

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”  
IBB - Instituto de Biociências de Botucatu  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas  
Área de Concentração: Zoologia

**Efeito do Barramento na Morfologia de *Moenkhausia costae* (Steindachner, 1907) (Teleostei: Characidae):  
Reservatório de Três Marias, Bacia do Rio São Francisco**

Ana Maria Peixoto Fontes Vicensotto

**Botucatu  
2018**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

IBB - Instituto de Biociências de Botucatu  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas  
Área de Concentração: Zoologia

**Efeito do Barramento na Morfologia de *Moenkhausia costae*  
(Steindachner, 1907) (Teleostei: Characidae): Reservatório de  
Três Marias, Bacia do Rio São Francisco**

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Biociências da Universidade Estadual Paulista  
“Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Mestre  
em Ciências Biológicas, Área: Zoologia.

---

Ana Maria Peixoto Fontes Vicensotto

Orientador: Ricardo Cardoso Benine

**Botucatu**

**2018**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA  
INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU -  
UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Vicensotto, Ana Maria Peixoto Fontes.

Efeito do Barramento na Morfologia de *Moenkhausia costae* (Steindachner, 1907) (Teleostei: Characidae): Reservatório de Três Marias, Bacia do Rio São Francisco / Ana Maria Peixoto Fontes Vicensotto. - Botucatu, 2018

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Ricardo Cardoso Benine

Capes: 20400004

1. Alometria. 2. Morfometria. 3. Peixe - Pesquisa. 4. Represas.

Palavras-chave: alometria; morfometria geométrica; peixes; região neotropical; represa.

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

IBB - Instituto de Biociências de Botucatu  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas  
Área de Concentração: Zoologia

**Efeito do Barramento na Morfologia de *Moenkhausia costae*  
(Steindachner, 1907) (Teleostei: Characidae): Reservatório de  
Três Marias, Bacia do Rio São Francisco**

Comissão Julgadora:

---

Prof. Dr. Ricardo Cardoso Benine

---

Prof. Dr. Oscar Akio Shibatta

---

Prof. Dr. Felipe Wanderley Amorim

**Botucatu  
2018**

Dedico este trabalho aos meus pais, ao meu estado psicológico e ao meu avô Luiz, que tornaram tudo isso possível.

*"The greatest enemy of knowledge is not ignorance, it is the illusion of knowledge"*

Stephen Hawking

*"Nothing in biology makes sense except in the light of evolution."*

Theodosius Dobzhansky

## Agradecimentos

A gratidão é um dos sentimentos mais lindos que as pessoas podem expressar, afinal ninguém chega a lugar nenhum sozinho. Esporadicamente, até os mais individualistas, precisam de algum auxílio ainda que indireto, ou de uma mão amiga para se segurar. Para a realização desse trabalho, isso não foi diferente. Eu tive muitos auxílios e muitas mãos amigas que me ajudaram a “segurar a barra”.

Eu não poderia começar meus agradecimentos se não pelo meu orientador e amigo Ricardo Benine, que foi a pessoa diretamente responsável pela realização desse trabalho e que possibilitou que isso tudo acontecesse. Eu fui muito bem recebida no LIB desde o meu primeiro dia. Ele me aceitou no laboratório e, mesmo eu “caindo de paraquedas”, me abriu todas as portas sem nem mesmo me conhecer. Obrigada pela “aposta” na minha pessoa, por toda a confiança depositada, por toda a orientação, por todos os conselhos, por todos os puxões de orelha, por todas as conversas jogadas fora, por todos os cafés da tarde e principalmente, por todo o conhecimento que me passou (e que me orientou a buscar) e por me possibilitar a experiência da pós-graduação! Ela foi fundamental para meu crescimento profissional e pessoal também. Sem você nada disso seria possível, muito obrigada!

Aos meus amados pais, Viviane e Francisco. Eles me deram o maior presente, a vida. Parafraseando o ex-presidente do Uruguai, José Mujica, “es un milagro estar vivo”. Eles me deram de presente esse milagre, eles estão por trás do ser humano que eu me tornei, me deram os puxões de orelha correspondentes quando precisei, me orientaram (e orientam) quando estive em dúvidas sobre que fazer (e não são poucas as crises existenciais!), apoiaram cada sonho por mais maluco que fosse, me levaram a muitos shows de rock inesquecíveis (já fui em muitos outros depois disso, mas os meus favoritos sempre serão os dois shows do Iron Maiden da turnê Somewhere Back in Time), e o principal, o amor incondicional sempre. Eu não tenho palavras para vocês. Nada do que eu fale, chega perto do que eu sinto. Eu amo vocês!

À minha mãe agradeço sempre o amor, as conversas francas que sempre tivemos nas quais nem sempre concordávamos, mas sempre terminávamos em uma compreensão mútua! Agradeço todas as lições que você me ensinou (você me ensinou muito mais do que pode imaginar!), todos os sacrifícios que fez por mim e pela Clarinha,

todos os conselhos, todas as baladas (mesmo quando a balada era ficar em casa e pedir uma pizza!). Com você eu aprendi a ser sempre uma pessoa tão correta quanto possível (herança do Seu Fontes também!), eu aprendi a ser pé no chão, eu aprendi a ter “feeling” e jogo de cintura para as situações e pessoas que a vida coloca diante de nós! Eu amo você!

Ao meu pai agradeço o amor, a alegria com a qual me criou, embora minha fase de pré-adolescente tenha sido extremamente mal-humorada e emburrada! Agradeço por me ensinar a ser mais leve na maneira de viver (e só na maneira de viver porque a barriga só cresce!), agradeço e ao mesmo tempo lamento você ter tido de trabalhar tanto para poder me criar, isso acabou me privando algumas horas a mais por dia com você! Mas o amor não muda. Obrigada pelos tantos conselhos, conversas e práticas desde a infância sobre natação, yoga, musculação, corrida. Praticamente todo o meu contato e gosto por esporte veio disso (apesar de eu reclamar tanto na época da natação). Eu amo você!

Ao meu avô, Luiz. Sem ele, todo o meu estudo desde a infância teria sido muito mais difícil. Agradeço por todo apoio em me tornar o que sou hoje, por cada viagem e lugar incrível que me levou conhecer, por todas as conversas jogadas fora tomando uma cervejinha juntos, por todas as canastras que jogamos desde a infância, por toda a sabedoria, por todas as histórias, uma mais cabeluda e engraçada que a outra!

Às minhas avós, Niva e Esmeralda, que com origens humildes sempre acolhiam os netos da maneira que apenas as avós sabem. Foi com a Dona Niva que eu aprendi a jogar a canastra que até hoje jogo com o Seu Fontes, foi com ela que eu aprendi a desejar sempre o bem mesmo a quem nos deseja mal, essa é uma lição que eu nunca vou esquecer! Com a “Esmerarda”, eu aprendi a simplicidade das coisas e que nada na vida é tão grave que não possa ser amenizado com um cafezinho preto e um bolinho simples acompanhando.

Aos colegas e amigos do LIB, que desde o início me acolheram e me ensinaram a dar os primeiros passos dentro da Ictiologia e Sistemática e Evolução de Peixes. Obrigada por todos os ensinamentos, todas as conversas jogadas fora, assim como todas as conversas e discussões sobre trabalhos e metodologias! Obrigada por compartilharem comigo as alegrias e as agonias da pós-graduação, por compartilharem e me permitirem

fazer parte da história de vocês, pelos happy hours e pela companhia de todos os dias! Marina, Valter, Carolzinha, Lais, James (vai Peruuuu) e Bel, muito obrigada!

Aos amigos que me acompanham desde sempre, alguns desde a infância! Daniel Cavallini que me acompanha desde os 11 anos de idade! Migo, muito obrigada por me aturar tanto tempo e principalmente, obrigada por ter me chamado para tomar aquela cerveja depois de um tempo sem termos tido contato! Se não fosse esse convite quando voltei para Botucatu, não sei se teríamos a amizade tão sólida quanto temos hoje!

Ao “Bonde” mais maravilhoso que a vida e a faculdade me apresentaram: Samanta, Bia Pinho e Bia Malaghine que apesar de não conseguirmos nos ver ou falar com a frequência que queríamos, a sintonia e amizade continua a mesma!

À minha “cumadi”, Bia Rodrigues, que me acompanhou (e ainda acompanha) desde o primeiro colegial! Nós choramos as mágoas juntas do vestibular, passamos juntas e praticamente formamos juntas. Pode acreditar miga, sempre me espelhei muito em você no que diz respeito a estudar, por que pelo amor, que empenho!

À gata taurina mais badalada do zodíaco, Vanessa. Por todos os rolês bons, todos os rolês ruins, todos os rolês tortos também. Por todos os lanches do Mc’Donalds, por todos os rodízios de comida japonesa, todos os shows, festivais e viagens (VEM OKTOBER FEST).

À minha amiga e “parça” yogini Karine, por ser ter se tornado tão especial em tão pouco tempo. Obrigada pela amizade, pelas conversas, pelos rolês LOUCOS, pelas bebedeiras, pelos açaís e pelas tardes no Lageado ou na sua casa sem fazer absolutamente nada.

Obrigada Universo por colocar no meu caminho o grupo de yoga mais maluco, mais legal e mais parceiro de todos! Carlos, Leandro, Giovana, Daniel, Priscila, Samara, Tati e Laura. Obrigada pela amizade sempre tão verdadeira e franca, pela yoga, por me levarem para as trilhas (hábito que eu tinha perdido havia um tempo e que me fazia muita falta), pelos acampamentos, sessões de cinema, reuniões, conversas, jogos, gordices, bares e principalmente, obrigada por serem tão loucos quanto eu! Namastê.

Aproveitando meus agradecimentos, vou também homenagear uma amiga que em tão pouco tempo de convivência e mesmo sendo tão nova, me ensinou mais sobre ser uma pessoa boa e a ter empatia pelas pessoas que muita gente por aí. Infelizmente seu tempo entre nós foi curto, porém intenso. Obrigada pela amizade, pela alegria

contagiante, pelos ensinamentos e por compartilhar comigo um pouquinho da sua história! Olhe por nós de onde estiver, Camilinha! Minha (nossa) ida à Tailândia está em fase de planejamento, e espero que você sinta toda a energia que eu emanar de lá para você! Vejo você na próxima jornada!

Agradeço a todos os colegas do Departamento de Zoologia por compartilharem suas experiências, alegrias e desesperos (que sempre entrava como pauta em algum momento das conversas!). Obrigada pelos almoços juntos, pelas confraternizações, pelos forrós (eu nasci e fui criada escutando o bom e velho rock'n'roll, mas gente, para mim é humanamente impossível resistir a dançar forró, podem começar a me julgar), pelas conversas, tanto as furadas quanto as técnicas em busca de aperfeiçoamento para nossos trabalhos!

Muito obrigada a todas as pessoas que deram apoio técnico para a realização desse trabalho. Aos técnicos e curadores das coleções ictiológicas Claudio Oliveira (LBP), Flávio Lima (ZUEC), Aléssio Datovo (MZUSP), Luísa Sarmento (MBML), Francisco Langeani (DZSJRP), Flávio Bockmann (LIRP), Carlos Alberto Santos de Lucena (MCP), Marcelo Fulgêncio Guedes de Brito (CIUFS), Paulo Lucinda (UNT) e Paulo Duarte Lopes (UEFS). Aos profissionais Tulio Teixeira e Gabriel Torquato que coletaram e enviaram amostras para a realização deste trabalho. Ao pessoal do Laboratório de Ictiologia de Ribeirão Preto da USP, Flávio Bockmann, Hertz Figueiredo dos Santos e André Esguicero, que não apenas disponibilizaram o sistema de raio-x, mas nos receberam e auxiliaram para a tomada das radiografias. Aos profissionais do Museu de História Natural de Munique (Dr Dirk Neumann) e do Museu de História Natural de Viena (Dra Bettina Riedel), que tão pronta e gentilmente me enviaram fotos do material-tipo e ao Museu de História Natural de Paris por disponibilizar online tal material. E, finalmente, ao Professor Francisco Assis Ganeo de Mello (Chicão) que sempre manteve sua megalupa à disposição para tomada de fotos.

Agradeço a Unesp, ao IBB e ao Departamento de Zoologia por toda a estrutura e suporte oferecidos, além de todos seus funcionários que viabilizam seu funcionamento e tornam nossos dias tão agradáveis!

Meu muito obrigada também a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de Mestrado.

### **Aviso**

Este manuscrito é parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, Área de Zoologia, e não deve ser tomado como uma publicação científica. Portanto, informações inéditas, opiniões e hipóteses, não estão disponíveis na literatura científica. Os interessados devem estar cientes de que referências públicas ao conteúdo deste estudo devem ser feitas somente com aprovação prévia do autor.

### **Notice**

This manuscript is part of the requirements for the Master Dissertation Degree in Biological Sciences, Zoology area, and should not be taken as a scientific publication. Therefore, new information, opinions, and hypotheses, are not available in the scientific literature. Interested people ought to be aware of that public references to this study should be done only after previous acceptance of the author.

## Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE TABELAS.....	xvii
<b><u>CAPÍTULO I</u>: Revisão Taxonômica de <i>Moenkhausia costae</i> (Steindachner, 1907).....</b>	<b>1</b>
RESUMO.....	2
ABSTRACT.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. OBJETIVOS.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
4. RESULTADOS.....	12
5. DISCUSSÃO.....	24
6. MATERIAL COMPARATIVO.....	25
7. LITERATURA.....	26
<b><u>CAPÍTULO II</u>: Efeito do Barramento na Morfologia de <i>Moenkhausia costae</i> (Steindachner, 1907) (Teleostei: Characidae): Reservatório de Três Marias, Bacia do Rio São Francisco.....</b>	<b>31</b>
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
1. INTRODUÇÃO.....	34
2. OBJETIVOS.....	37
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	38

<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
<b>5. DISCUSSÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>6. LITERATURA.....</b>	<b>68</b>

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1:** Exemplos de *Moenkhausia costae*. A - LBP 10399; 53,98 mm CP – coletado no Córrego Joaninha (Rio São Francisco); B - LBP 277; 55,23 mm CP – coletado na UHE Três Marias.....**13**

**Figura 2:** Peças bucais de *Moenkhausia costae*. A: Pré-maxilar; B: dentário e C: maxilar.....**14**

**Figura 3:** Mapa de distribuição do material analisado de *Moenkhausia costae*. A amostragem compreende as bacias dos rios São Francisco (em amarelo), do alto rio Paraná (em vermelho), do rio Paraguaçu (laranja) e do rio Jaguaribe/Atlântico Nordeste Oriental (em azul). Algumas coordenadas estão aproximadas.....**18**

**Figura 4:** Gráfico das Análises de Componentes Principais demonstrando populações de *Moenkhausia costae* das bacias do rio São Francisco (preto), rio Jaguaribe (vermelho) e rio Paraguaçu (rosa).....**19**

**Figura 5:** Gráfico da Análise de Variáveis Canônicas Livres de Tamanho de populações de *Moenkhausia costae* das bacias do rio São Francisco (preto), rio Jaguaribe (vermelho) e rio Paraguaçu (rosa).....**20**

### CAPÍTULO II

**Figura 1:** Exemplo de radiografia com um exemplar de *Moenkhausia costae* (lote LIRP 3771) contendo a configuração dos marcos anatômicos utilizados no trabalho.....**44**

**Figura 2:** A - *Moenkhausia costae* – LBP 10399; 53,98 mm CP – Córrego Joaninha (Rio São Francisco); B - *Moenkhausia costae* – LBP 277; 55,23 mm CP – Represa da UHE Três Marias; C: contorno do corpo de exemplar não represado; D: contorno do corpo de exemplar represado.....**48**

**Figura 3:** Gráfico da Análise de Componentes Principais. Exemplos em preto: lagoas do São Francisco; exemplos em vermelho: UHE. As circunferências representam a ocorrência de 95% dos dados.....**51**

- Figura 4:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. altura do corpo. B: Comprimento padrão vs. distância pré-dorsal.....51
- Figura 5:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. distância pré-peitoral. B: Comprimento padrão vs. distância pré-pélvica.....52
- Figura 6:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. distância pré-anal. B: Comprimento padrão vs. altura do pedúnculo.....52
- Figura 7:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. comprimento do pedúnculo caudal. B: Comprimento padrão vs. comprimento da nadadeira peitoral.....52
- Figura 8:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. comprimento da nadadeira pélvica. B: Comprimento padrão vs. comprimento da nadadeira dorsal.....53
- Figura 9:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. comprimento da base da nadadeira dorsal. B: Comprimento padrão vs. comprimento da nadadeira anal.....53
- Figura 10:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. comprimento da base da nadadeira anal. B: Comprimento padrão vs. comprimento da cabeça.....53
- Figura 11:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. altura da cabeça. B: Comprimento padrão vs. diâmetro da órbita.....54
- Figura 12:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. distância interorbital. B: Comprimento padrão vs. comprimento do focinho.....54
- Figura 13:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. comprimento do osso maxilar superior. B: Comprimento padrão vs. distância do olho até a origem da nadadeira dorsal.....54
- Figura 14:** Regressão: comprimento padrão vs. distância da órbita até a origem da nadadeira dorsal.....55
- Figura 15:** A: Wireframe obtido a partir da base de dados das populações das lagoas marginais. B: Wireframe obtido a partir da base de dados da UHE Três Marias. Para ambos, a forma azul claro representa o formato médio encontrado em exemplares jovens e a forma azul escuro representa a tendência do formato dos indivíduos adultos.....58

**Figura 16:** *Mudança de forma representada através dos gráficos lollipop. Cor Preta representa os animais coletados em lagoas marginais; cor Alaranjada representa os animais coletados na represa.....60*

**Figura 17:** *Gráficos resultantes de Análises de Componentes Principais feitos a partir dos conjuntos de bases das populações. A: exemplares de lagoas marginais; B: UHE Três Marias. Para ambos os gráficos: em azul estão representados indivíduos pequenos (20 a 34,99 mm), em verde estão representados indivíduos de tamanho médio (35 a 49,99 mm) e em vermelho estão representados os indivíduos maiores de 50 mm; C: dataset combinado, em preto representados animais de lagoas marginais e em vermelho animais da UHE Três Marias.....61*

**Figura 18:** *Gráfico da Análise Discriminante. Lagoas (em preto) vs. UHE (em vermelho).....62*

## **LISTA DE TABELAS**

### **CAPÍTULO I**

**Tabela I:** *Dados morfométricos de Moenkhausia costae (n= 784) .....16*

**Tabela II:** *Dados das variáveis dos eixos I e II da Análise de Variáveis Canônicas.....20*

### **CAPÍTULO II**

**Tabela I:** *Exemplo de radiografia com um exemplar de Moenkhausia costae (lote LIRP 3771) contendo a configuração dos marcos anatômicos utilizados no trabalho.....44*

**Tabela II:** *Dados morfométricos de Moenkhausia costae de exemplares coletados fora da área de influência da UHE Três Marias (n= 569).....49*

**Tabela III:** *Dados morfométricos de Moenkhausia costae coletados na UHE Três Marias (n= 159).....50*

**Tabela IV:** *Valores de P, R<sup>2</sup> e coeficiente alométrico das variáveis morfométricas de Moenkhausia costae para os habitats estudados.....55*

# Capítulo I

**Revisão Taxonômica de *Moenkhausia costae* (Steindachner, 1907)**

## Revisão Taxonômica de *Moenkhausia costae* (Steindachner, 1907)

### RESUMO

O gênero *Moenkhausia* conta, atualmente, com 90 espécies válidas e se encontra alocado na subfamília Stethaprioninae, na família Characidae. No presente estudo *Moenkhausia costae* foi investigada com o intuito de fornecer uma redescrição sobre a espécie visto sua grande variação morfológica, que pode gerar dúvidas sobre sua classificação. Foram analisados, através de dados morfométricos e merísticos, 96 lotes, totalizando 784 espécimes disponíveis em coleções ictiológicas brasileiras. A partir das análises, foi verificado e constatado que não há novas espécies, apesar da grande variação morfológica e a espécie foi detalhadamente redescrita apresentando toda variação encontrada. Também ampliamos a área de distribuição da espécie, que se encontrava desatualizada.

