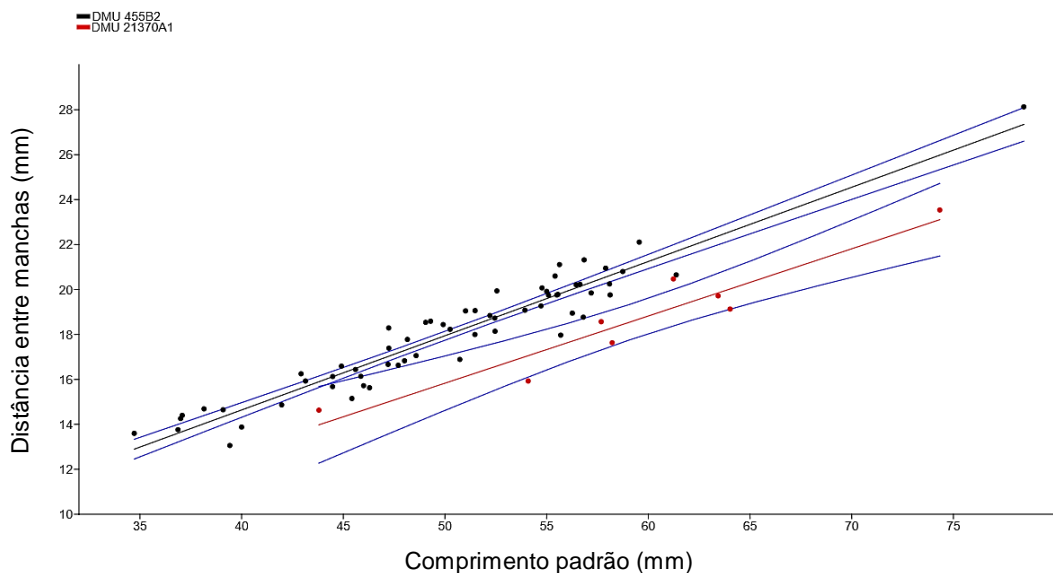


Figura 13. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. População do rio Branco em preto (INPA 1621) e rio Araguaia (INPA 21011) em vermelho. Linhas azuis representam o intervalo de confiança de 95%.

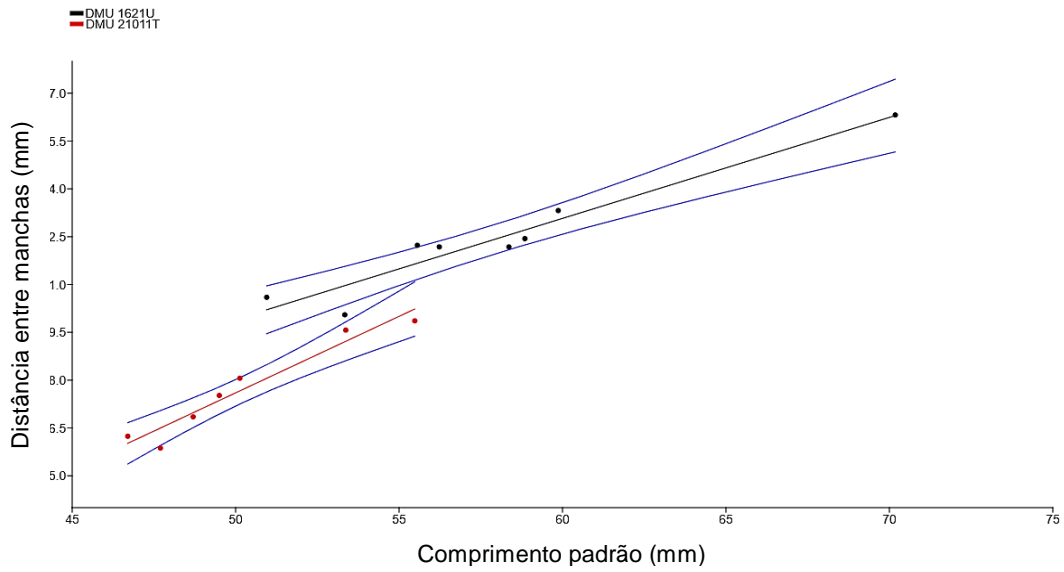


Figura 14. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. População do rio Branco em preto (INPA 1621) e rio Araguaia (INPA 21370) em vermelho. Linhas azuis representam o intervalo de confiança de 95%.