Palavras-chave: redescrição, peixes neotropicais, Characidae

## **ABSTRACT**

The genus *Moenkhausia* currently has 90 valid species and it is allocated in the subfamily Stethaprioninae, in the Characidae Family. In the present study, *Moenkhausia costae* was investigated in order to provide a redescription of the species due to its great morphological variation, which may generate doubts about its classification. A total of 96 lots were analyzed through morphometric and meristic data, totaling 784 specimens available in Brazilian ichthyological collections. From the analysis, it was verified and determined that there are no new species, despite the great morphological variation and the species was detailed redescrbed showing all the variation found. We also expanded the occurrence area, which was outdated.

Key-words: redescription, neotropical fishes, Characidae

# Revisão Taxonômica de *Moenkhausia costae* (Steindachner, 1907)

## 1. INTRODUÇÃO

A América do Sul está inserida na região biogeográfica Neotropical, que abrange desta até parte do México, e possui uma das maiores riquezas ictiofaunísticas do mundo (incluindo espécies dulcícolas e marinhas). Apresenta cerca de 5160 espécies dulcícolas conhecidas e provavelmente tantas outras ainda por se conhecer devido ao alto número de descrições todos os anos (Reis *et al.*, 2016).

Uma das ordens mais diversas de peixes de água doce é a Characiformes (Reis *et al.*, 2016), com 24 famílias e 22 subfamílias (Fricke *et al.*, 2018). A ordem é representada por piranhas, pacus, piabas, lambaris, dentre outras. A família Characidae é a mais diversa dentro da ordem Characiformes, apresentando 9 subfamílias além de contar com 37 espécies consideradas como *incertae sedis*, totalizando 1173 espécies válidas (Fricke *et al.*, 2018).

O gênero *Moenkhausia* Eigenmann 1903 está atualmente alocado em Characidae e é um dos gêneros mais diversos com 90 espécies válidas (Fricke *et al.*, 2018), perdendo em número de espécies somente para o gênero *Astyanax* Baird & Girard 1854. O gênero encontra-se atualmente inserido na subfamília Stethaprioninae, segundo estudo realizado por Mirande (2018).

O gênero foi proposto por Eigenmann (1903) para alocar *Tetragonopterus xinguensis* (Steindachner 1882), descrito como uma espécie muito semelhante ao gênero *Markiana* Eigenmann 1903, diferindo deste por apresentar nadadeira anal nua (*vs.* coberta por escamas) e escamas recobrimdo parcialmente a nadadeira caudal (*vs.* nadadeira caudal nua). Eigenmann (1917) propõe o seguinte conjunto de características diagnósticas que definem o gênero *Moenkhausia*, através de uma chave de identificação: lobos da nadadeira caudal parcialmente cobertos por escamas, osso pré-maxilar com duas séries de dentes (sendo a série interna composta por dentes multicuspidados) e linha lateral geralmente completa e sem curvatura acentuada, como encontrado em *Tetragonopterus*.

Apesar de *Moenkhausia* apresentar fortes indícios de ser um grupo polifilético (Benine, 2004; Mirande, 2010; Oliveira *et al.*, 2011; Mariguela *et al.*, 2013), diversos estudos apontam subgrupos monofiléticos dentro do gênero (Benine, 2004; Mariguela *et al.*, 2013; Petrolli & Benine, 2015). Ainda que esses trabalhos tentem solucionar as confusões taxonômicas presentes no gênero, muito tem se revelado através de ferramentas genéticas (e.g. Melo *et al.*, 2016).

Uma de suas espécies, *Moenkhausia costae* (Steindachner, 1907), é um peixe conhecido popularmente como piaba, e foi originalmente descrito como *Tetragonopterus costae*. Através de uma série sintípica coletada em “Rio San Francisco, Rio Grande do Norte e Rio Preto em Joazeiro, Barra, Santa Rita do Rio Prato”, foi realizada uma descrição muito breve e sucinta da espécie. Após 10 anos de sua descrição original, Eigenmann (1917), em sua grande revisão, aloca *Tetragonopterus costae* (Steindachner 1907) para o gênero *Moenkhausia*.

Esta espécie pode ser facilmente reconhecida através de uma faixa de coloração negra que se inicia nos primeiros raios da nadadeira anal e se estende até o final do lobo superior da nadadeira caudal. Contudo, Eigenmann (1917) menciona que “[...*the depth varying greatly...*”] indicando que a morfologia da espécie pode variar. Não havendo redescrições recentes com as especificidades e variações morfológicas de *M. costae* e, considerando as recentes descobertas de espécies crípticas, torna-se relevante a atualização taxonômica das espécies e sua redescrição.

## 2. OBJETIVOS

Realizar a revisão taxonômica de populações de *Moenkhausia costae* (Steindachner, 1907).

### Objetivos específicos:

- Identificar os padrões da espécie;
- Obter dados morfológicos para a sua redescrição e, se possível, a descrição de novos táxons;
- Precisar as áreas de ocorrência da espécie e confeccionar um mapa com a área de ocorrência atualizada da espécie.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste estudo foram analisados 96 lotes, totalizando 784 exemplares de diferentes populações de *Moenkhausia costae*. Os dados da espécie são apresentados na Tabela I com a amplitude total dos caracteres.

A descrição de *M. costae* foi baseada em mais de uma forma corporal encontrada nas diferentes localidades, pois se trata de uma espécie que apresenta bastante variedade de formas. Nas descrições, os valores entre parênteses representam a frequência da observação, os algarismos romanos minúsculos indicam o número de raios não ramificados e os algarismos arábicos o número de raios ramificados das nadadeiras.

As contagens e medidas foram tomadas preferencialmente no lado esquerdo dos espécimes. Para a confecção das tabelas e gráficos foram utilizados os programas Microsoft Excel 2013 e PAST versão 2.17c (Hammer *et al.*, 2001).

#### 3.1 Material Analisado

O material utilizado neste trabalho é proveniente de diversas coleções ictiológicas, dentre elas: Museu de História Natural de Viena; Coleção de Zoologia de Munique; Museu de História Natural de Paris; Laboratório de Biologia e Genética de Peixes, UNESP Botucatu; Museu de Zoologia da USP; Museu de Ciências e Tecnologia, PUCRS, Porto Alegre; Laboratório de Ictiologia – UNESP São José do Rio Preto; Coleção de Peixes do Laboratório de Ictiologia Sistemática - Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional; Museu de Zoologia Adão José Cardoso – UNICAMP, Campinas; Museu de Biologia Professor Mello Leitão, Santa Teresa (ES) e Coleção de Ictiologia, UFS.

##### 3.1.1 Abreviações das Instituições de Pesquisa

CIUFS – Coleção de Ictiologia da UFS, São Cristóvão, SE;

DZSJRP – Departamento de Zoologia e Botânica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto, SP, Brasil;

LBP – Laboratório de Biologia de Peixes, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP, Brasil;

LIRP – Laboratório de Ictiologia de Ribeirão Preto, FFCLRP – USP, Ribeirão Preto, SP;

MBML – Museu de Biologia Professor Melo Leitão, Santa Teresa, ES;

MCP – Museu de Ciências e Tecnologia, PUCRS, Porto Alegre, Brasil;

MZUSP – Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, SP, Brasil;

UNT - Coleção de Peixes do Laboratório de Ictiologia Sistemática - UFT, Porto Nacional, TO;

ZUEC – Museu de Zoologia Adão José Cardoso – UNICAMP, Campinas, SP.

### **3.2 Morfometria e Merística**

Os exemplares foram submetidos a uma série de 22 medidas corporais e 16 contagens. As medidas foram tomadas através de paquímetro digital (precisão 0,1mm), de ponto a ponto, enquanto as contagens foram feitas com auxílio de agulha. Ambas foram efetuadas sempre sob estereomicroscópio.

A morfometria linear seguiu Fink & Weitzman (1974) e Menezes & Weitzman (1990), exceto: altura da cabeça (abaixo especificada) e da contagem das séries de escamas abaixo da linha lateral, contabilizada entre a linha lateral e a série de escamas médio-ventrais, seguindo Petrolli & Benine (2015).

#### MORFOMETRIA:

1. Comprimento padrão: da extremidade anterior do focinho até a dobra hipural (base da nadadeira caudal);
2. Altura do corpo: maior distância entre as margens corporais dorsal e ventral;
3. Distância pré-dorsal: da extremidade anterior do focinho até a origem da nadadeira dorsal;
4. Distância pré-pélvica: da extremidade anterior do focinho até a origem da nadadeira pélvica;

5. Distância pré-peitoral: da extremidade anterior do focinho até a origem da nadadeira peitoral;
6. Distância pré-anal: da extremidade anterior do focinho até a origem da nadadeira anal;
7. Altura do pedúnculo caudal: menor distância entre as margens dorsal e ventral do pedúnculo caudal;
8. Comprimento do pedúnculo caudal: distância entre a inserção do último raio da nadadeira anal e a dobra hipural;
9. Comprimento da nadadeira peitoral: comprimento do maior raio da nadadeira peitoral;
10. Comprimento da nadadeira pélvica: comprimento do maior raio da nadadeira pélvica;
11. Comprimento da nadadeira dorsal: comprimento do maior raio da nadadeira dorsal;
12. Comprimento da base da nadadeira dorsal: distância entre o primeiro e o último raio da nadadeira dorsal;
13. Comprimento da nadadeira anal: comprimento do maior raio da nadadeira anal;
14. Comprimento da base da nadadeira anal: distância entre o primeiro e o último raio da nadadeira anal;
15. Comprimento da cabeça: da extremidade posterior do focinho até a porção posterior do opérculo;
16. Altura da cabeça: linha reta vertical medida da margem posterior do espinho supraoccipital;
17. Diâmetro da órbita: maior distância entre as margens anterior e posterior da órbita;
18. Distância interorbital: menor distância entre a margem superior da órbita esquerda e a margem superior da órbita direita;
19. Comprimento do focinho: da extremidade anterior do focinho até a margem anterior da órbita;
20. Comprimento da maxila superior: da extremidade anterior do focinho até a extremidade posterior do maxilar;
21. Distância órbita-nadadeira dorsal: da margem posterior da órbita até a origem da nadadeira dorsal;
22. Distância nadadeira dorsal-nadadeira caudal: da origem da nadadeira dorsal até a origem da nadadeira caudal.

### MERÍSTICA:

1. Número total de escamas perfuradas na linha lateral;
2. Número de séries de escamas acima da linha lateral;
3. Número de séries de escamas abaixo da linha lateral;
4. Número de escamas em torno do pedúnculo caudal;
5. Número de raios da nadadeira dorsal;
6. Número de raios da nadadeira anal;
7. Número de raios da nadadeira peitoral;
8. Número de raios da nadadeira pélvica;
9. Número de rastros branquiais;
10. Número de vértebras;
11. Número de dentes no osso maxilar;
12. Número de dentes na fileira interna do osso pré-maxilar;
13. Número de dentes na fileira externa do osso pré-maxilar;
14. Número de dentes no osso dentário;
15. Número de escamas da série pré-dorsal;
16. Número de raios procorrentes (principais, dorsais e ventrais).

### **3.3 Preparação Osteológica**

Para a confirmação e análise de dentes, vértebras, ossos supra neurais e presença de ganchos foram realizadas preparações osteológicas de alguns representantes da espécie alvo do estudo por meio do método de diafanização proposto por Taylor & Van Dyke (1985).

As quatro vértebras fusionadas do Aparelho de Webber foram contadas como um único elemento, assim como a fusão PU1+U1 da região caudal. As contagens de vértebras, ossos supra neurais e procorrentes também foram conferidas por meio de exemplares radiografados.

### **3.4 Análises Estatísticas**

Os exemplares foram separados de acordo com a bacia hidrográfica. Os dados de 774 exemplares foram submetidos a uma Análise de Componentes Principais (PCA), no software PAST versão 2.17c (Hammer *et al.*, 2009), afim de verificar as diferenças populacionais. Para a realização da PCA, os dados brutos foram convertidos em logaritmo. A partir dessa mesma matriz de dados logarítmicos, foi realizada uma Análise de Variáveis Canônicas (CVA). Para a CVA não foi possível incluir o lote analisado DZSJRP 18225 pois este conta com somente 1 exemplar.

### **3.5 Imagens**

Alguns exemplares foram fotografados com auxílio de câmera fotográfica Nikon D40 e editadas com auxílio do software Photoshop versão 13.0. As fotografias serviram de base para desenhar, com auxílio do Adobe Illustrator versão 16.0.0, e evidenciar os contornos do corpo (outliers) de cada morfotipo extremo encontrado. Para a confecção do mapa de distribuição foi utilizado o software QGIS (Quantum Gis versão 2.18).

## 4. RESULTADOS

### ***Moenkhausia costae* (Steindachner, 1907)**

(Fig. 1, Tab. I e II)

*Tetragonopterus costae* Steindachner, 1907: 84 (descrição original, localidade tipo: Rio San Francisco, Rio Grande do Norte e Rio Preto em Joazeiro, Barra, Santa Rita do Rio Prato [Brazil]; Síntipos: Muséum national d'Histoire Naturelle (MNHN), Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino (MZUT), Zoologische Staatssammlung München (ZSM). Tortonese, 1940: 133-144 (catálogo de tipos). Bertin, 1948: 1-49 (catálogo de tipos). Neumann, 2011: 247 (catálogo de tipos).

*Moenkhausia costae*: Eigenmann & Myers, 1917: 66, 68, 93 (sinonímia, chave de identificação e breve descrição). Ringuelet, 1975: 63 (levantamento de peixes do alto rio Paraná). Pompeu & Godinho, 2003: 171, 176 (levantamento ictiofaunístico de lagoas do rio São Francisco). Rosa, 2004: Anexo 1 (levantamento dos peixes da Caatinga). Alves & Pompeu, 2005: 600 (histórico ictiofaunístico do rio das Velhas). Britski & Lima, 2008: 568 (remarks sobre pigmentação). da Luz *et al.*, 2009: 121 (levantamento de peixes em uma lagoa do rio São Francisco). Melo *et al.*, 2011: 54 (material comparativo). Luz *et al.*, 2012: 362 (levantamento da ictiofauna de lagoas marginais do rio São Francisco). Weiss *et al.*, 2012: 75 (material comparativo). Petrolli & Benine, 2015: 418 (material comparativo). Silva *et al.*, 2014: 4 (levantamento ictiofaunístico da bacia do rio Piranhas-Açú). Azevedo-Santos & Benine, 2016: 208 (material comparativo). Sanches *et al.*, 2016: 193 (estudo ictiofaunístico em reservatório do alto rio Paraná). Barbosa *et al.*, 2017: 74 (levantamento da ictiofauna do rio São Francisco).

**Diagnose.** *Moenkhausia costae* se difere de todas as espécies congêneres devido à presença de uma faixa diagonal negra que se inicia nos primeiros raios da nadadeira anal estendendo-se através da mesma e terminando no lobo superior da nadadeira caudal.

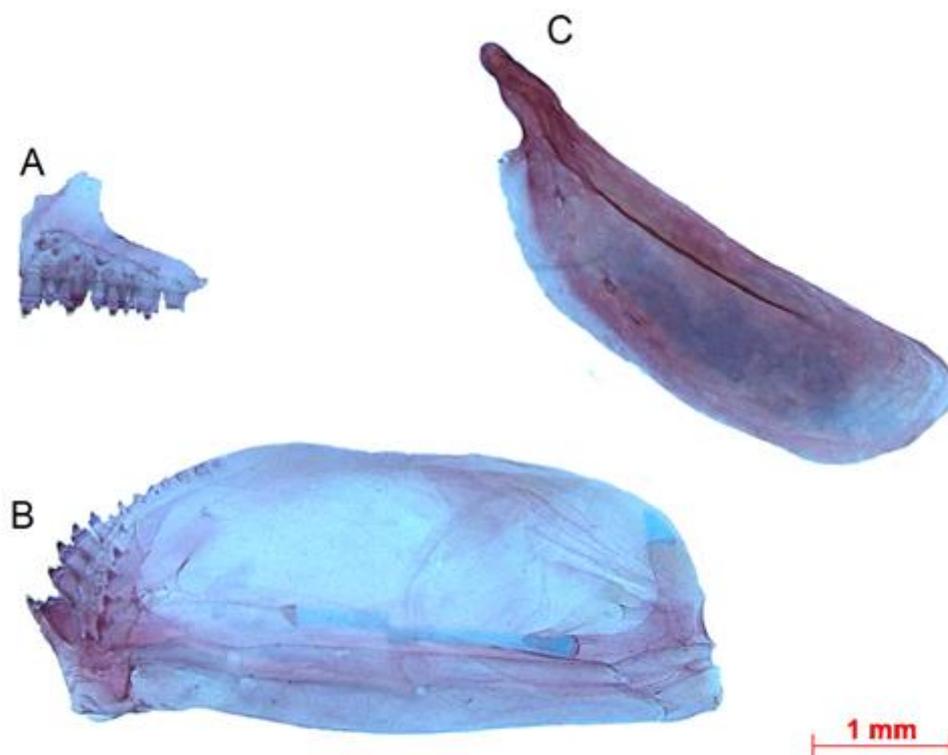
**Descrição.** Dados morfométricos apresentados na Tabela I. Maior exemplar analisado medindo 66,6 mm CP. Corpo comprimido. Maior altura do corpo se localiza anteriormente à origem da nadadeira dorsal. Perfil dorsal da cabeça convexo da

extremidade da ponta do focinho até a margem anterior da narina, levemente côncavo ou reto desde a narina até a extremidade distal do espinho supraoccipital. Perfil dorsal do corpo variando entre levemente convexo e convexo desde o espinho supraoccipital até a origem da nadadeira dorsal. Da origem da nadadeira dorsal ao final da nadadeira adiposa o perfil pode variar entre inteiramente reto e inclinado ou com uma área convexa entre o último raio da nadadeira dorsal e o final da nadadeira adiposa e levemente côncavo ou reto sobre o pedúnculo caudal. Perfil ventral do corpo pode ser convexo, da ponta da mandíbula à origem da nadadeira anal, ou convexo da ponta da mandíbula até o opérculo e reto com inclinação do opérculo ao primeiro raio da nadadeira anal; inclinado ao longo da base da nadadeira anal e levemente côncavo ou reto sob o pedúnculo caudal.



**Figura 1:** Exemplos de *Moenkhausia costae*. A - LBP 10399; 53,98 mm CP – coletado no Córrego Joaninha (Rio São Francisco); B - LBP 277; 55,23 mm CP – coletado na UHE Três Marias.

Maxila de tamanho igual ou ligeiramente maior à mandíbula, boca terminal. Maxilar ligeiramente curvado anteriormente; margem posterior alcançando a margem anterior do olho, nunca ultrapassando o segundo infraorbital. Dentes do pré-maxilar distribuídos em duas séries, a série externa composta por 3 (177), 4 (497), 5 (40) ou 6 (1) dentes tricuspidados ou pentacuspídeos, sendo a cúspide central maior; série interna com 4 (5), 5 (341), 6 (355) ou 7 (13) dentes pentacuspídeos, sendo a cúspide central maior; maxilar com 0 (701) ou 1 (13) dente, dentário com 4(28), 5 (436), 6 (243) ou 7 (7) dentes maiores, com 3 a 5 cúspides, sendo a cúspide central maior e mais larga que as laterais; o dentário pode apresentar uma série de pequenos dentes cônicos.