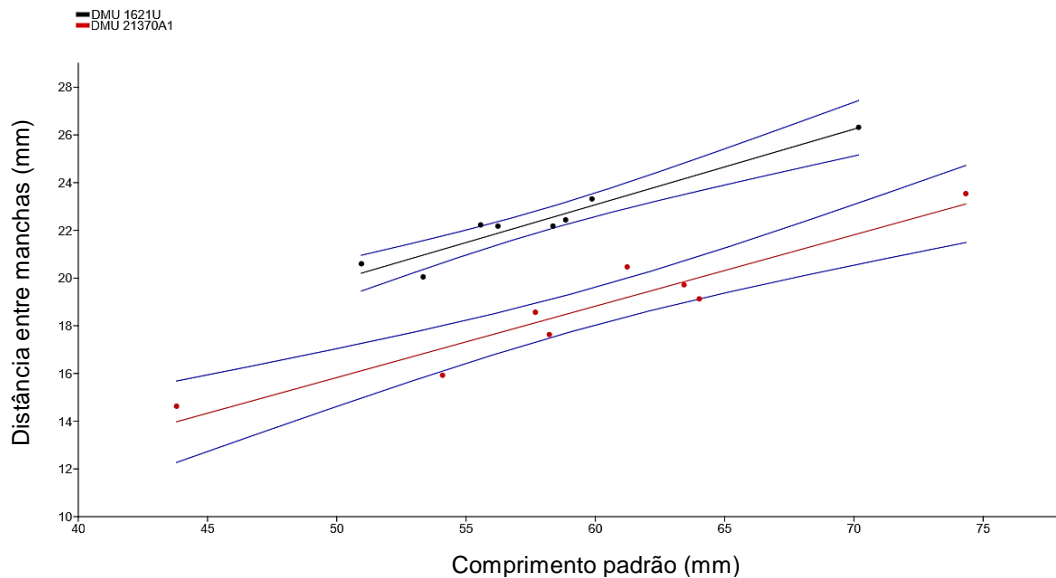


Figura 15. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. População do rio Branco em preto (INPA 1621) e rio Araguaia (INPA 21476) em vermelho. Linhas azuis representam o intervalo de confiança de 95%.

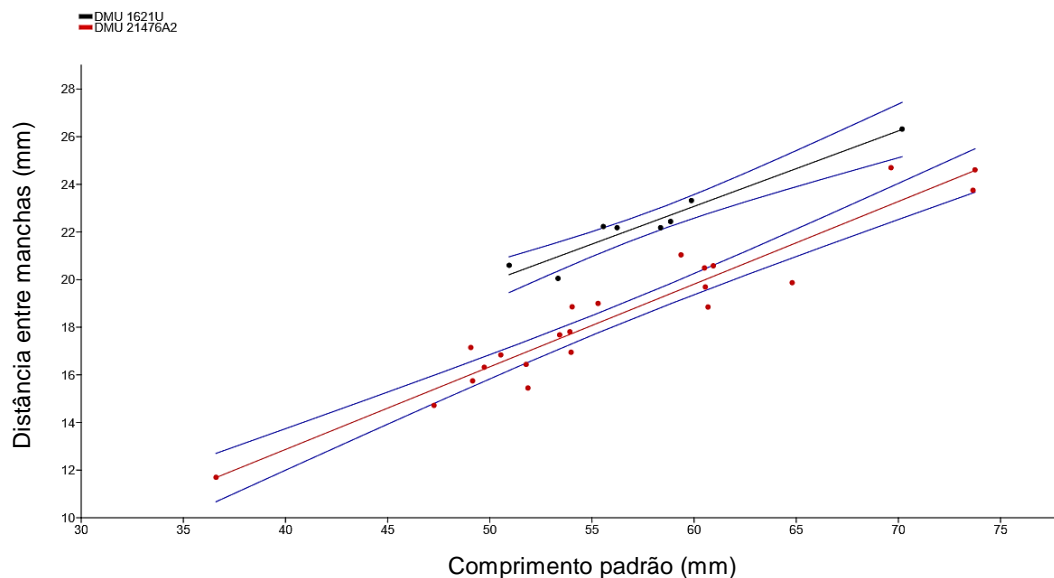
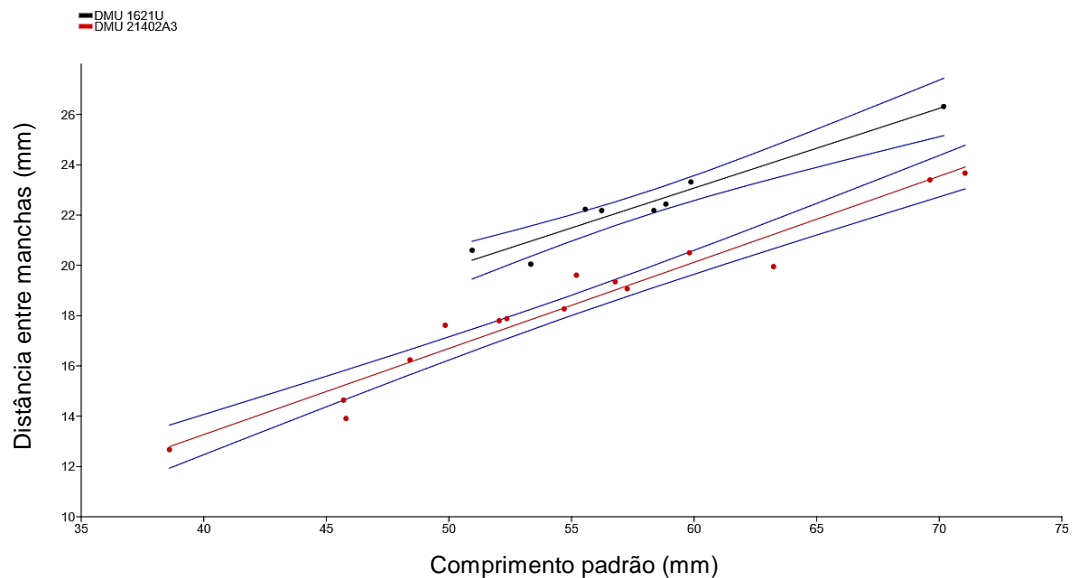