**Figura 2:** Peças bucais de *Moenkhausia costae*. A: Pré-maxilar; B: dentário e C: maxilar.

Linha lateral completa, ligeiramente curvada anteriormente, com 30 (5), 31 (13), 32 (37), 33 (127), 34 (366), 35 (145), 36 (16) ou 37 (1) escamas perfuradas; foram identificados 4 exemplares com linha lateral incompleta e 1 com linha lateral interrompida. Séries de escamas longitudinais entre a origem da nadadeira dorsal até a

linha lateral 4 (11), 5(695) ou 6 (8); séries de escamas longitudinais entre a linha lateral e o médio ventral 3 (4), 4 (704) ou 5 (7). Série pré-dorsal com 7 (3), 8 (52), 9(385), 10(228) ou 11 (44) escamas. Escamas circumpedunculares 12(37), 13 (122), 14 (553) ou 15 (3). Escamas da nadadeira caudal cobrindo cerca de dois terços dos lobos caudais superior e inferior, dispostas principalmente ao longo das margens dos lobos, decrescendo gradualmente de tamanho.

Nadadeira dorsal i (1), ii (708) ou iii (2) raios simples 7 (1), 8 (32), 9 (668), 10 (7) ou 11 (3); primeiro raio simples aproximadamente metade do comprimento do segundo. Origem da nadadeira dorsal no meio da distância entre o focinho e o início do pedúnculo caudal, ou pouco atrás deste ponto. Nadadeira adiposa pequena, situada na vertical que passa por um dos últimos raios da nadadeira anal. Nadadeira peitoral i (714) ou ii (1) raios simples 8 (2), 9 (15), 10 (84), 11 (253), 12 (284), 13 (67) ou 14 (10); a nadadeira peitoral pode ainda apresentar 0 (239), 1 (413), 2 (58) ou 3 (5) pequenos raios simples na sua porção interior. Nadadeira pélvica i (696) 6 (16), 7 (674) ou 8 (7); 2 exemplares, um com i6 e outro com i7, apresentaram mais um raio simples na região interna; nadadeira pélvica originando à frente da vertical que passa pela origem da nadadeira dorsal. Nadadeira anal com iii (32), iv(613) ou v (67) 21 (2), 22 (56), 23(220), 24(297), 25(111), 26(20) ou 27(5); um exemplar apresentou 16 raios ramificados. Nadadeira caudal bifurcada; lobos levemente pontiagudos, iguais em tamanho e parcialmente recoberto por pequenas escamas; apresentando i9(8) ou ii9(2) raios procorrentes principais dorsais; i8(5) ou ii9 (1) raios procorrentes principais ventrais, 9(1), 10(3) ou 11(6) raios procorrentes dorsais e 8(5), 9(3) ou 10(2) raios procorrentes ventrais.

Primeiro arco branquial com 8(5), 9(40), 10(183), 11(361), 12(118) ou 13(7) rastros no ramo superior, um no ângulo e 17(2), 18(33), 19(131), 20(255), 21(231), 22(61) ou 23(2) no ramo inferior. Número de vértebras 29(15), 30(154) ou 31(18) e supra neurais 3(16), 4(115) ou 5(43).

**Tabela I:** Dados morfométricos de *Moenkhausia costae* (n= 784). DV: desvio padrão.

<b>Porcentagens no Comprimento Padrão</b>	<b>Amplitude</b>		<b>Média</b>	<b>DV</b>
Comprimento padrão	14,04	66,61	36,6	-
Altura do Corpo	26,8	48,76	38,29	0,017
Distância pré-dorsal	45,4	56,51	51,5	0,011
Distância pré-peitoral	21,33	36,26	29,61	0,009
Distância pré-pélvica	42,46	56,66	50,42	0,012
Distância pré-anal	62,43	75,2	68,7	0,013
Altura do pedúnculo caudal	8,29	13,07	11,03	0,005
Comprimento do pedúnculo caudal	6,23	13,64	10,23	0,007
Comprimento da nadadeira peitoral	13,18	27,29	21,94	0,011
Comprimento da nadadeira pélvica	13,16	22,44	19,12	0,01
Comprimento da nadadeira dorsal	21,06	34,86	29,65	0,017
Comprimento da base da nadadeira dorsal	11,02	18,92	13,94	0,006
Comprimento da nadadeira anal	12,06	29,57	19,94	0,012
Comprimento da base da nadadeira anal	23,71	34,05	29,45	0,01
Distância entre a órbita e a origem nadadeira dorsal	30,37	42,46	36,43	0,011
Distância entre a origem da nadadeira dorsal e origem da nadadeira caudal	41,79	57,08	49,23	0,016
Comprimento da cabeça	22,64	32,36	26,4	0,008
Altura da cabeça	25,21	33,53	29,34	0,008
<b>Porcentagens no Comprimento da Cabeça</b>				
Diâmetro da órbita	31,28	45,71	37,29	0,013
Distância interorbital	20,93	37,47	29,66	0,012
Comprimento do focinho	20,15	30,56	25,33	0,011
Comprimento da maxila superior	30,65	47,15	38,23	0,013

**Dimorfismo Sexual.** Não foi identificado dimorfismo sexual para a espécie.

**Coloração em Álcool.** Coloração de fundo amarelado ou alaranjado. Cromatóforos escuros dispersos através da metade superior da cabeça e corpo, sendo mais concentrados no topo da cabeça e escamas da série pré dorsal. Região anterior da mandíbula e focinho recobertos com pequenos cromatóforos e região posterior do opérculo coberta por cromatóforos escassos e dispersos. Listra longitudinal prateada passando pela linha mediana do corpo, originando-se no início do opérculo ou a partir da quinta escama perfurada da linha lateral; alargando-se no início da nadadeira dorsal, se estendendo até o final do pedúnculo caudal. Mancha umeral inconspícua de forma ovalada na altura das terceira e quarta escamas da linha lateral. Nadadeira dorsal pode ser predominantemente hialina com a presença de poucos cromatóforos, ou ainda, com

concentração de cromatóforos escuros ao longo dos raios simples e na porção distal dos raios ramificados. Nadadeiras adiposa totalmente hialina ou com cromatóforos concentrados nas porções superior e distal. Nadadeira peitoral apresenta poucos cromatóforos dispersos. Nadadeira pélvica totalmente hialina ou com cromatóforos a partir do segundo terço do primeiro raio simples e na porção distal dos raios ramificados. Nadadeira anal com alta concentração de cromatóforos formando uma faixa negra em toda sua extensão; porção distal dos raios com concentração menos acentuada. Nadadeira caudal apresentando grande concentração de cromatóforos no lobo superior, sendo a continuação da faixa iniciada na nadadeira anal. O lobo superior da nadadeira caudal tem cerca de 2 terços da sua porção inferior com cromatóforos negros muito concentrados, enquanto que sua porção superior juntamente com o lobo inferior apresentam poucos cromatóforos e mais dispersos.

**Distribuição Geográfica.** No presente estudo, *Moenkhausia costae* é registrada para as bacias do rio São Francisco, alto rio Paraná, rio Paraguaçu e rio Jaguaribe (Fig. 3) além de ser conhecida também para a bacia do rio Itapicuru (Eigenmann & Myers, 1917; Géry, 1977; Eschmeyer *et al.*, 2018), Piranhas-Açu (Silva *et al.*, 2014) e introduzida na bacia do rio Jequitinhonha (Andrade, 2010; de Andrade Neto, 2014).



**Figura 3:** Mapa de distribuição do material analisado de *Moenkhausia costae*. A amostragem compreende as bacias dos rios São Francisco (em amarelo), do alto rio Paraná (em vermelho), do rio Paraguaçu (laranja) e do rio Jaguaribe/Atlântico Nordeste Oriental (em azul). Algumas coordenadas estão aproximadas.

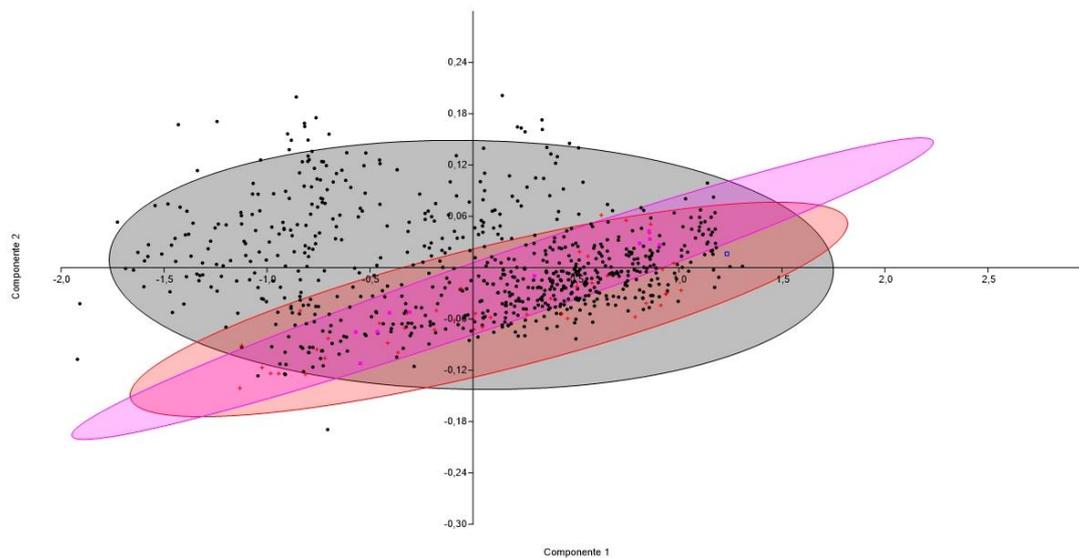
### Comentários

Em alguns lotes a faixa negra diagnóstica de *Moenkhausia costae* é inconspícua devido, possivelmente ao tempo de fixação dos exemplares ou ainda à má fixação/conservação dos mesmos. Apesar disso, os cromatóforos da região são visíveis com auxílio do estereomicroscópio.

Observando as imagens de material tipo cedidas pela instituição de Viena, foi observado um sintipo não pertencente à espécie *Moenkhausia costae*.

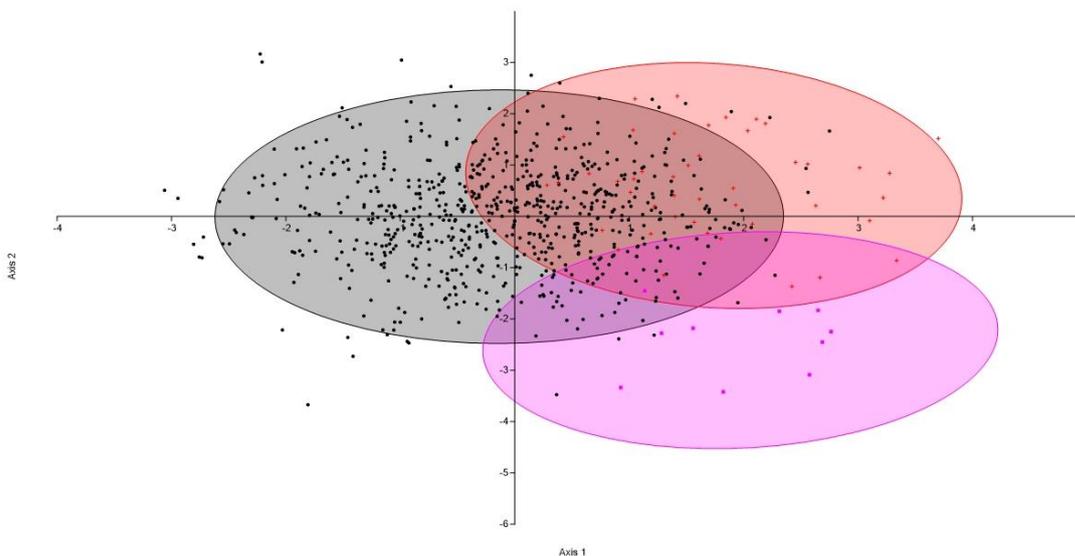
### Análise de Componentes Principais e Análise de Variáveis Canônicas Livres de Tamanho

As análises de Componentes Principais e Variáveis Canônicas não separaram as populações de *Moenkhausia costae* de cada bacia, confirmando que todas as populações tratam da mesma espécie. O gráfico da PCA (Fig. 4) mostra todas as populações sobrepostas sobre o eixo 1 e o eixo 2. Os eixos somam e explicam 97,68% da variação dos dados, sendo 97% no eixo I e 0,68% no eixo II.



**Figura 4:** Gráfico das Análises de Componentes Principais demonstrando populações de *Moenkhausia costae* das bacias do rio São Francisco (preto), rio Jaguaribe (vermelho) e rio Paraguaçu (rosa).

O gráfico da CVA (Fig. 5) também não demonstrou separação entre as populações de *Moenkhausia costae* das diferentes bacias hidrográficas. Os eixos I e II asseguram, respectivamente, 74,33% e 25,67% de toda a variação encontrada. As medidas mais representativas no eixo I foram: o comprimento da base da nadadeira anal e o comprimento da maxila superior; enquanto que no eixo II foram a distância pré-anal e a distância interorbital (Tab. II).



**Figura 5:** Gráfico da Análise de Variáveis Canônicas Livres de Tamanho de populações de *Moenkhausia costae* das bacias do rio São Francisco (em preto), rio Jaguaribe (em vermelho) e rio Paraguaçu (em rosa).

**Tabela II:** Dados das variáveis dos eixos I e II da Análise de Variáveis Canônicas.

	<b>EIXO 1</b>	<b>EIXO 2</b>
<b>Comprimento Padrão</b>	74,784	297,91
<b>Altura do Corpo</b>	2,0293	29,187
<b>Distância Pré Dorsal</b>	6,8204	-14,62
<b>Distância Pré Peitoral</b>	2,7572	-3,2902
<b>Distância Pré Pélvica</b>	18,02	49,523
<b>Distância Pré Anal</b>	-2,0989	135,38
<b>Altura do Pedúnculo</b>	-6,7043	-8,5947
<b>Comprimento do Pedúnculo</b>	-0,6041	-10,226
<b>Comprimento da Nadadeira Peitoral</b>	-0,324	-17,776
<b>Comprimento da Nadadeira Pélvica</b>	-1,348	-10,001
<b>Comprimento da Nadadeira Dorsal</b>	-2,5588	4,0905
<b>Comprimento da Base da Nadadeira Dorsal</b>	-11,245	7,4818
<b>Comprimento da Nadadeira Anal</b>	1,9427	-12,239
<b>Comprimento da Base da Nadadeira Anal</b>	19,8	-6,7701
<b>Altura da Cabeça</b>	8,7309	6,4976
<b>Distância da Órbita a Origem da Nadadeira Dorsal</b>	12,42	-2,0869
<b>Distância da Origem da Nadadeira Dorsal a Origem da Nadadeira Caudal</b>	-12,326	25,839
<b>Comprimento da Cabeça</b>	5,2559	24,772
<b>Diâmetro da Órbita</b>	2,2943	-12,265
<b>Distância Interorbital</b>	-14,4	-22,34
<b>Comprimento do Focinho</b>	8,7535	-6,9812
<b>Comprimento da Maxila Superior</b>	-32,052	-9,5004

**Material Tipo. Síntipos. Fotos:** MNHN 1907-0178 (4 ex.  $\approx$  28 – 30 mm), Nicarágua. Coletor (es) não especificado (s). 1907. ZSM-PIS 7586 (1 ex.  $\approx$  40 mm) Rio Preto, Juazeiro, BA. 1903, foto/radiografia. ZSM-PIS 7587 (1 ex.  $\approx$  43 mm) Rio Preto, Juazeiro, BA. 1903, foto/radiografia. NMW 57393 (12 ex.  $\approx$  37 – 44 mm) Joazeiro, Faz. Viana. Coletor (es) não especificado (s). 1903. NMW 57394 (22 ex.  $\approx$  28 – 42 mm) Joazeiro, Faz. Viana. Coletor (es) não especificado (s). 1904. NMW 57395 (35 ex.  $\approx$  21 – 36 mm) Joazeiro, Faz. Viana. Coletor (es) não especificado (s). 1903. NMW 57396 (25 ex. 25 – 37 mm) Joazeiro, Faz. Viana. Coletor (es) não especificado (s). 1903. NMW 57397 (3 ex. 37 – 40 mm) Joazeiro. Coletor (es) não especificado (s). 1903. NMW 57401 (32 ex. 25 – 32 mm) Sambaiba. Coletor (es) não especificado (s). 1903. NMW 57402 (14 ex. 25 – 46 mm) ?Sta Rita. Coletor (es) não especificado (s). 1903. NMW 57403 (19 ex. 15 – 37 mm) ?Sta Rita. Coletor (es) não especificado (s). 1903. NMW 57404 (15ex. 27 – 40 mm) Rio São Francisco, Fazenda Viana. Coletor (es) não especificado (s). 1903. NMW 57406 (4 ex. 30 – 34 mm) Rio preto Sontager & Lagoa Ausfluss. Coletor (es) não especificado (s). 1903. NMW 57408 (33 ex. 24 – 38 mm) Lagoa em Rio Preto (Sont Ruhe). Coletor (es) não especificado (s). 1903.

**Material Analisado. Bacia do Rio São Francisco: Brasil, Alagoas:** MZUSP 100156 (6 ex. 49,85 – 54,07 mm) Penedo, Marituba do Peixe. Coletor (es) não especificado (s). 1989. CIUFS 1020 (3 ex. 56,43 – 66,61 mm) Olho D'Água do Casado, Rio São Francisco. M.F.G. Brito, L.B. Paula-Souza, C.D. Costa-Santos, A.J.M. Aguiar. 01/Jul/2014. **Bahia:** LBP 21760 (83 ex. 16,07 – 25,24 mm) Malhada, Lagoa temporária. R. Barreto, L. Medeiros, R. Torres, B. Faretto, A. Donizetti, E. Junior. 15/Abr/2016. MZUSP 58275 (4 ex. 40,82 – 45,62 mm) Formosa do Rio Preto, Lagoa da Olaria. O.T. Oyakawa, A. Akama, V. Garutti. 04/Jul/1998. MZUSP 94064 (9 ex. 43,8 – 49,93 mm) Coribe, Rio Formoso (afluente do Rio Corrente, sob a ponte grande do vilarejo de Colônia do Formoso). O.T. Oyakawa, Cunha, Mattox. 05/Mai/2007. MZUSP 98756 (1 ex. 39,51 mm) Barra, Rio Grande, Praia Cabeça de Touro (afluente do Rio São Francisco). O.T. Oyakawa, A. Akama, V. Garutti, J.C. Nolasco. 10/Abr/2001. MZUSP 54707 (1 ex. 46,18 mm) Bom Jesus da Lapa, poça de inundação. R.E. Reis et al. 17/Jul/1993. MZUSP 58274 (1 ex. 35,96 mm) Santa Rita de Cássia, braço do Rio Preto. O.T. Oyakawa, A. Akama, V. Garutti. 07/Jul/1998. MZUSP 47367 (7 ex. 39,08 – 44,36 mm) Correntina, Riacho sem nome (afluente do Rio Correntina). Expedição MZUSP/USNM/UFSCAR. 22/Jul/1994. MZUSP 54705 (23 ex. 34,44 – 46,81 mm) Bom Jesus da Lapa, Rio das Rãs. R.E. Reis et al. 18/Jul/1993. MBML 10765 (1 ex. 28,9 mm) Guanambi, Rio Carnaíba de Dentro. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 01/Set/2015. MBML 10775 (2 ex. 51,27 – 55,34 mm) Palmas de Monte Alto, Rio Carnaíba de Dentro. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 01/Set/2015. MBML 10085 (2 ex. 39,81 – 49,29 mm) Guanambi, Rio Carnaíba de Dentro. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 09/Mar/2015. MBML 11467 (1 ex. 24,78 mm) Riacho de Santana, Rio das Rãs. L.N. Rodrigues, A. Anastácio. 26/Mar/2016. MBML 11283 (1 ex. 48,56 mm) São Desidério, Rio Grande. L.N. Rodrigues, A. Anastácio. 31/Mar/2016. MBML 9060 (25 ex. 21,32 – 25,99 mm) Palmas de Monte Alto, Rio Carnaíba de Dentro. A.L. Carmassi, A.T. Silva. 29/Jan/2014. MBML 10107 (2 ex. 17,12 – 19,35 mm) Palmas de Monte Alto, Rio Carnaíba de Dentro. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 07/Mar/2015. MBML 8853 (1 ex. 24,6 mm) Guanambi, Rio Carnaíba de Dentro. A.L. Carmassi. 30/Jan/2014. MBML 11275 (2 ex. 30,49 – 39,54 mm) São Desidério, Rio Grande. L.N. Rodrigues, A. Anastácio. 26/Mar/2016. MBML 10164 (1 ex. 31,12 mm) Correntina, Rio Correntina. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 04/Mar/2015.

MBML 9198 (4 ex. 27,81 – 41,2 mm) Guanambi, Rio Carnaíba de Dentro. A.L. Carmassi, A.T. Silva. 30/Jan/2014. MBML 8946 (6 ex. 50,97 – 54,15 mm) Guanambi, Rio Carnaíba de Dentro. A.L. Carmassi, A.T. Silva. 30/Jan/2014. MBML 8822 (1 ex. 36,23 mm) Correntina, Rio Correntina. A.L. Carmassi. 23/Jan/2014. MBML 8870 (13 ex. 38,21 – 49,32 mm) São Desidério, Rio Grande. A.L. Carmassi. 18/Jan/2014. MBML 10026 (6 ex. 49,85 – 52,5 mm) Riacho de Santana, Rio das Rãs. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 07/Mar/2015. MBML 8886 ((1 ex. 52,06 mm) São Desidério, Rio Grande. A.L. Carmassi. 18/Jan/2014. MBML 11417 (1 ex. 55,6 m) Riacho de Santana, Rio das Rãs. L.N. Rodrigues, A. Anastácio. 31/Mar/2016. MBML 10035 (8 ex. 14,42 – 38,41 mm) Riacho de Santana, Rio das Rãs. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 07/Mar/2015. CIUFS 2266 (2 ex. 30,93 – 37,94 mm) Porto da Folha, Rio São Francisco. R. Bartolette, T.S. Passos, C.D.C. Santos. 23/Jul/2015. CIUFS 1068 (2 ex. 24,66 – 26,82 mm) Paulo Afonso, Rio São Francisco. M.F.G. Brito, L.B. Paula-Souza, C.D. Costa-Santos, A.J.M. Aguiar. 03/Jul/2014. MZUSP 121025 (4 ex. 53,18 – 58,07 mm) Casa Nova, Represa de Sobradinho. W. Severi. 28/Jan/2007. MZUSP 120998 (7 ex. 37,33 – 43,5 mm) Xique-Xique, Rio Verde. W. Severi. 03/Out/2006. MZUSP 54708 (20 ex. 28,24 – 50,87 mm) Bom Jesus da Lapa, Riacho Santana. R.E. Reis et al. 18/Jul/1993. **Minas Gerais:** LBP 10353 (6 ex. 41,34 – 57,6 mm) Lagoa Maria Joana, Pirapora. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, R. Rocha, M. Mehanna. 14/Jul/2010. LBP 10399 (8 ex. 51,32 – 55,66 mm) Córrego Joaninha, Buritizeiro. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, M. Mehanna. 15/Jul/2010. LBP 277 (32 ex. 33,89 – 54,65 mm) Represa de Três Marias, Três Marias. C. Oliveira, P.C. Fenerich, C.K. Shimabukuro, P.C. Vissoto, Y. Sato. 28/Out/1996. LBP 10441 (75 ex. 18,17 – 43,45 mm) Lagoa marginal, Paracatu. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, M. Mehanna. 27/Set/2010. LBP 10298 (3 ex. 33,99 – 49,07 mm) Baía da Inhumá, São Roque de Minas. J.A. Senhorini, P.C. Cecarelli, J.O. Junqueira, R. Devidé, R. Rocha, M. Mehanna. 14/Abr/2010. LBP 10340 (5 ex. 23,23 – 34,97 mm) Lagoa da Capivara, Pirapora. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, R. Rocha, M. Mehanna. 13/Jul/2010. LBP 10414 (2 ex. 36,07 – 36,19 m) Buritizeiro. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, M. Mehanna. 15/Jul/2010. LBP 10306 (2 ex. 32,06 – 36,69 mm) Pirapora, Lagoa do Pivô. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, R. Rocha, M. Mehanna. 12/Jul/2010. LBP 8271 (5 ex. 37,75 – 44,49 mm) Jaíba, Rio Grande Verde. C. Oliveira, G.J.C. Silva, F.F. Roxo, T.N.A. Pereira. 13/Mai/2009. LBP 10321 (13 ex. 19,41 – 42,67 mm) Pirapora, Lagoa da Tiririca. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, R. Rocha, M. Mehanna. 12/Jul/2010. LBP 10454 (38 ex. 25 – 65,53 mm) Paracatu, Lagoa Marginal. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, M. Mehanna. 28/Set/2010. MZUSP 17089 (30 ex. 40,02 – 58,06 mm) Três Marias, Represa de Três Marias. H.A. Britski, I.A. Dias. 14-18/Fev/1965. MZUSP 51531 (6 ex. 34,81 – 47,86 mm) Fortuna de Minas, Rio Paraopeba, Lagoa Massaracá. C.B.M. Alves e equipe. Set/1994. MZUSP 17132 (1 ex. 54,99 mm) Três Marias, Lagoas Marginais. H.A. Britski, I.A. Dias. 14-18/Mai/1965. MZUSP 105887 (3 ex. 34,25 – 49,61 mm) Três Marias, Represa de Três Marias. Y. Sato. 15/Dez/2009. MZUSP 38042 (4 ex. 29,36 – 39,17 mm) Morada Nova de Minas, margem da Represa de Três Marias. L. Chao et al. 08/Fev/1983. MZUSP 18952 (6 ex. 32,03 – 53,92 mm) Três Marias, Represa de Três Marias. CODEVASF. 1978. MZUSP 17075 (15 ex. 17,77 – 58,43 mm) Três Marias, Represa de Três Marias. H.A. Britski, I.A. Dias. 14-18/Fev/1965. MZUSP 90809 (13 ex. 26,99 – 43,97 mm) Várzea da Palma, Lagoa da Olaria (lagoa marginal do Rio das Velhas). C.B. Mascarenhas, P. Pompeu. 20/Abr/2005. MZUSP 47342 (1 ex. 25,6 mm) Missões, Riacho sem nome. Expedição MZUSP, USNM, UFSCAR. 21/Jul/1994. MZUSP 110214 (3 ex. 33,97 – 34,55 mm) Januária, Rio São Francisco. L.F.S Junior, P.B. Perotti, R.M.C. Melo. Jul/2011. MZUSP

39373 (5 ex. 30,51 – 55,48 mm) Fazenda Sorel, Lagoa do Praiano. Y. Sato, Projeto UHE Formoso. 25/Fev/1988. MZUSP 85962 (1 ex. 45,15 mm) Pirapora, Minas Gerais, Bacia do Rio São Francisco, Rio São Francisco. A. Akama, J.L. Birindelli, C.T.K. Kikuchi. 28-31/Ago/2004. MZUSP 85962 (1 ex. 45,15 mm) Pirapora, Rio São Francisco. A. Akama, J.L. Birindelli, C.T.K. Kikuchi. 28-31/Ago/2004. MZUSP 47461 (3 ex. 30,26 – 40,22 mm) Montes Claros, Rio Verde. Expedição MZUSP/USNM/UFSCAR. 23/Jul/1994. MZUSP 42069 (6 ex. 37,66 – 45,85 mm) Manga, Riacho e Lagoa de Mocambinho, margem direita do Rio São Francisco. J.C. Oliveira, O.T. Oyakawa. 17-22/Jul/1990. MCP 16865 (6 ex. 38,93 – 42 mm) Juvenília, Rio Carinhanha. R.E. Reis, J.P. Silva, E.L. Pereira. 16/Jul/1993. MZUSP 54703 (14 ex. 30,4 – 37,94 mm) Januária, Rio Empoeirado. S.A. Schaefer et al. 13/Jul/1993. MZUSP 39453 (6 ex. 22,84 – 27,58 mm) Barra do Rio Formoso, Rio São Francisco. Y. Sato, Projeto UHE Formoso. 8-10/Fev/1988. MZUSP 54704 (11 ex. 37,32 – 52,89 mm) Monte Azul, Riacho Salinas. R.E. Reis et al. 10/Jul/1993. ZUEC 8094 (19 ex. 24,75 – 44,84 mm) Abaeté, UHE Três Marias. G.N. Salvador, T.C. Pessali. 03/Mai/2012. ZUEC 8083 (21 ex. 21,59 – 32,86 mm) Três Marias, UHE Três Marias. G.N. Salvador, T.C. Pessali. 12/Mai/2012. ZUEC 8091 (39 ex. 21,03 – 31,84 mm) Três Marias, UHE Três Marias. G.N. Salvador, T.C. Pessali. 09/Mai/2012. **Pernambuco:** CIUFS 1050 (5 ex. 22,4 – 26,26 mm) Jatobá, Rio São Francisco. M.F.G. Brito, L.B. Paula-Souza, C.D. Costa-Santos, A.J.M. Aguiar. 02/Jul/2014. MCP 17108 (20 ex. 31,96 – 50,65 mm) Monte Azul, Arroio Salinas. R.E. Reis, J.P. Silva, E.L. Pereira, S. Schaefer. 19/Jul/1993. MCP 31076 (1 ex. 39,86 mm) Cabrobó, Rio São Domingos. C.A.S. Lucena, E.H.L. Pereira, J.F.P. Silva. 24/Jul/2002. **Sergipe:** LBP 11531 (1 ex. 38,64 mm) Riacho sem nome, Porto da Folha. M. Mehanna, J.A. Senhorini, J.O. Junqueira. 22/Nov/2010. LBP 11574 (2 ex. 30,09 – 32,75 mm) Cabaceira, Riacho sem nome. M. Mehanna, J.A. Senhorini, J.O. Junqueira. 24/Nov/2010. LBP 11555 (8 ex. 31,66 – 44,89) Cabaceira, Riacho sem nome. M. Mehanna, J.A. Senhorini, J.O. Junqueira. 23/Nov/2010. MZUSP 18526 (3 ex. 41,52 – 45,7 mm) Propriá, Rio São Francisco. A.V. Alcântara. 06/Fev/1975. CIUFS 2626 (1 ex. 48,19 mm) Santana do Rio São Francisco, Rio São Francisco. R. Barretolette, C.D.C. Santos. 19/Jan/2016. CIUFS 1262 (3 ex. 36,49 – 45,73 mm) Propriá, Rio São Francisco. D.A.S. Assis, J.F.L. Santos, J.S.V. Ludovice. 27/Abr/2013. MCP 31202 (4 ex. 43,55 – 51,59 mm) Belém de São Francisco, Arroio sem nome. C.A.S. Lucena, E.H.L. Pereira, J.F.P. Silva. 23/Jul/2002. **Bacia do Atlântico Nordeste Oriental: Brasil, Ceará:** MZUSP 114786 (2 ex. 53,56 – 55,57 mm) Açude Atalho (Riacho Jardim, formador do Rio dos Porcos, afluente do Rio Batateira). P.M. Araújo, F.A. Bockmann. 07/Dez/1998. MZUSP 114791 (10 ex. 43,64 – 55,55 mm) Lima Campos, Riacho São João (afluente do Rio Salgado). H.A. Britski, F.A. Bockmann. 08/Dez/1998. MCP 31248 (20 ex. 27,46 – 57,49 mm) na estrada de Icó para Iguatu, Riacho Umari. C.A.S. Lucena, E.H.L. Pereira, J.F.P. Silva. 24/Jul/2002. MCP 31271 (10 ex. 20,12 – 24,09 mm) Barro Alto, Rio Jaguaribe. C.A.S. Lucena, E.H.L. Pereira, J.F.P. Silva. 25/Jul/2002. **Bacia do Alto Rio Paraná: Brasil, Minas Gerais:** DZSJRP 18225 (1 ex. 66,17 mm) Rio Araguari (afluente do Rio Paranaíba). A.C.L. Rego. 31/Dez/2011.

## 5. DISCUSSÃO

*Moenkhausia costae* foi descrita por Steindachner (1907) com base em séries sintípicas que, atualmente, não são totalmente conhecidas, pois foram coletadas em mais de uma localidade e estão depositadas em mais de uma coleção. Estes sítipos foram coletados em “Rio San Francisco, Rio Grande do Norte e Rio Preto em Joazeiro, Barra, Santa Rita do Rio Preto”. Fricke *et al.*, (2018) lista aproximadamente 26 sítipos, porém este número é muito maior.

Acreditou-se no endemismo de *Moenkhausia costae* por muito tempo para as bacias do rio São Francisco e rio Itapicuru (Eigenmann & Myers, 1917; Géry, 1977; Buckup *et al.*, 2007; Eschmeyer *et al.*, 2018); porém, as análises de material vindo de diversas regiões e coleções refutam o endemismo (Fig. 3).

Nossos resultados também indicam a presença da espécie para as bacias do alto rio Paraná (Sanches *et al.*, 2016), rio Jaguaribe (bacia do Atlântico Oriental) (Ramos *et al.*, 2016; Zawadzki *et al.*, 2017), rio Piranhas-Açu (Silva *et al.*, 2014), rio Paraguaçu e aparece como espécie introduzida na bacia do rio Jequitinhonha (Andrade, 2010; de Andrade Neto, 2014). A análise de material proveniente das bacias dos rios Piranhas-Açu e Jequitinhonha não pôde ser realizada, portanto, as informações aqui descritas foram baseadas em literatura publicada. Apesar de a espécie aparecer em literatura de levantamentos ictiofaunísticos dessas regiões, não existe um trabalho de redescrição para a espécie ampliando a área de ocorrência da mesma.

Uma possível hipótese para esclarecer a presença da espécie nas bacias costeiras (bacia do rio Jaguaribe, Piranhas-Açu, Itapicuru e Paraguaçu) é a dos ciclos de glaciações ocorridos que provocavam a elevação do nível do oceano assim como o seu recuo (Lujan & Armbruster, 2011). Os períodos interglaciais se caracterizam por um clima mais quente, elevação do nível do mar, maiores níveis de precipitação e incursões marinhas extensas, que poderiam conectar afluentes do rio São Francisco aos afluentes que abastecem as bacias costeiras.

As bacias do Alto Rio Paraná, rio Jaguaribe, rio Piranhas-Açu, rio Itapicuru e rio Paraguaçu são todas bacias adjacentes à bacia do rio São Francisco (Fig. 3), e eventos de captura de cabeceiras também são eventos que poderiam elucidar o compartilhamento de fauna entre essas bacias (Eigenmann & Myers, 1917; Ringuelet, 1975; Britto & Castro,

2002; Pompeu & Godinho, 2003; Rosa, 2004; Alves & Pompeu, 2005; Langeani *et al.*, 2007; da Luz *et al.*, 2009; da Luz *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2014; Sanches *et al.*, 2016; Barbosa *et al.*, 2017).

A descrição original de *Moenkhausia costae* é sucinta, não suprimindo com todas as informações necessárias para a descrição da espécie. Com a redescrição proposta no presente estudo, um novo entendimento sobre a espécie, sua morfometria, suas contagens e sua distribuição geográfica foi alcançado. A análise de variações morfológicas, como as que ocorrem em *M. costae*, constituem uma etapa básica para a sistemática zoológica, para que possa ser feito o reconhecimento e a diferenciação dessas espécies (Vanzolini, 1970), afinal, podem causar confusões taxonômicas quando não são devidamente descritas na literatura.

## 6. MATERIAL COMPARATIVO

**Material analisado.** *Moenkhausia intermedia*: LIRP 0003814, 94 (25; 26,97 – 62,88 mm), Lagoa do Diogo (lagoa marginal do rio Mogi-Guaçú), Luís Antônio, SP, bacia do rio Paraná. *Moenkhausia dichroua*: LBP 9884, 47 (13; 32,55 – 52,65 mm), rio Abobral, Miranda, MS, bacia do Paraguai. LBP 22570, 12 (9, 40,15 – 49,87 mm), rio Solimões, Benjamin Constant, AM. LBP 22641, 3 (3, 43,68 – 46,09 mm), rio Amazonas, Leticia, AM. *Astyanax rivularis*: LBP 10676, 45 (13, 27,54 – 45,92 mm), Represa de Três Marias, Três Marias, MG, bacia do rio São Francisco. *Astyanax lacustris*: LBP 8241, 17 (9, 26,62 – 45,62 mm), rio Santo Antônio, Luizlândia, MG, bacia do rio São Francisco.

## 7. LITERATURA

Alves, C. B. M.; Pompeu, P.S. (2005). Historical changes in the Rio das Velhas fish fauna-Brazil. In *American Fisheries Society Symposium* (Vol. 45, pp. 587-602).

Andrade, F.R. (2010). Estado atual do conhecimento sobre a fauna de peixes da bacia do Jequitinhonha. *MG. BIOTA*, 2, 23-35.

Azevedo-Santos, V.M.; Benine, R.C. (2016). A new species of *Moenkhausia* (Characiformes, Characidae) from the Içá River, Amazon Basin, northern Brazil. *Zoosystematics and Evolution* 2: 203–209.

Barbosa, J.M.; Soares, E.C.; Cintra, I.H.A.; Hermann, M.; Araújo, A.R.R. (2017). Perfil da ictiofauna da bacia do rio São Francisco/Profile of the fish fauna of the São Francisco river basin. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 5(1), 70-90.

Benine, R.C. (2004). Análise filogenética do gênero *Moenkhausia* Eigenmann, 1903 (Characiformes: Characidae) com uma revisão dos táxons do alto rio Paraná. Unpublished M.Sc. Dissertation, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 317pp.

Bertin, L. (1948). Catalogue des types de poissons du Muséum national d'Histoire Naturelle. 3e partie. Ostariophysaires (Characiniformes, Gymnotiformes). 3e partie: 1-49.

Britto, M.R.; Castro, R.M. (2002). New corydoradine catfish (Siluriformes: Callichthyidae) from the upper Paraná and São Francisco: the sister group of *Brochis* and most of *Corydoras* species. *Copeia*, 2002(4), 1006-1015.

Britski, H.A.; Sato, Y.; Rosa, A.B. (1988). Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da bacia do São Francisco. In *Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco*, Câmara dos Deputados/CODEVASF, 143p.

Britski, H.A.; Lima, F.C. (2008). A new species of *Hemigrammus* from the upper Rio Tapajós basin in Brazil (Teleostei: Characiformes: Characidae). *Copeia*, 2008(3), 565-569.