Figura 16. Distância entre manchas em relação ao comprimento padrão de *Exodon paradoxus*. População do rio Branco em preto (INPA 1621) e rio Araguaia (INPA 21402) em vermelho. Linhas azuis representam o intervalo de confiança de 95%.



Os espécimes examinados da drenagem do rio Branco apresentaram distâncias maiores entre as manchas em relação às populações do Tocantins-Araguaia (Fig. 17). Essas diferenças morfológicas entre as populações sustentam a

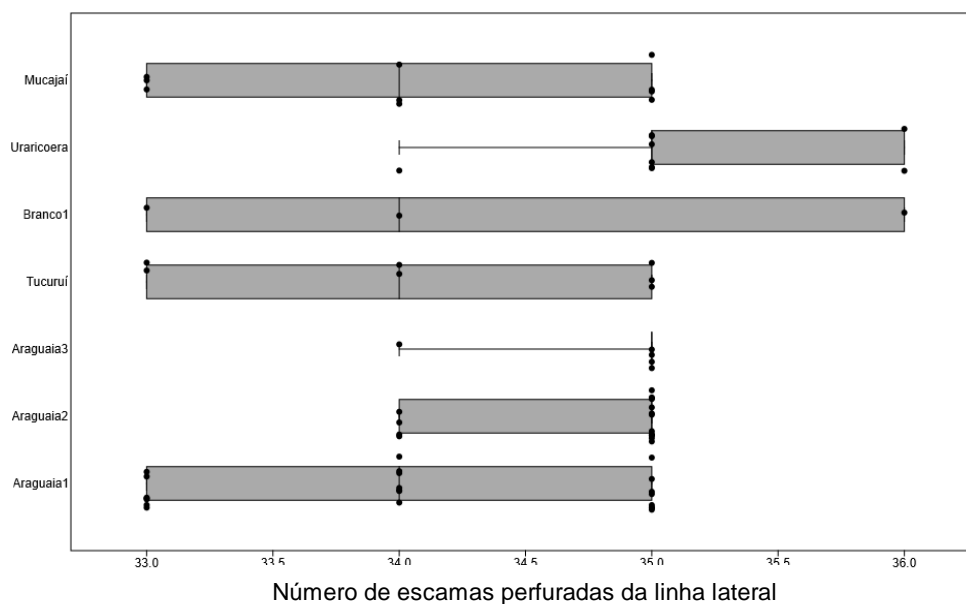
hipótese de que se tratam de populações de espécies diferentes, tendo em vista que estas populações podem estar isoladas reprodutivamente há milhões de anos.