Buckup, P.A.; Menezes, N.A.; Ghazzi, M.S.A. (2007). Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Vol. 1. Rio de Janeiro: Museu Nacional.

Buckup, P.A. (2011). The Eastern Brazilian shield. Pp. 203-210. In: Albert, J. E. & R. E. Reis (Eds.). *Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes*. Berkeley, University of California Press.

Castro, R.M.C. (1999). Evolução da ictiofauna de rios sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. *Oecologia Brasiliensis*, 6(1), 4.

da Luz, S.C.S.; El-Deir, A.C.A.; de França, E.J.; Severi, W. (2009). Estrutura da assembléia de peixes de uma lagoa marginal desconectada do rio, no submédio Rio São Francisco, Pernambuco. *Biota Neotropica*, 9(3).

da Luz, S.; Lima, H.C.; Severi, W. (2012). Composição da ictiofauna em ambientes marginais e tributários do médio-submédio rio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(2).

de Andrade Neto, B.F.R. (2014). Relatório anual de monitoramento da ictiofauna do reservatório da UHE Irapé.

Eigenmann, C.H. (1903). New genera of South American fresh-water fishes, and new names for old genera. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 45, 144–148.

Eigenmann, C.H.; Myers, G.S. (1917). The American Characidae. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology*, 43 (1), 1-102.

Eschmeyer, W.N.; Fricke R., van der Laan, R. (2018). CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES. Link: [http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp]. Acesso: 15/06/2018.

Fink, W.L.; Weitzman, S.H. (1974). The so-called cheirodontin fishes of Central America with descriptions of two new species (Pisces: Characidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 172, 42p.

Géry, J. (1977). *Characoids of the World*. T. F. H. Publications, Neptune City, New Jersey, 672p.

Hammer, O.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. (2001). Paleontological statistics software: Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, (4).

Langeani, F.; Castro, R.M.C.; Oyakawa, O.T.; Shibatta, O.A.; Pavanelli, C.S.; Casatti, L. (2007). Ichthyofauna diversity of the upper rio Paraná: present composition and future perspectives. *Biota Neotropica*, 7(3), 181-197.

Lujan, N.K.; Armbruster, J.W. (2011). The Guiana Shield. Pq. 211-224. In: Albert, J.S.; Reis, R.E. *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes*. University of California, Berkeley, 406pp.

Mariguela, T.C.; Benine, R.C.; Abe, K.T.; Avelino, G.S.; Oliveira, C. (2013). Molecular phylogeny of *Moenkhausia* (Characidae) inferred from mitochondrial and nuclear DNA evidence. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, v. 51 (4), p. 327-332

Melo, B.F.; Benine, R.C.; Mariguela, T.C.; Oliveira, C. (2011). A new species of *Tetragonopterus* Cuvier, 1816 (Characiformes: Characidae: Tetragonopterinae) from the rio Jari, Amapá, northern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 9(1), 49-56.

Menezes, N.A.; Weitzman, S.H. (1990). Two new species of *Mimagoniates* (Teleostei: Characidae: Glandulocaudinae), their phylogeny and biogeography and a key to the Glandulocaudin fishes of Brazil and Paraguay. *Proceedings of Biological Society of Washington*, 103(2), 380-426.

Mirande, J.M. (2010). Phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes) from characters to taxonomy. *Neotropical Ichthyology*. v. 8 (1), p.385-568.

Mirande, J. M. (2018). Morphology, molecules and the phylogeny of Characidae (Teleostei, Characiformes). *Cladistics*.

Nelson, J.S.; Grande, T.C.; Wilson, M.V.H. (2016). *Fishes of the World*. 4. ed. New.

Neumann, D. (2011). Type catalogue of the ichthyological collection of the Zoologische Staatssammlung München. Part II. Fish types inventoried after 25 April 1944. *Spixiana (München)* v. 34 (no. 2): 231-286.

Oliveira, C.; Avelino, G.S.; Abe, K.T.; Mariguela, T. C.; Benine, R.C.; Ortí, G.; Vari, R.; Castro, R.M.C. (2011). Phylogenetic relationships within the Characidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): a multilocus phylogenetic approach. *BMC Evolutionary Biology*, 11: 275, p.1-25.

Petrolli, M.G.; Benine, R.C. (2015). Description of three new species of *Moenkhausia* (Teleostei, Characiformes, Characidae) with the definition of the *Moenkhausia jamesi* species complex. *Zootaxa*, 3986 (4), 401 – 420. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3986.4.1>

Pompeu, P.S.; Godinho, H.P. (2003). Dieta e estrutura trófica das comunidades de peixes de três lagoas marginais do médio São Francisco. *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas*, 183-194.

Ramos, T.P.A.; Lehmann, A.; Barros-Neto, L.F.; Lima, S.M. (2016). Redescription of the endangered hypoptopomatine catfish *Parotocinclus spilurus* (Fowler, 1941)

(Siluriformes: Loricariidae) from the upper rio Jaguaribe basin, northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 14(1).

Reis, R.E.; Albert, J.S.; Di Dario, F.; Mincarone, M.M.; Petry, P.; Rocha, L.A. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal Fish of biology*, 89, 12-47.

Ringuelet, R.A. (1975). Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. *Ecosur*, 2.

Rosa, R.S. (2004). Diversidade e conservação dos peixes da caatinga. *Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 149-161.

Sanches, B.O.; Hughes, R.M.; Macedo, D.R.; Callisto, M.; Santos, G.B. (2016). Spatial variations in fish assemblage structure in a southeastern Brazilian reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, 76(1), 185-193.

Silva, M.J.D.; Ramos, T.P.A.; Diniz, V.D.; Ramos, R.T.D.C.; Medeiros, E.S.F. (2014). Ichthyofauna of Seridó/Borborema: a semi-arid region of Brazil. *Biota Neotropica*, 14(3).

Steindachner, F. (1907). Über eine neue Psilichthys-Art, *Ps. cameroni* aus dem Flusse Cubatao im Staate S. Catharina, Brasilien. *Anzeiger Akademie des Wissenchaften Wien*, 44, 82-85.

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, 107 – 119.

Tortonese, E. (1940). Elenco dei tipi esistenti nella collezione ittologica del R. Museo di Torino. *Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia Comparata della R. Università di Torino*. (Ser. 3) v. 48 (no. 111): 133-144.

Weiss, F.E.; Malabarba, L.R.; Malabarba, M.C. (2012). Phylogenetic relationships of Paleotetra, a new characiform fish (Ostariophysi) with two new species from the Eocene-Oligocene of south-eastern Brazil. *Journal of Systematic Palaeontology*, 10(1), 73-86.

Zawadzki, C.H.; Ramos, T.P.A.; Sabaj, M. (2017). *Hypostomus sertanejo* (Siluriformes: Loricariidae), new armoured catfish species from north-eastern Brazil. *Journal of fish biology*, 91(1), 317-330.

## **Capítulo II**

**Efeito do Barramento na Morfologia de *Moenkhausia costae* (Steindachner, 1907) (Teleostei: Characidae), Reservatório de Três Marias, Bacia do Rio São Francisco**

## **Efeito do Barramento na Morfologia de *Moenkhausia costae* (Steindachner, 1907) (Teleostei: Characidae), Reservatório de Três Marias, Bacia do Rio São Francisco**

### **RESUMO**

Atualmente, os reservatórios artificiais de água causam grandes impactos e representam uma grande ameaça à biodiversidade de todo o mundo. *Moenkhausia costae* é uma espécie de peixe da Família Characidae, amplamente distribuída nos diversos ambientes da bacia do rio São Francisco, sendo presente no reservatório da UHE Três Marias. Observando populações coletadas na lagoa da represa e fora da mesma foram identificadas variações morfológicas notáveis. Trabalhos prévios com peixes demonstraram que populações alocadas em ambientes alterados por barramento de rios apresentavam variações morfológicas com relação à populações que permaneciam em ambiente natural. Neste trabalho avaliou-se a variação morfológica presente entre populações de *M. costae* que estão sob influência direta da lagoa da UHE Três Marias e populações sob condições naturais, fora da influência do reservatório. Para avaliar a variação morfológica existente entre populações de *M. costae* de ambos os ambientes, foram levantados caracteres morfológicos através das morfometrias linear e geométrica, sendo estas testadas posteriormente através de análises multivariadas. A morfometria linear demonstrou um padrão morfológico com formas mais limitadas nas populações da represa, concordando com os resultados exibidos pela morfometria geométrica, que também demonstrou formas corporais limitadas para as populações da represa.

**Palavras-chave:** alometria, represa, peixes, região neotropical, morfometria geométrica

## **ABSTRACT**

Currently, artificial water reservoirs are causing impacts and represent a major threat to biodiversity around the world. *Moenkhausia costae* is a fish species of the Characidae, and is widely distributed in the different environments of the rio São Francisco basin, being present in UHE Três Marias dam. Examining populations collected in and out of the dam influence area, remarkable morphological variations were identified. Previous works with fish showed that populations allocated in environments altered by dam's construction presented morphological variations in relation to populations that remained in a natural environment. This work evaluated the morphological variation present among populations of *M. costae* that are under direct influence of UHE Três Marias lagoon and populations that are outside the influence of the dam. For this, morphological characters were collected through linear and geometric morphometry methodologies, which were later tested through multivariate analyzes. Linear morphometry demonstrated a morphological pattern with more limited patterns in dam populations, agreeing with the results exhibited by geometric morphometry, which also demonstrated limited body shapes for dam populations.

**Key-words:** allometry, dam, fishes, neotropical region, geometric morphometrics

# **Efeito do Barramento na Morfologia de *Moenkhausia costae* (Steindachner, 1907) (Teleostei: Characidae), Reservatório de Três Marias, Bacia do Rio São Francisco**

## **1. INTRODUÇÃO**

Os represamentos são um dos principais fatores de alteração dos ecossistemas aquáticos (Santos & Araújo, 2014) e animais do mundo todo estão sujeitos às consequências dessas grandes perturbações antrópicas (Vitousek *et al.*, 1997). Os organismos aquáticos são os mais expostos a estas ameaças (Dudgeon *et al.*, 2006; Vörösmarty *et al.*, 2010) e, em alguns lugares do mundo, cerca de 30% das espécies locais de peixes já encontram ameaçadas em decorrência da construção dos reservatórios (Vié *et al.*, 2009).

Segundo Franssen (2011) os impactos proporcionados pelo barramento de rios possuem características deletérias. Isso contribui massivamente para a degradação dos ecossistemas aquáticos (Baxter, 1977), visto que alteram o fluxo de água corrente para grandes, profundos e estáticos corpos d'água. Com o passar do tempo, esses corpos d'água terão suas propriedades físicas e químicas profundamente alteradas, modificando severamente o hábitat físico e a paisagem (Santos & Araújo 2014).

A ausência de experiência evolutiva recente das comunidades locais com o ambiente lântico (de grande porte) e suas novas características podem desestruturar as populações ali presentes (Baxter, 1977). Podem ocorrer declínios ou picos populacionais além de possíveis introduções de espécies exóticas (por vezes piscívoras) para fins de pesca, estocagem, etc (Agostinho *et al.*, 2007).

A barragem, a alteração ambiental e seus constantes procedimentos operacionais, juntamente com a presença de espécies exóticas introduzidas, exercem uma forte pressão seletiva nas populações de peixes. Isso desestabiliza as comunidades e faz com que várias populações diminuam, se extingam localmente (Agostinho *et al.*, 1999); ou ainda, que sejam selecionadas determinadas variações morfológicas dessas espécies, adaptadas ao novo meio e às novas condições. Espécies nativas que persistem a novas

condições são excelentes modelos para o estudo da resposta populacional às rápidas mudanças do ambiente (Franssen, 2011).

Os estudos sobre a relação da forma do corpo dos organismos com o ambiente no qual estão inseridos são antigos e datam desde Aristóteles, que já inferia sobre a relação entre a forma do corpo, o habitat e a locomoção de peixes de água doce (Lindsey, 1978). Muitos trabalhos evidenciaram tanto variações morfológicas quanto ecológicas populacionais em peixes, e outros grupos, que obtiveram sucesso da colonização de ambientes modificados (Cosson *et al.*, 1999; Brinsmead & Fox, 2002; Lambert *et al.*, 2003; Langerhans *et al.*, 2003; McGuigan *et al.*, 2003; Haas *et al.*, 2010; Pavey *et al.*, 2010; Franssen, 2011; Santoro, 2012; Cureton & Broughton, 2014; Santos & Araújo, 2014). O processo de seleção natural (Darwin, 1859) trata de selecionar indivíduos com os melhores caracteres adaptados para a sobrevivência da população.

Alguns trabalhos trazem que as variações morfológicas populacionais podem ser resultado de: diferenciação genética, onde o represamento pode alterar o fluxo gênico (e conseqüentemente, a frequência alélica) e conduzir a uma diferenciação morfológica populacional (Haas *et al.*, 2010); plasticidade fenotípica, na qual a variação é gerada apenas com a resposta morfo-fisiológica às condições ambientais (Franssen 2012); ou ainda com a combinação dos fatores anteriores (Hudman & Gido 2013).

Um dos processos que podem gerar variações morfológicas é a alteração das taxas de crescimento de diferentes partes do corpo de um organismo. O estudo da alometria relaciona a taxa do crescimento corporal com a taxa de crescimento de diversas partes do corpo. Segundo Gould (1966), “a alometria é o estudo do tamanho e suas conseqüências”. A taxa alométrica pode ser compreendida e explorada em três diferentes frentes: alometria ontogenética, em que as relações entre medidas e tamanho dos indivíduos são acompanhadas e estabelecidas durante seu crescimento; alometria estática, na qual são comparados indivíduos que estejam no mesmo estágio de desenvolvimento e alometria evolutiva, que compara padrões morfológicos entre populações ou espécies distintas (Klingenberg & Zimmermann, 1992). Ou seja, é a diferença na correlação entre uma medida de interesse e o tamanho do organismo.

O estudo alométrico tem se mostrado de grande importância para estudos evolutivos (Cardini, 2003; Cardini & Thorington Jr, 2006), ecológicos (Durrant *et al.*,

2016), filogenéticos (Cardini, 2003; Assega *et al.*, 2016), morfológicos (afim de explicar a diversidade) (Wayne, 1986; Assega *et al.*, 2016) ou ainda, ecomorfológicos (de Camargo *e al.*, 2008).

Nos trabalhos de Wayne (1986) e Assega *et al.*, (2016) os autores utilizam da alometria e do estudo do desenvolvimento para elucidar a grande variedade de formas existentes, respectivamente, em cães e em peixes da família Pseudopimelodidae. Esses trabalhos trazem não somente a importância do estudo da alometria para o entendimento da variedade morfológica como trazem consequentemente a relevância desta para a adaptação (e consequente evolução) das populações.

Diversos estudos já trazem variações morfológicas adquiridas por populações de peixes que se encontram inseridas em ambientes diferentes (e.g. ambiente lêntico vs. ambiente lótico) (Brinsmead & Fox, 2002; Langerhans *et al.*, 2003; McGuigan *et al.*, 2003; Haas *et al.*, 2010; Pavey *et al.*, 2010; Franssen, 2011; Santos & Araújo, 2014; Cureton & Broughton, 2014).

Foram identificadas variações morfológicas em populações de peixes da espécie *Moenkhausia costae* Steindachner (1907), conforme o ambiente em que estavam inseridas. *Moenkhausia costae* Steindachner (1907) é uma espécie pertencente à família Characidae (Ordem Characiformes) que está amplamente distribuída na bacia do Rio São Francisco. São forrageiros e auxiliam na manutenção da cadeia alimentar, servindo de alimento para diversos piscívoros sendo alguns de interesse comercial (Bazzoli *et al.*, 1997); além de sua importância para o mercado ornamental (ICMBio, 2012).

Eigenmann (1917) descreve essa espécie como apresentando uma grande variação na altura do corpo (“...*the depth varying greatly...*”). Essa variação de forma pode ser resultante de variação de taxa alométrica acentuada das características corporais da espécie e é um importante fator a ser considerado na adaptação ao ambiente represado.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho pretende verificar a influência que o barramento da UHE Três Marias exerce no corpo de *Moenkhausia costae*. Para isso, serão conduzidos estudos morfológicos comparativos entre suas diferentes populações, considerando os ambientes de áreas naturais ou sob influência direta desse barramento.

### Objetivos específicos:

- Verificar se as populações identificadas como *M. costae* que ocorrem na lagoa da UHE Três Marias pertencem de fato à espécie;
- Investigar diferentes variações morfológicas que ocorrem entre indivíduos/populações provenientes de áreas dentro e fora da influência do reservatório da UHE de Três Marias.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

**Áreas de Estudo.** Foram analisados lotes provenientes de toda a extensão da bacia do Rio São Francisco, provenientes de vários estados, assim como lotes provenientes do reservatório da UHE Três Marias. O reservatório está localizado no município de Três Marias, MG, na região do Alto São Francisco que abrange os municípios de Três Marias, São Gonçalo do Abaeté, Felixlândia, Morada Nova de Minas, Pompeu, Abaeté, Martinho Campos, Dolores do Indaiá, Bom Despacho, Luz, Moema e Lagoa da Prata (Britski *et al.*, 1988).

**Material.** Para este estudo foram analisados 88 lotes, com um total de 737 espécimes provenientes de diversas coleções ictiológicas, dentre elas: Laboratório de Biologia e Genética de Peixes, UNESP Botucatu; Museu de Zoologia da USP; Museu de Ciências e Tecnologia, PUCRS, Porto Alegre; Laboratório de Ictiologia – UNESP São José do Rio Preto; Coleção de Peixes do Laboratório de Ictiologia Sistemática - Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional; Museu de Zoologia Adão José Cardoso – UNICAMP, Campinas; Museu de Biologia Professor Mello Leitão, Santa Teresa (ES) e Coleção de Ictiologia, UFS.

#### 3.1 Material Analisado

**Bacia do Rio São Francisco: Brasil, Alagoas:** MZUSP 100156 (6 ex. 49,85 – 54,07 mm) Penedo, Marituba do Peixe. Coletor (es) não especificado (s). 1989. CIUFS 1020 (3 ex. 56,43 – 66,61 mm) Olho D'Água do Casado, Rio São Francisco. M.F.G. Brito, L.B. Paula-Souza, C.D. Costa-Santos, A.J.M. Aguiar. 01/Jul/2014. **Bahia:** LBP 21760 (83 ex. 16,07 – 25,24 mm) Malhada, Lagoa temporária. R. Barreto, L. Medeiros, R. Torres, B. Fatoretto, A. Donizetti, E. Junior. 15/Abr/2016. MZUSP 58275 (4 ex. 40,82 – 45,62 mm) Formosa do Rio Preto, Lagoa da Olaria. O.T. Oyakawa, A. Akama, V. Garutti. 04/Jul/1998. MZUSP 94064 (9 ex. 43,8 – 49,93 mm) Coribe, Rio Formoso (afluente do Rio Corrente, sob a ponte grande do vilarejo de Colônia do Formoso). O.T. Oyakawa, Cunha, Mattox. 05/Mai/2007. MZUSP 98756 (1 ex. 39,51 mm) Barra, Rio Grande, Praia Cabeça de Touro (afluente do Rio São Francisco). O.T. Oyakawa, A. Akama, V. Garutti, J.C. Nolasco. 10/Abr/2001. MZUSP 54707 (1 ex. 46,18 mm) Bom Jesus da Lapa, poça de inundação. R.E. Reis et al. 17/Jul/1993. MZUSP 58274 (1 ex. 35,96 mm) Santa Rita de Cássia, braço do Rio Preto. O.T. Oyakawa, A. Akama, V. Garutti. 07/Jul/1998. MZUSP 47367 (7 ex. 39,08 – 44,36 mm) Correntina, Riacho sem nome (afluente do Rio Correntina).