Figura 17. Distância entre manchas em *Exodon paradoxus*. A: INPA 21011 (rio Tocantins), CP=53,37 mm; B: INPA 58670 (rio Branco), CP=54,87 mm.



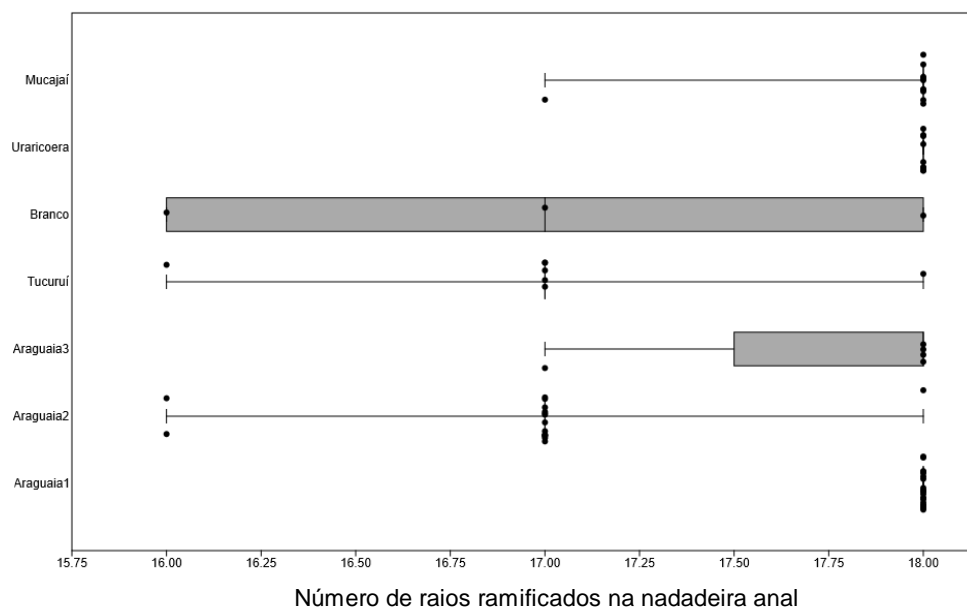
Análises dos caracteres merísticos indicaram que o número de raios não ramificados da nadadeira anal e a quantidade de escamas na linha lateral foram os únicos caracteres que apresentaram variação quando comparadas as populações do rio Branco e rio Tocantins-Araguaia (Fig. 18, 19).

Figura 18. Variação do número de escamas perfuradas da linha lateral em *Exodon paradoxus* nas populações do rio Branco e rio Tocantins-Araguaia. Traço fino no interior do retângulo corresponde à mediana. Traço curto na extremidade corresponde a *outlines*.



As análises indicaram que, embora com sobreposição entre as populações, o número de escamas perfuradas da linha lateral dos exemplares da bacia do rio Branco variou entre 33-36 (moda = 35), enquanto que entre os exemplares da bacia Tocantins-Araguaia variou entre 33-35 (moda = 35). Variação semelhante também foi percebida para o número de raios não ramificados da nadadeira anal (Fig. 19) que apresentou moda 18, variando entre 16-18. Esses resultados, somados às variações morfométricas, podem distinguir as populações das duas bacias, no entanto é necessário haja uma análise com mais representantes de ambas populações.

Figura 19. Variação do número de raios ramificados da nadadeira anal em *Exodon paradoxus* nas populações do rio Branco e rio Tocantins-Araguaia. Traço fino no interior do retângulo corresponde à mediana. Traço curto na extremidade corresponde a *outlines*.