Expedição MZUSP/USNM/UFSCAR. 22/Jul/1994. MZUSP 54705 (23 ex. 34,44 – 46,81 mm) Bom Jesus da Lapa, Rio das Rãs. R.E. Reis et al. 18/Jul/1993. MBML 10765 (1 ex. 28,9 mm) Guanambi, Rio Carnaíba de Dentro. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 01/Set/2015. MBML 10775 (2 ex. 51,27 – 55,34 mm) Palmas de Monte Alto, Rio Carnaíba de Dentro. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 01/Set/2015. MBML 10085 (2 ex. 39,81 – 49,29 mm) Guanambi, Rio Carnaíba de Dentro. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 09/Mar/2015. MBML 11467 (1 ex. 24,78 mm) Riacho de Santana, Rio das Rãs. L.N. Rodrigues, A. Anastácio. 26/Mar/2016. MBML 11283 (1 ex. 48,56 mm) São Desidério, Rio Grande. L.N. Rodrigues, A. Anastácio. 31/Mar/2016. MBML 9060 (25 ex. 21,32 – 25,99 mm) Palmas de Monte Alto, Rio Carnaíba de Dentro. A.L. Carmassi, A.T. Silva. 29/Jan/2014. MBML 10107 (2 ex. 17,12 – 19,35 mm) Palmas de Monte Alto, Rio Carnaíba de Dentro. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 07/Mar/2015. MBML 8853 (1 ex. 24,6 mm) Guanambi, Rio Carnaíba de Dentro. A.L. Carmassi. 30/Jan/2014. MBML 11275 (2 ex. 30,49 – 39,54 mm) São Desidério, Rio Grande. L.N. Rodrigues, A. Anastácio. 26/Mar/2016. MBML 10164 (1 ex. 31,12 mm) Correntina, Rio Correntina. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 04/Mar/2015. MBML 9198 (4 ex. 27,81 – 41,2 mm) Guanambi, Rio Carnaíba de Dentro. A.L. Carmassi, A.T. Silva. 30/Jan/2014. MBML 8946 (6 ex. 50,97 – 54,15 mm) Guanambi, Rio Carnaíba de Dentro. A.L. Carmassi, A.T. Silva. 30/Jan/2014. MBML 8822 (1 ex. 36,23 mm) Correntina, Rio Correntina. A.L. Carmassi. 23/Jan/2014. MBML 8870 (13 ex. 38,21 – 49,32 mm) São Desidério, Rio Grande. A.L. Carmassi. 18/Jan/2014. MBML 10026 (6 ex. 49,85 – 52,5 mm) Riacho de Santana, Rio das Rãs. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 07/Mar/2015. MBML 8886 ((1 ex. 52,06 mm) São Desidério, Rio Grande. A.L. Carmassi. 18/Jan/2014. MBML 11417 (1 ex. 55,6 m) Riacho de Santana, Rio das Rãs. L.N. Rodrigues, A. Anastácio. 31/Mar/2016. MBML 10035 (8 ex. 14,42 – 38,41 mm) Riacho de Santana, Rio das Rãs. G.I. Almeida, A. Anastácio, L.N. Rodrigues. 07/Mar/2015. CIUFS 2266 (2 ex. 30,93 – 37,94 mm) Porto da Folha, Rio São Francisco. R. Bartolette, T.S. Passos, C.D.C. Santos. 23/Jul/2015. CIUFS 1068 (2 ex. 24,66 – 26,82 mm) Paulo Afonso, Rio São Francisco. M.F.G. Brito, L.B. Paula-Souza, C.D. Costa-Santos, A.J.M. Aguiar. 03/Jul/2014. MZUSP 121025 (4 ex. 53,18 – 58,07 mm) Casa Nova, Represa de Sobradinho. W. Severi. 28/Jan/2007. MZUSP 120998 (7 ex. 37,33 – 43,5 mm) Xique-Xique, Rio Verde. W. Severi. 03/Out/2006. MZUSP 54708 (20 ex. 28,24 – 50,87 mm) Bom Jesus da Lapa, Riacho Santana. R.E. Reis et al. 18/Jul/1993. **Minas Gerais:** LBP 10353 (6 ex. 41,34 – 57,6 mm) Lagoa Maria Joana, Pirapora. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, R. Rocha, M. Mehanna. 14/Jul/2010. LBP 10399 (8 ex. 51,32 – 55,66 mm) Córrego Joaninha, Buritizeiro. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, M. Mehanna. 15/Jul/2010. LBP 277 (32 ex. 33,89 – 54,65 mm) Represa de Três Marias, Três Marias. C. Oliveira, P.C. Fenerich, C.K. Shimabukuro, P.C. Vissoto, Y. Sato. 28/Out/1996. LBP 10441 (75 ex. 18,17 – 43,45 mm) Lagoa marginal, Paracatu. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, M. Mehanna. 27/Set/2010. LBP 10298 (3 ex. 33,99 – 49,07 mm) Baía da Inhumá, São Roque de Minas. J.A. Senhorini, P.C. Cecarelli, J.O. Junqueira, R. Devidé, R. Rocha, M. Mehanna. 14/Abr/2010. LBP 10340 (5 ex. 23,23 – 34,97 mm) Lagoa da Capivara, Pirapora. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, R. Rocha, M. Mehanna. 13/Jul/2010. LBP 10414 (2 ex. 36,07 – 36,19 m) Buritizeiro. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, M. Mehanna. 15/Jul/2010. LBP 10306 (2 ex. 32,06 – 36,69 mm) Pirapora, Lagoa do Pivô. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, R. Rocha, M. Mehanna. 12/Jul/2010. LBP 8271 (5 ex. 37,75 – 44,49 mm) Jaíba, Rio Grande Verde. C. Oliveira, G.J.C. Silva, F.F. Roxo, T.N.A. Pereira. 13/Mai/2009. LBP 10321 (13 ex. 19,41 – 42,67 mm) Pirapora, Lagoa da

Tiririca. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, R. Rocha, M. Mehanna. 12/Jul/2010. LBP 10454 (38 ex. 25 – 65,53 mm) Paracatu, Lagoa Marginal. J.A. Senhorini, J.O. Junqueira, M. Mehanna. 28/Set/2010. MZUSP 17089 (30 ex. 40,02 – 58,06 mm) Três Marias, Represa de Três Marias. H.A. Britski, I.A. Dias. 14-18/Fev/1965. MZUSP 51531 (6 ex. 34,81 – 47,86 mm) Fortuna de Minas, Rio Paraopeba, Lagoa Massaracá. C.B.M. Alves e equipe. Set/1994. MZUSP 17132 (1 ex. 54,99 mm) Três Marias, Lagoas Marginais. H.A. Britski, I.A. Dias. 14-18/Mai/1965. MZUSP 105887 (3 ex. 34,25 – 49,61 mm) Três Marias, Represa de Três Marias. Y. Sato. 15/Dez/2009. MZUSP 38042 (4 ex. 29,36 – 39,17 mm) Morada Nova de Minas, margem da Represa de Três Marias. L. Chao et al. 08/Fev/1983. MZUSP 18952 (6 ex. 32,03 – 53,92 mm) Três Marias, Represa de Três Marias. CODEVASF. 1978. MZUSP 17075 (15 ex. 17,77 – 58,43 mm) Três Marias, Represa de Três Marias. H.A. Britski, I.A. Dias. 14-18/Fev/1965. MZUSP 90809 (13 ex. 26,99 – 43,97 mm) Várzea da Palma, Lagoa da Olaria (lagoa marginal do Rio das Velhas). C.B. Mascarenhas, P. Pompeu. 20/Abr/2005. MZUSP 47342 (1 ex. 25,6 mm) Missões, Riacho sem nome. Expedição MZUSP, USNM, UFSCAR. 21/Jul/1994. MZUSP 110214 (3 ex. 33,97 – 34,55 mm) Januária, Rio São Francisco. L.F.S Junior, P.B. Perotti, R.M.C. Melo. Jul/2011. MZUSP 39373 (5 ex. 30,51 – 55,48 mm) Fazenda Sorel, Lagoa do Praiano. Y. Sato, Projeto UHE Formoso. 25/Fev/1988. MZUSP 85962 (1 ex. 45,15 mm) Pirapora, Minas Gerais, Bacia do Rio São Francisco, Rio São Francisco. A. Akama, J.L. Birindelli, C.T.K. Kikuchi. 28-31/Ago/2004. MZUSP 85962 (1 ex. 45,15 mm) Pirapora, Rio São Francisco. A. Akama, J.L. Birindelli, C.T.K. Kikuchi. 28-31/Ago/2004. MZUSP 47461 (3 ex. 30,26 – 40,22 mm) Montes Claros, Rio Verde. Expedição MZUSP/USNM/UFSCAR. 23/Jul/1994. MZUSP 42069 (6 ex. 37,66 – 45,85 mm) Manga, Riacho e Lagoa de Mocaminho, margem direita do Rio São Francisco. J.C. Oliveira, O.T. Oyakawa. 17-22/Jul/1990. MCP 16865 (6 ex. 38,93 – 42 mm) Juvenília, Rio Carinhanha. R.E. Reis, J.P. Silva, E.L. Pereira. 16/Jul/1993. MZUSP 54703 (14 ex. 30,4 – 37,94 mm) Januária, Rio Empoeirado. S.A. Schaefer et al. 13/Jul/1993. MZUSP 39453 (6 ex. 22,84 – 27,58 mm) Barra do Rio Formoso, Rio São Francisco. Y. Sato, Projeto UHE Formoso. 8-10/Fev/1988. MZUSP 54704 (11 ex. 37,32 – 52,89 mm) Monte Azul, Riacho Salinas. R.E. Reis et al. 10/Jul/1993. ZUEC 8094 (19 ex. 24,75 – 44,84 mm) Abaeté, UHE Três Marias. G.N. Salvador, T.C. Pessali. 03/Mai/2012. ZUEC 8083 (21 ex. 21,59 – 32,86 mm) Três Marias, UHE Três Marias. G.N. Salvador, T.C. Pessali. 12/Mai/2012. ZUEC 8091 (39 ex. 21,03 – 31,84 mm) Três Marias, UHE Três Marias. G.N. Salvador, T.C. Pessali. 09/Mai/2012. **Pernambuco:** CIUFS 1050 (5 ex. 22,4 – 26,26 mm) Jatobá, Rio São Francisco. M.F.G. Brito, L.B. Paula-Souza, C.D. Costa-Santos, A.J.M. Aguiar. 02/Jul/2014. MCP 17108 (20 ex. 31,96 – 50,65 mm) Monte Azul, Arroio Salinas. R.E. Reis, J.P. Silva, E.L. Pereira, S. Schaefer. 19/Jul/1993. MCP 31076 (1 ex. 39,86 mm) Cabrobó, Rio São Domingos. C.A.S. Lucena, E.H.L. Pereira, J.F.P. Silva. 24/Jul/2002. **Sergipe:** LBP 11531 (1 ex. 38,64 mm) Riacho sem nome, Porto da Folha. M. Mehanna, J.A. Senhorini, J.O. Junqueira. 22/Nov/2010. LBP 11574 (2 ex. 30,09 – 32,75 mm) Cabaceira, Riacho sem nome. M. Mehanna, J.A. Senhorini, J.O. Junqueira. 24/Nov/2010. LBP 11555 (8 ex. 31,66 – 44,89) Cabaceira, Riacho sem nome. M. Mehanna, J.A. Senhorini, J.O. Junqueira. 23/Nov/2010. MZUSP 18526 (3 ex. 41,52 – 45,7 mm) Propriá, Rio São Francisco. A.V. Alcântara. 06/Fev/1975. CIUFS 2626 (1 ex. 48,19 mm) Santana do Rio São Francisco, Rio São Francisco. R. Barretolette, C.D.C. Santos. 19/Jan/2016. CIUFS 1262 (3 ex. 36,49 – 45,73 mm) Propriá, Rio São Francisco. D.A.S. Assis, J.F.L. Santos, J.S.V. Ludovice. 27/Abr/2013. MCP 31202 (4 ex. 43,55 – 51,59 mm) Belém de São Francisco, Arroio sem nome. C.A.S. Lucena, E.H.L. Pereira, J.F.P. Silva. 23/Jul/2002.

### 3.1.1 Abreviações das Instituições de Pesquisa

CIUFS – Coleção de Ictiologia da UFS, São Cristóvão, SE;

LBP – Laboratório de Biologia de Peixes, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP, Brasil;

LIRP – Laboratório de Ictiologia de Ribeirão Preto, FFCLRP – USP, Ribeirão Preto, SP, Brasil;

MBML – Museu de Biologia Professor Melo Leitão, Santa Teresa, ES, Brasil;

MCP – Museu de Ciências e Tecnologia, PUCRS, Porto Alegre, Brasil;

MZUSP – Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, SP, Brasil;

UNT - Coleção de Peixes do Laboratório de Ictiologia Sistemática - UFT, Porto Nacional, TO, Brasil;

ZUEC – Museu de Zoologia Adão José Cardoso – UNICAMP, Campinas, SP, Brasil.

### 3.2 Morfometria Linear

Para os procedimentos de morfometria linear foram utilizados 721 exemplares. Estes foram submetidos a uma série de 22 medidas corporais. As medidas foram tomadas ponto a ponto através de paquímetro digital (precisão 0,1mm) sendo efetuadas sempre sob estereomicroscópio. As medidas seguiram Fink & Weitzman (1974) e Menezes & Weitzman (1990), com exceção da altura da cabeça (abaixo especificada) (Petrolli & Benine, 2015).

#### MORFOMETRIA:

1. Comprimento padrão: da extremidade anterior do focinho até a dobra hipural (base da nadadeira caudal);
2. Altura do corpo: maior distância entre as margens corporais dorsal e ventral;
3. Distância pré-dorsal: da extremidade anterior do focinho até a origem da nadadeira dorsal;
4. Distância pré-pélvica: da extremidade anterior do focinho até a origem da nadadeira pélvica;

5. Distância pré-peitoral: da extremidade anterior do focinho até a origem da nadadeira peitoral;
6. Distância pré-anal: da extremidade anterior do focinho até a origem da nadadeira anal;
7. Altura do pedúnculo caudal: menor distância entre as margens dorsal e ventral do pedúnculo caudal;
8. Comprimento do pedúnculo caudal: distância entre o último raio da nadadeira anal e a dobra hipural;
9. Comprimento da nadadeira peitoral: comprimento do maior raio da nadadeira peitoral;
10. Comprimento da nadadeira pélvica: comprimento do maior raio da nadadeira pélvica;
11. Comprimento da nadadeira dorsal: comprimento do maior raio da nadadeira dorsal;
12. Comprimento da base da nadadeira dorsal: distância entre o primeiro e o último raio da nadadeira dorsal;
13. Comprimento da nadadeira anal: comprimento do maior raio da nadadeira anal;
14. Comprimento da base da nadadeira anal: distância entre o primeiro e o último raio da nadadeira anal;
15. Comprimento da cabeça: da extremidade posterior do focinho até a porção posterior do opérculo;
16. Altura da cabeça: linha reta vertical medida da margem posterior do espinho supraoccipital;
17. Diâmetro da órbita: maior distância entre as margens anterior e posterior da órbita;
18. Distância interorbital: menor distância entre a margem superior da órbita esquerda e a margem superior da órbita direita;
19. Comprimento do focinho: da extremidade anterior do focinho até a margem anterior da órbita;
20. Comprimento da maxila superior: da extremidade anterior do focinho até a extremidade posterior do maxilar;
21. Distância órbita-nadadeira dorsal: da margem posterior da órbita até a origem da nadadeira dorsal;
22. Distância nadadeira dorsal-nadadeira caudal: da origem da nadadeira dorsal até a origem da nadadeira caudal.

As medidas de Comprimento Padrão estão expressas em milímetros, enquanto que as restantes estão expressas em porcentagens. As porcentagens são relativas ao Comprimento Padrão ou ao Comprimento da Cabeça (e.g. diâmetro da órbita, distância interorbital, comprimento do focinho e comprimento da maxila superior).

Cada uma das medidas foi submetida a uma análise de regressão, através do programa Excel 2013, para averiguar e comparar o padrão de crescimento das populações e encontrar possíveis disparidades entre as taxas alométricas das características corporais das populações. Para cada regressão foram geradas duas retas de crescimento (uma correspondente às populações das lagoas marginais e outra correspondente às populações do reservatório). Para ambas as retas das regressões foram encontradas as suas respectivas fórmulas potenciais para averiguação do coeficiente alométrico (taxa de crescimento) e o  $R^2$  para testar a confiabilidade das retas.

Os dados de 718 exemplares foram também submetidos a uma Análise de Componentes Principais (PCA), no software PAST versão 2.17c (Hammer *et al.*, 2001), afim de detectar possíveis diferenças populacionais através da característica exploratória da análise. Para a realização da PCA os dados brutos foram convertidos em logaritmo.

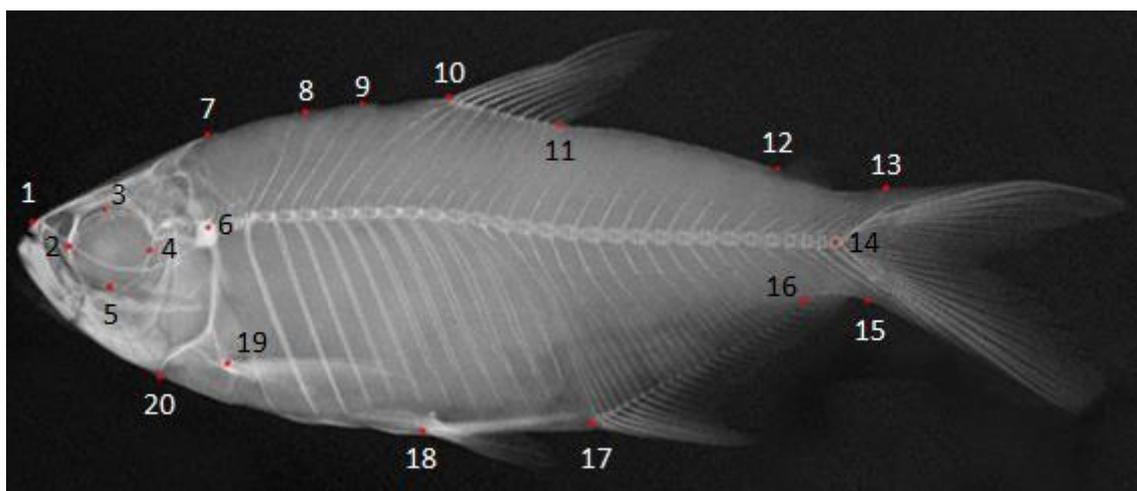
### **3.3 Morfometria Geométrica**

Segundo Monteiro & Reis (1999), a morfometria geométrica é uma metodologia desenvolvida visando “unir o caráter geométrico das formas biológicas e a possibilidade de um tratamento estatístico da variação”. É uma técnica utilizada para estudar matematicamente a diferença na forma entre populações, organismos ou estruturas. Para isso, são usadas imagens (fotografias ou radiografias) do objeto de estudo, assinalando marcos anatômicos em pontos específicos.