Para as análises osteológicas foram diafanizados seis exemplares da drenagem do rio Branco (4-UFAM-0455; 2-INPA 012255) e dois exemplares do rio Araguaia (INPA 021370). Foram contadas 33 vértebras em todos exemplares diafanizados. A dentição observada nestes exemplares não mostrou diferenças entre as populações analisadas. Dentição: Pré-maxila com 6 dentes unicúspides cônicos internos, 1 mamiliforme grande e 2 cônicos externos desalinhados. Maxila com 1 dente mamiliforme grande e 7-8 cônicos unicúspides alinhados que diminuem gradualmente da região anterior à posterior, 3-4 dentes pequenos cônicos unicúspides na região anterior. Dentário com 15-17 dentes pequenos internos cônicos unicúspides, 2-4 dentes mamiliformes externos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análises morfológicas, merísticas e osteológicas entre populações de *Exodon paradoxus*, pode-se constatar que há variações que podem corroborar a existência de novas espécies, sendo necessário o aumento do tamanho amostral para diagnose destas. Fazendo-se necessário também a investigação dos rastros branquiais destas populações.

A localidade tipo descrita por Müller & Troschel (1844) é na bacia Amazônia, na Guiana Inglesa, desse modo, considerando o histórico evolutivo das bacias, pode-se inferir que as populações do rio Branco se tratam da espécie *Exodon paradoxus* e que as populações do rio Tocantins-Araguaia, caso comprovadas maiores diferenças significativas, tratariam-se de uma ou duas novas espécies.

Neste trabalho foi observado que as populações dessas bacias apresentam variações morfológicas intrapopulacionais que podem representar variações geográficas. Não foram encontrados caracteres indicativos de dimorfismo sexual.

6. REFERÊNCIAS

- Böhlke, J. E.; Weitzman, S. H. & Menezes, N. A. 1978. Estado atual da sistemática os peixes de água doce da América do Sul. *Acta Amazonica*, 8(4):657-677.
- Britski, H. A.; Silimon, K. Z. S. & Lopes, B. S. 1999. Peixes do Pantanal. Manual de identificação. Embrapa-SPI, Embrapa-CPAP, Corumbá, 184p.
- Buckup, P.A. 1998. Relationships of the Characidiinae and phylogeny of the Characiform fishes (Teleostei: Ostariophysa), p123-144. In: *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Malabarba, L.R.; Reis, R.E.; Vari, R.P.; Lucena, Z.M.S. & Lucena, C.A.S. (eds). Edipucrs, Porto Alegre, 603p.
- Bührnheim, C. M. & L. R. Malabarba. 2006. Redescription of the type species of *Odontostilbe* Cope, 1870 (Teleostei: Characidae: Cheirodontinae), and description of three new species from the Amazon basin. *Neotropical Ichthyology*, 4(2): 167-196.
- Chao, N. L. 2001. Fisheries, Diversity and Conservation of Ornamental Fishes of the Rio Negro Basin, Brazil - A Review of Project Piaba (1989-1999). p161-204. In: *Conservation and Management of Ornamental Fish Resources of the Rio Negro Basin, Amazonia, Brazil - Project Piaba*. Chao, N. L.; Petry, P.; Prang, G.; Sonneschien, L. & Tlusty, M. (eds). Edua, Manaus, 310p.
- Constantino, R. & Brandão, C. R. 2001. Taxonomia e sistemática, estudando a diversidade biológica do planeta. *Humanidades*, 48:42-53.
- Diário Oficial da União (DOU). 2005. Instrução Normativa no. 13 do MMA de 2005, Seção 1, p. 83. República Federativa da União, Imprensa Nacional.
- Eigenmann, C. H. 1909. The Fresh Water Fishes of Patagonia and an Examination of the Archiplata-Archhelenis Theory. *Reports of the Princeton University Expeditions to Patagonia, 1896-1899, vol. III, Zoölogy*. Princeton University & Stuttgart, 3:225-374, pls. 30-37.
- Eigenmann, C. H. 1915. The Cheirodontinae, a subfamily of minute characid fishes of South America. *Memoirs of the Carnegie Museum*, 7(1):1-99, pls. 1-17.
- Ferreira, E., Zuanon, J., Forsberg, B., Goulding, M. & Briglia-Ferreira, S.R. 2007. Rio Branco. Peixe, ecologia e conservação de Roraima. *Amazon Conservation*

Association (ACA)/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)/Sociedade Civil Mamiarauá, Lima, 201 p.

Fink, W. L. & Weitzman, S. H. 1974. The so-called Cheirodontin fishes of Central America with descriptions of two new species (Pisces: Characidae). *Smithsonian Contribution to Zoology of Washington*, (172):1-46.

Froese, R. & Pauly, D. (eds). (2019). *FishBase: A Global Information System on Fishes*. Disponível. World Wide Web electronic publication. Disponível em <www.fishbase.org> versão 08/2019. Acessado em 15/11/2019.

Géry, J. 1977. *Characoids of the world*. T.F.H. Publications, Neptune City, 672p.

Hubert, N. & Renno, J. F. 2006. Historical biogeography of South American freshwater fishes. *Journal of Biogeography*: 1-23.

Lundberg, J. G.; Marshall, L. G.; Guerrero, J.; Horton, B.; Malabarba, M. C. S. L. & Wesselingh, F. 1998. The stage for neotropical fish diversification: a history of tropical South American rivers, p13-48. In: *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*.

Malabarba, L. R. & Weitzman, S. H. Description of a new genus with six new species from southern Brazil, Uruguay and Argentina, with a discussion of a putative characid clade (Teleostei: Characiformes: Characidae). *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS. Série Zoologia*, 16(1): 67-151, 2003.

Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. *Fishes of the world*. John Wiley & Sons. 2016.

Novakowski, G. C., Fugi, R., & Hahn, N. S. 2004. Diet and dental development of three species of *Roeboides* (Characiformes: Characidae). *Neotropical Ichthyology*, 2(3), 157-162.

Oliveira, C.; Avelino, G.S.; Abe K.T; Mariguela, T.C.; Benine, R.C.; Orti, G.; Vari, R.P; Castro, R.M.C.C. 2011. Phylogenetic relationships within the speciose family Characidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes) based on multilocus analysis and extensive ingroup sampling. *BMC evolutionary biology*. 11. 275.

Pereira, P. R., Agostinho, C. S., Oliveira, R. J. D., & Marques, E. E. 2007. Trophic guilds of fishes in sandbank habitats of a Neotropical river. *Neotropical Ichthyology*, 5(3), 399-404.

- Prang, G. 2001. Aviamento and the ornamental fishery of the rio Negro, Brazil: implications for sustainable resource use. P43-74. In: Conservation and management of ornamental fish resources of the Rio Negro basin, Amazonia, Brazil - Project Piaba. Chao, N. L.; Petry, P.; Prang, G.; Sonneschien, L. & Tlusty, M. (eds). Edua, Manaus, 310p.
- Reis, R. E.; Kullander, S. O. & Ferraris, C. J. (Eds.). 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Edipucrs, Porto Alegre, 729p.
- Santos, G. M.; Mérona, B.; Juras, A. A. & Jégu, M. 2004. Peixes do baixo rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica Tucuruí. Eletronorte, Brasília, 216p.
- Sazima, I. 1983. Scale-eating in characoids and other fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 9(2), 87-101.
- Sociedade Brasileira de Zoologia, 1990. Diretrizes para o desenvolvimento da Zoologia (DPDZ). Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Zoologia, ano XII, n. 30: 1-10.
- Taylor, W. R. & Van Dyke, G. C. 1985. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage. *Cybiurn*, 9(2):107-119.
- Vari, R. P. & Malabarba, L. R. 1998. Neotropical ichthyology: an overview, p1-11. In: Malabarba, L. R.; Reis, R. E.; Vari, R. P.; Lucena, Z. M. S. & Lucena, C. A. S. (eds). Edipucrs, Porto Alegre, 603p.
- Vari, R. P. & Weitzman, S. H. 1990. A review of the phylogenetic biogeography of the freshwater fishes of South America, p381-393. In: Vertebrates in the tropics. Peters, G. & Hutterer, R. (eds.). Museum Alexander Koenig, Bonn, 424p.
- Weitzman, S. H. & Malabarba, L. R. 1998. Perspectives about the phylogeny and classification of the Characidae, p161-170. In: Malabarba, L. R.; Reis, R. E.; Vari, R.P.; Lucena, Z. M. S. & Lucena, C. A. S. (eds). Edipucrs, Porto Alegre, 603p.
- Weitzman, S. H.; Menezes, N. A.; Evers, H. & Burns, J. R. 2005. Putative relationships among inseminating and externally fertilizing characids, with description of a new genus and species of Brazilian inseminating fish bearing an anal-fin gland in males. *Neotropical Ichthyology*, 3(3): 329-360.

Westneat, M. W. 2004. Evolution of levers and linkages in the feeding mechanisms of fishes. *Integrative and Comparative Biology*, 44(5), 378-389.