Para a morfometria geométrica 177 exemplares de *Moenkhausia costae* foram radiografados utilizando um sistema de Raio-X (Faxitron X-Ray) disponível no Laboratório de Ictiologia de Ribeirão Preto no Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo; sendo 120

exemplares provenientes de diferentes lagoas marginais distribuídas ao longo da bacia do rio São Francisco e 57 exemplares coletados no reservatório da UHE Três Marias.

As radiografias foram agrupadas de acordo com o tipo de habitat (lagoa marginal vs. UHE), e, para cada grupo as imagens digitalizadas foram ordenadas em um arquivo no formato TPS através do software tpsUtil (Rohlf, 2008). Posteriormente foi marcada uma série de 16 marcos anatômicos homólogos (“landmarks”) e 4 pseudo marcos anatômicos (Rohlf & Marcus, 1993) nessas imagens, utilizando o software tpsDig2 (Rohlf, 2006). Os marcos anatômicos foram escolhidos a partir de Sidlauskas *et al.*, (2011) (exceto o limite anterior da pré-maxila, a barra epifisária, a articulação anguloarticular-quadrática, a ponta anterior do dentário e o limite anterior da quinta vértebra - primeira após o Aparelho de Webber); com complemento de alguns marcos anatômicos utilizados por Park *et al.*, (2013) (Fig. 1, Tab. 1).



**Figura 1:** Exemplo de radiografia com um exemplar de *Moenkhausia costae* (lote LIRP 3771) contendo a configuração dos marcos anatômicos utilizados no trabalho.

**Tabela I:** Marcos anatômicos.

MARCOS ANATÔMICOS	DESCRIÇÃO
1	Porção anterior da mandíbula superior (ponta do focinho)
2	Limite anterior da órbita
3	Limite dorsal da órbita
4	Limite posterior da órbita
5	Limite ventral da órbita
6	Porção entre a base occipital e a primeira vértebra do aparelho de Webber
7	Limite posterior do supraoccipital
8	Porção dorsal limite em direção à primeira vértebra

9	Porção dorsal limite em direção à terceira vértebra
10	Origem do primeiro raio da nadadeira dorsal
11	Inserção do último raio da nadadeira dorsal
12	Origem da nadadeira adiposa
13	Base dorsal da membrana da nadadeira caudal
14	Porção posterior do pedúnculo caudal
15	Base ventral da membrana da nadadeira caudal
16	Base posterior da nadadeira anal
17	Base anterior do primeiro raio da nadadeira anal
18	Base anterior da nadadeira pélvica
19	Base anterior da nadadeira peitoral
20	Região ventral da cabeça

Os arquivos contendo as coordenadas dos marcos anatômicos foram editados com o programa Bloco de Notas (Windows 8) e cada espécime foi renomeado de acordo com seu habitat e também conforme seu tamanho (e.g. LagMen001; onde “Lag” designa que é um animal proveniente de lagoa marginal e “Men” remete ao tamanho menor do animal). Esse sistema de nomenclatura dos indivíduos foi adotado para viabilizar os procedimentos do software MorphoJ. Os subgrupos estabelecidos através do tamanho, contaram com animais que possuíam de 20 mm até 34,99 mm; de 35 mm a 49,99 mm e um último subgrupo com exemplares com mais de 50 mm.

Com o software MorphoJ (Klingenberg, 2011) foi criado um projeto adicionando os conjuntos de dados (“*datasets*”) das lagoas marginais e da UHE Três Marias, que nada mais são que os arquivos TPS referentes aos grupos de espécimes. Ambos os *datasets* foram agrupados formando um conjunto de dados combinado.

Para cada conjunto de dados foi realizado o alinhamento de Procrustes, foi gerada uma matriz de covariância e desenhado um *wireframe*. O alinhamento de Procrustes elimina as variações na posição, escala e orientação dos *landmarks* (Klingenberg, 2002), assim, todos os indivíduos de um mesmo grupo são sobrepostos, ajustando e centralizando cada configuração entre os pontos homólogos, gerando assim uma configuração consenso.

A partir dos conjuntos de dados e das matrizes de covariância gerados foram feitas Análises de Componentes Principais, Regressões e Análise Discriminante, afim de testar e quantificar a variação da forma no corpo da espécie. As regressões e a Análise de

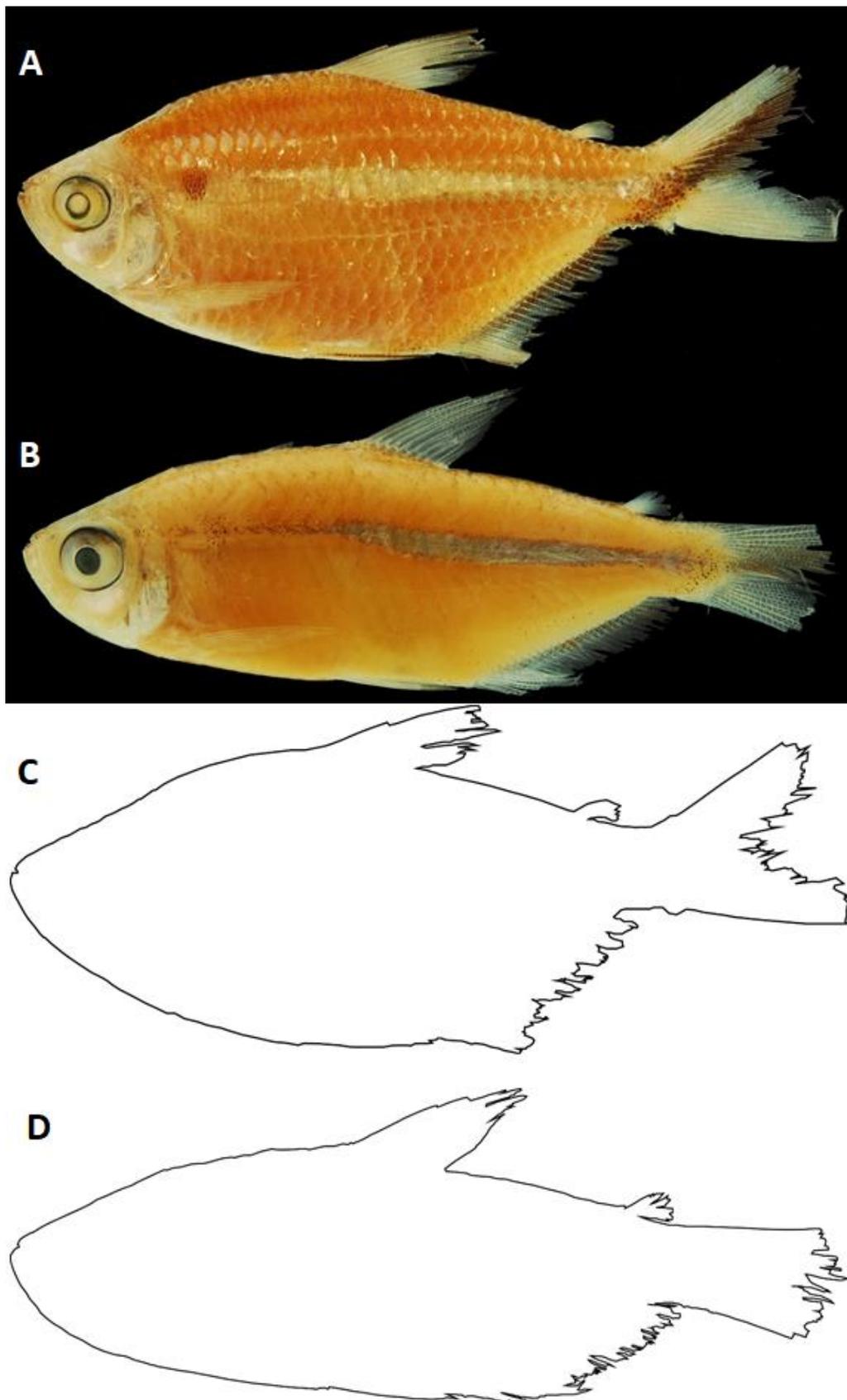
Componentes Principais foram feitas a partir das matrizes de covariância. As regressões obtidas com os conjuntos de dados isolados foram classificadas de acordo com as classes de tamanho dos animais. Já o gráfico resultante do conjunto de dados combinado foi classificado de acordo com o habitat dos animais (lagoa vs. represa). A Análise Discriminante foi feita a partir do conjunto de dados combinado e classificada de acordo com o habitat dos indivíduos.

### **3.4 Imagens**

Além das imagens de raio-x, alguns exemplares foram fotografados para uma melhor visualização da diferença morfológica presente na espécie. As fotografias foram tiradas com câmera Nikon D40 e editadas com auxílio do software Photoshop versão 13.0. As fotografias serviram de base para desenhar, com auxílio do Adobe Illustrator versão 16.0.0, e evidenciar os contornos do corpo de cada morfotipo extremo encontrado.

#### 4. RESULTADOS

A Fig. 2 mostra dois espécimes de *Moenkhausia costae*: 2A é um exemplar coletado em uma lagoa marginal do rio São Francisco, enquanto que 2B foi coletado na UHE Três Marias. Os exemplares possuem Comprimento Padrão semelhantes, porém nota-se uma configuração morfológica bastante distinta entre um e outro. As Fig. 2C e 2D traz os desenhos com os contornos do corpo da espécie para uma melhor observação desse fenômeno.



**Figura 2:** A - *Moenkhausia costae* – LBP 10399; 53,98 mm CP – Córrego Joaninha (Rio São Francisco); B - *Moenkhausia costae* – LBP 277; 55,23 mm CP – Represa da UHE Três Marias; C: contorno do corpo de exemplar não represado; D: contorno do corpo de exemplar represado.

## Morfometria Linear

Os dados morfométricos coletados estão organizados nas Tabelas II e III, sendo a primeira referente aos dados de espécimes distribuídos em lagoas marginais ao longo da bacia do São Francisco (Tabela II) e a segunda com os dados coletados dos espécimes restritos à UHE Três Marias (Tabela III). A morfometria linear permitiu observar uma menor variação nas proporções corporais atingidas pelas populações restritas à UHE Três Marias.

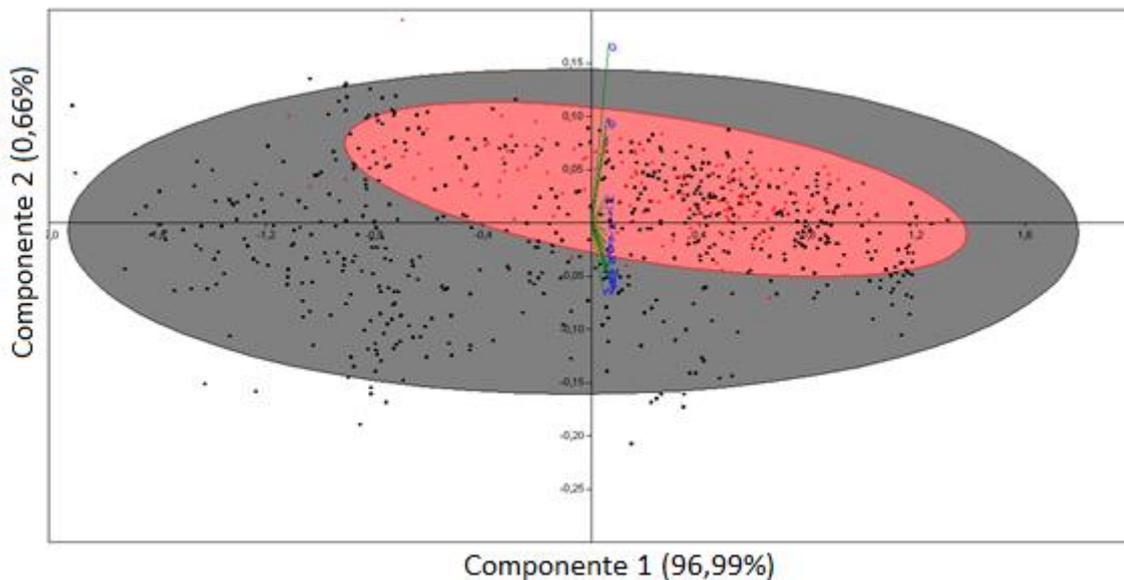
**Tabela II:** Dados morfométricos de *Moenkhausia costae* de exemplares coletados fora da área de influência da UHE Três Marias (n= 569). DP: desvio padrão.

<b>Porcentagens no Comprimento Padrão</b>	<b>Amplitude</b>		<b>Média</b>	<b>DP</b>
Comprimento padrão	14,04	66,61	35,59	
Altura do Corpo	26,8	48,76	38,41	0,017
Distância pré-dorsal	45,4	56,51	51,46	0,012
Distância pré-peitoral	21,33	36,26	28,8	0,009
Distância pré-pélvica	42,46	56,66	49,45	0,012
Distância pré-anal	62,49	75,2	68,7	0,013
Altura do pedúnculo caudal	8,29	13,07	10,93	0,005
Comprimento do pedúnculo caudal	6,23	13,64	10,23	0,007
Comprimento da nadadeira peitoral	13,18	27,29	20,74	0,011
Comprimento da nadadeira pélvica	13,16	22,32	18,51	0,01
Comprimento da nadadeira dorsal	21,06	34,86	29,22	0,017
Comprimento da base da nadadeira dorsal	11,02	18,92	14,25	0,007
Comprimento da nadadeira anal	12,06	23,94	19,55	0,012
Comprimento da base da nadadeira anal	23,71	34,05	29,53	0,009
Distância entre a órbita e a origem nadadeira dorsal	30,4	42,46	36,79	0,011
Distância entre a origem da nadadeira dorsal e origem da nadadeira caudal	41,79	57,08	49,66	0,016
Comprimento da cabeça	22,64	32,36	26,7	0,008
Altura da cabeça	25,21	33,53	29,59	0,008
<b>Porcentagens no Comprimento da Cabeça</b>				
Diâmetro da órbita	31,28	45,71	37,39	0,013
Distância interorbital	20,93	37,47	30,14	0,011
Comprimento do focinho	20,15	30,36	25,06	0,011
Comprimento da maxila superior	32,78	47,15	38,54	0,013

**Tabela III:** Dados morfométricos de *Moenkhausia costae* coletados na UHE Três Marias (n= 159).

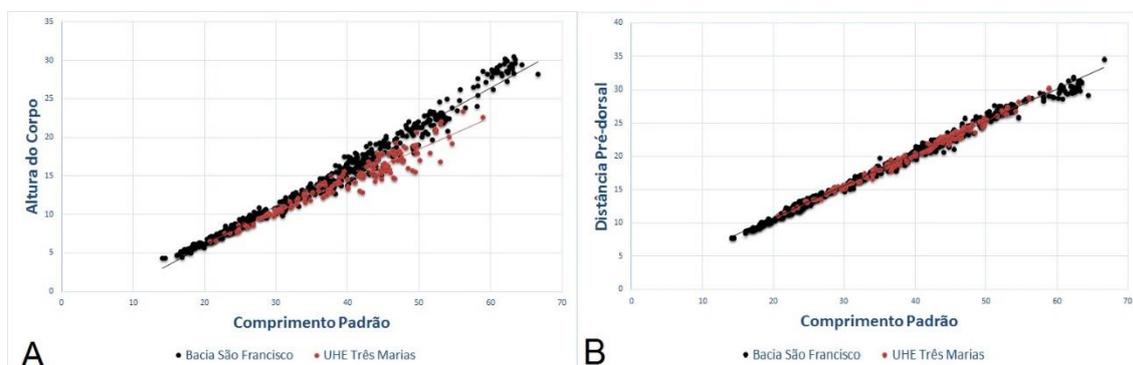
<b>Porcentagens no Comprimento Padrão</b>	Amplitude		Média	DP
Comprimento padrão	20,71	58,9	39,48	
Altura do Corpo	30,51	41,61	35,99	0,018
Distância pré-dorsal	48,66	53,97	51,34	0,008
Distância pré-peitoral	24,51	33,21	30,22	0,009
Distância pré-pélvica	44,38	55,39	50,75	0,011
Distância pré-anal	62,43	72,75	68,7	0,011
Altura do pedúnculo caudal	8,35	12,28	10,68	0,005
Comprimento do pedúnculo caudal	8,2	12,62	10,23	0,008
Comprimento da nadadeira peitoral	16,08	25,52	21,69	0,011
Comprimento da nadadeira pélvica	13,8	22,44	18,9	0,01
Comprimento da nadadeira dorsal	22,91	32,57	29,51	0,015
Comprimento da base da nadadeira dorsal	12,22	15,23	13,83	0,005
Comprimento da nadadeira anal	16,71	29,57	20,19	0,012
Comprimento da base da nadadeira anal	25,64	32,24	28,95	0,013
Distância entre a órbita e a origem nadadeira dorsal	30,37	39,65	35,37	0,012
Distância entre a origem da nadadeira dorsal e origem da nadadeira caudal	42,96	54,6	48,56	0,014
Comprimento da cabeça	24,11	29,94	26,78	0,008
Altura da cabeça	26,14	31,38	28,62	0,007
<b>Porcentagens no Comprimento da Cabeça</b>				
Diâmetro da órbita	31,03	43,74	37,82	0,014
Distância interorbital	25,12	36,69	29,56	0,017
Comprimento do focinho	20,66	30,56	25,62	0,013
Comprimento da maxila superior	30,65	43,69	38,31	0,012

No resultado da Análise de Componentes Principais (Fig. 3), os eixos I e II somam e explicam 97,66% da variação dos dados, apresentando escores negativos e positivos que variam, respectivamente, de -1,9119 a 1,3161 e -0,20782 a 0,19068. O primeiro eixo principal representou quase que a totalidade da variação. A partir do gráfico pode-se inferir que os exemplares provenientes da represa mantêm um morfotipo específico restrito ao ambiente quando comparado a todo o morfoespaço ocupado pela espécie. Esse morfotipo restrito à represa está dentro do limite conhecido de variação da espécie, portanto não se trata de uma nova variação.

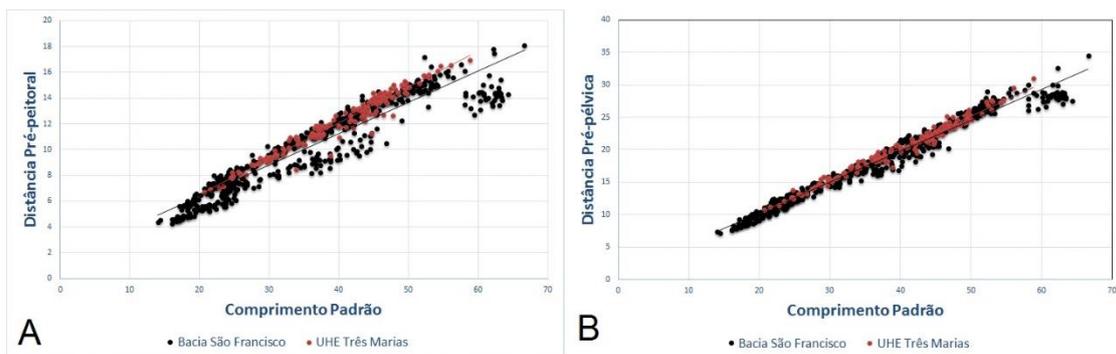


**Figura 3:** Gráfico da Análise de Componentes Principais. Exemplares em preto: lagoas do São Francisco; exemplares em vermelho: UHE. As circunferências representam a ocorrência de 95% dos dados.

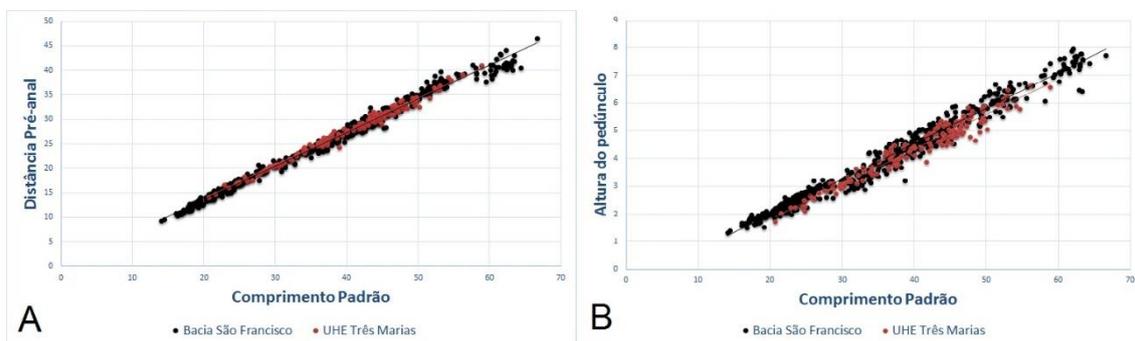
As regressões (Fig. 4 a 14) expõem as retas de crescimento de cada característica morfológica em relação ao Comprimento Padrão dos exemplares das populações das lagoas marginais (indicadas pela cor preta) e da represa (indicadas pela cor vermelha). Em seguida, na Tabela IV, estão indicados os valores de  $R^2$  e os coeficientes alométricos correspondentes encontrados para cada reta. Está indicado com asterisco quais características diferiram significativamente entre as populações. Para as regressões foi optado por não separar os animais em classes de tamanho como na morfometria geométrica, foram separados apenas por ambiente.



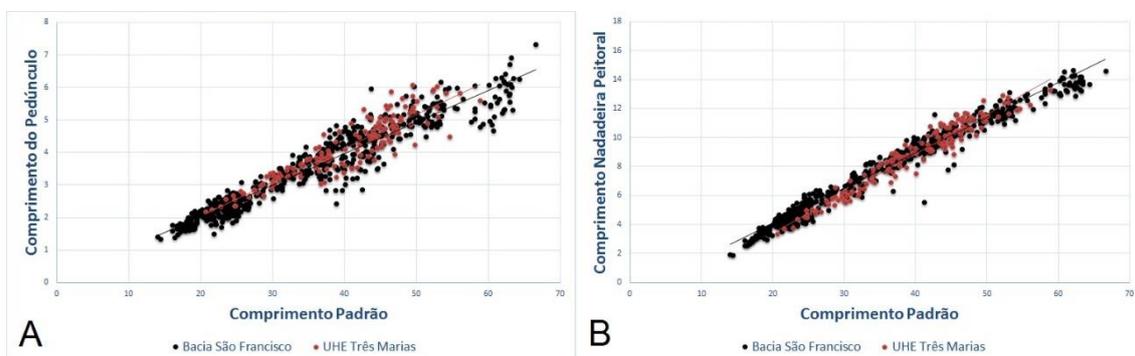
**Figura 4:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. altura do corpo. B: Comprimento padrão vs. distância pré-dorsal.



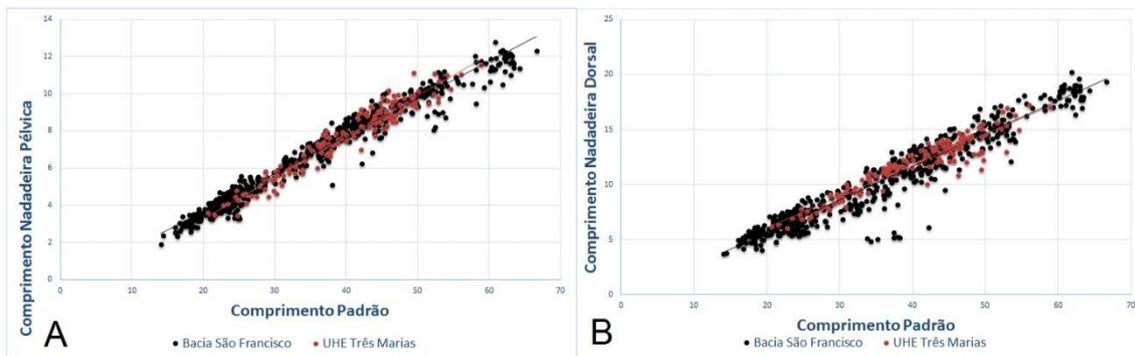
**Figura 5:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. distância pré-peitoral. B: Comprimento padrão vs. distância pré-pélvica.



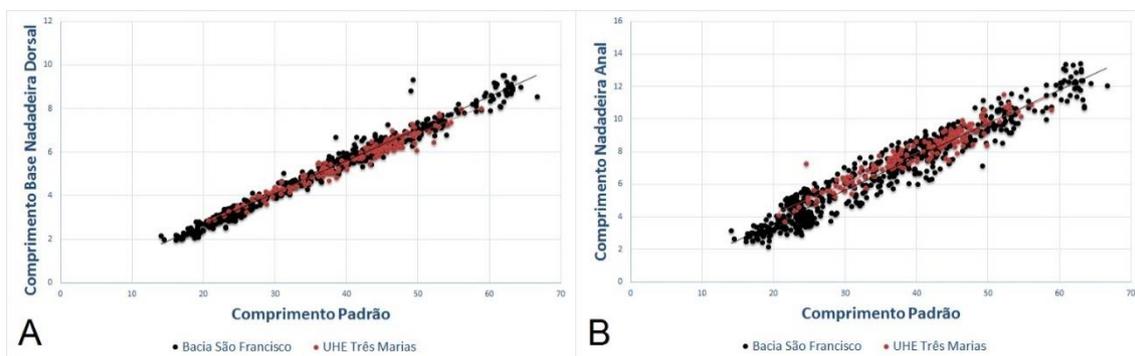
**Figura 6:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. distância pré-anal. B: Comprimento padrão vs. altura do pedúnculo.



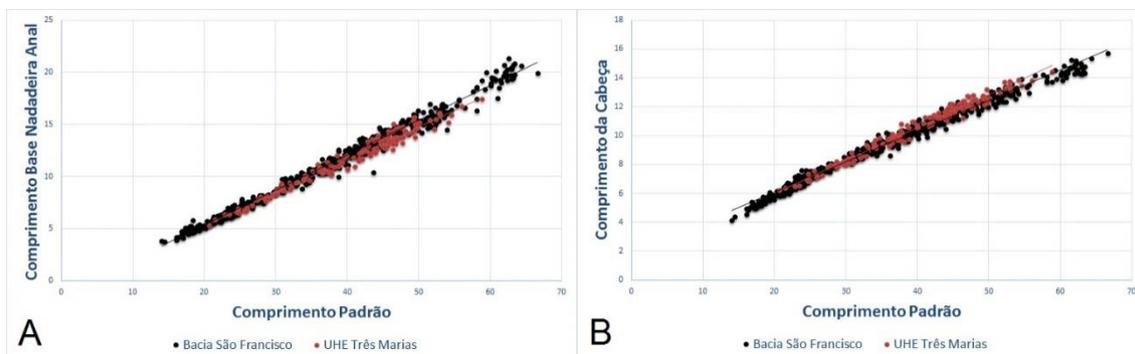
**Figura 7:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. comprimento do pedúnculo caudal. B: Comprimento padrão vs. comprimento da nadadeira peitoral.



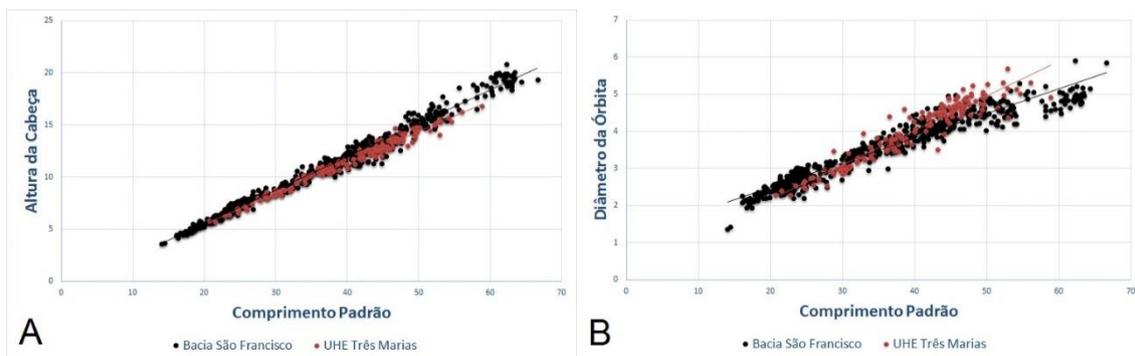
**Figura 8:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. comprimento da nadadeira pélvica. B: Comprimento padrão vs. comprimento da nadadeira dorsal.



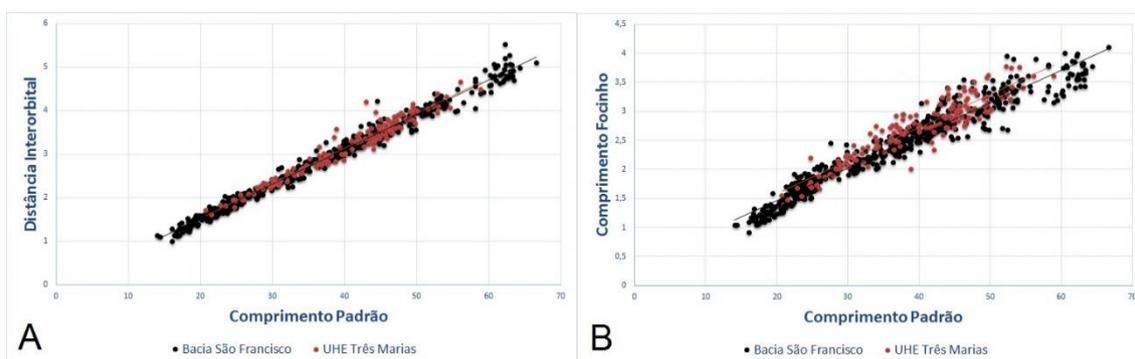
**Figura 9:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. comprimento da base da nadadeira dorsal. B: Comprimento padrão vs. comprimento da nadadeira anal.



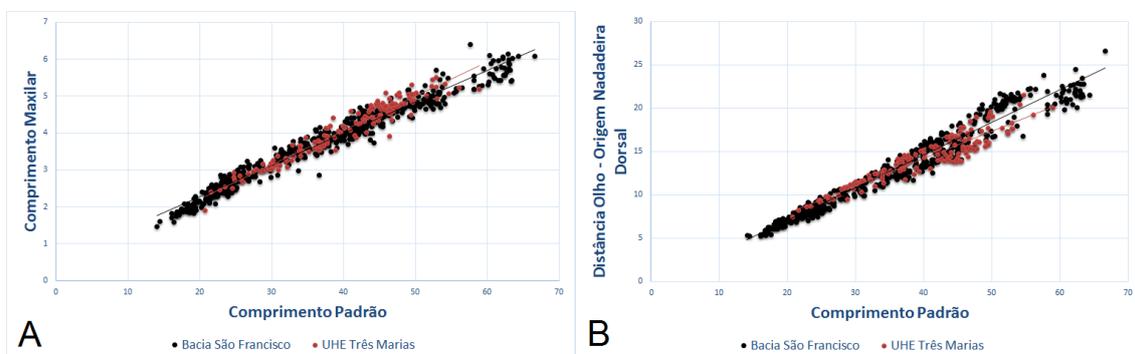
**Figura 10:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. comprimento da base da nadadeira anal. B: Comprimento padrão vs. comprimento da cabeça.



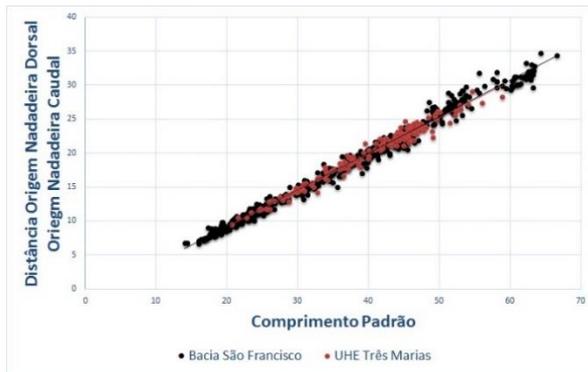
**Figura 11:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. altura da cabeça. B: Comprimento padrão vs. diâmetro da órbita.



**Figura 12:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. distância interorbital. B: Comprimento padrão vs. comprimento do focinho.



**Figura 13:** Regressões. A: Comprimento padrão vs. comprimento do osso maxilar superior. B: Comprimento padrão vs. distância do olho até a origem da nadadeira dorsal.



**Figura 14:** Regressão: comprimento padrão vs. distância da órbita até a origem da nadadeira dorsal.

**Tabela IV:** Valores de P,  $R^2$  e coeficiente alométrico das variáveis morfométricas de *Moenkhausia costae* para os habitats estudados.

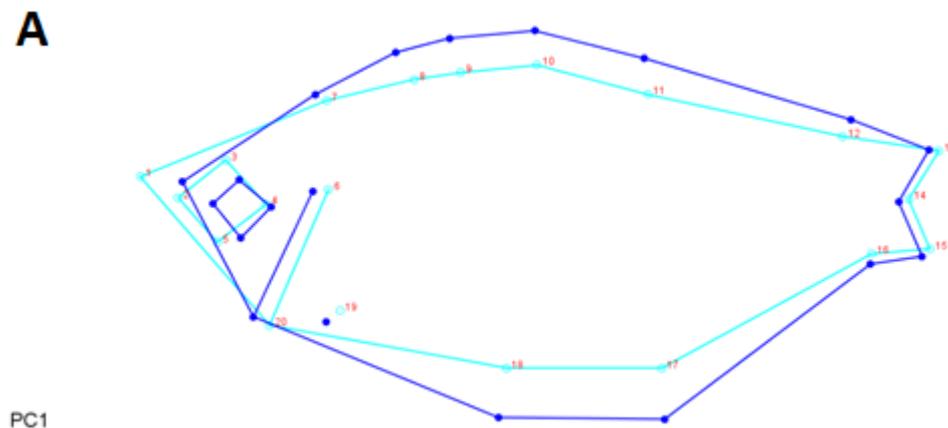
GRÁFICO	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICA	HABITAT	VALOR DE -P	R <sup>2</sup>	COEFICIENTE ALOMÉTRICO
<b>6 A</b>	Altura do Corpo *	Lagoas	0	0,9888	1,29
		UHE	1,98E-42	0,9451	1,15
<b>6 B</b>	Distância Pré Dorsal*	Lagoas	0	0,9938	0,94
		UHE	1,62E-42	0,9915	0,95
<b>7 A</b>	Distância Pré Peitoral	Lagoas	2,32E-71	0,9103	0,89
		UHE	2,67E-32	0,958	0,91
<b>7 B</b>	Distância Pré Pélvica	Lagoas	4,1E-107	0,9783	0,97
		UHE	7,57E-32	0,9818	0,97
<b>8 A</b>	Distância Pré Anal	Lagoas	2,3E-123	0,9922	1,01
		UHE	2,38E-24	0,9904	0,99
<b>8 B</b>	Altura do Pedúnculo Caudal*	Lagoas	0	0,9773	1,14
		UHE	7,89E-81	0,9571	1,19
<b>9 A</b>	Comprimento do Pedúnculo Caudal	Lagoas	4,4E-222	0,9238	0,99
		UHE	5,5E-42	0,8629	0,99
<b>9 B</b>	Comprimento da Nadadeira Peitoral*	Lagoas	2,1E-256	0,9644	1,17
		UHE	1,14E-66	0,9533	1,3
<b>10 A</b>	Comprimento da Nadadeira Pélvica*	Lagoas	6,5E-253	0,9624	1,1
		UHE	3,97E-60	0,9435	1,19
<b>10 B</b>	Comprimento da Nadadeira Dorsal	Lagoas	4,43E-91	0,8883	1,02
		UHE	6,33E-27	0,9143	0,99
<b>11 A</b>	Comprimento da Base da Nadadeira Dorsal*	Lagoas	0	0,9809	1,07
		UHE	3,56E-75	0,9667	0,99
<b>11 B</b>	Comprimento da Nadadeira Anal*	Lagoas	2,7E-165	0,9127	1,1
		UHE	2,47E-35	0,9144	0,94
<b>12 A</b>	Comprimento da Base Nadadeira Anal	Lagoas	0	0,9903	1,13
		UHE	2,99E-71	0,9778	1,11
<b>12 B</b>	Comprimento da Cabeça*	Lagoas	3,4E-216	0,9899	0,8
		UHE	4,18E-52	0,9822	0,85

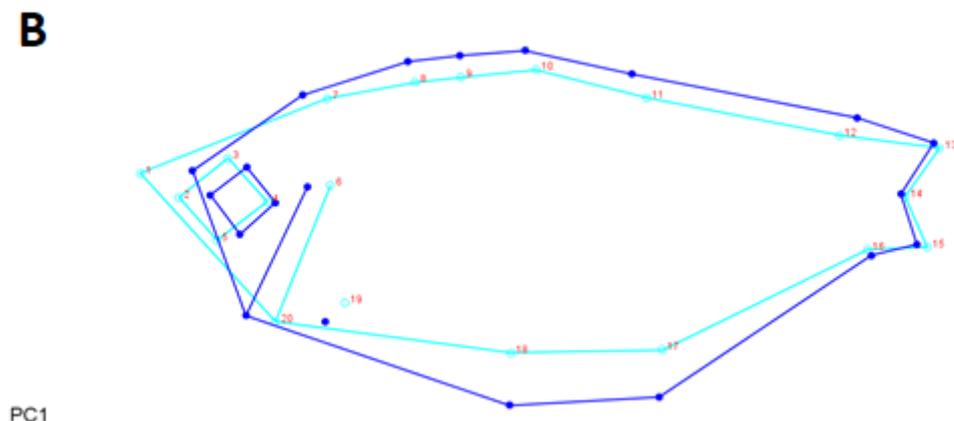
<b>13 A</b>	Altura da Cabeça	Lagoas	0	0,987	1,08
		UHE	1,57E-73	0,9826	1,05
<b>13 B</b>	Diâmetro da Órbita*	Lagoas	4,2E-192	0,942	0,68
		UHE	1,04E-56	0,9233	0,93
<b>14 A</b>	Distância Interorbital	Lagoas	0	0,9869	1,03
		UHE	1,21E-87	0,9626	1,02
<b>14 B</b>	Comprimento do Focinho	Lagoas	4E-299	0,952	0,87
		UHE	3,13E-48	0,8702	0,84
<b>15 A</b>	Comprimento do Maxilar Superior*	Lagoas	4,2E-307	0,971	0,85
		UHE	1,14E-66	0,9476	0,91
<b>15 B</b>	Distância da Órbita até a Origem da Nadadeira Dorsal*	Lagoas	1,9E-179	0,9702	1,04
		UHE	3,83E-10	0,9019	0,87
<b>16</b>	Distância da Origem da Nadadeira Dorsal até a Origem da Nadadeira Caudal	Lagoas	4,9E-251	0,9893	1,09
		UHE	1,24E-48	0,9792	1,09

Nas populações analisadas, quase todos os valores das taxas alométricas variaram. Alguns valores inclusive se inverteram, passaram de uma condição hiperalométrica para hipoalométrica (e.g. distância pré anal, comprimento da nadadeira dorsal, comprimento da base da nadadeira dorsal, comprimento da nadadeira anal e distância da órbita à origem da nadadeira dorsal). Essas variações de crescimento demonstram que há realmente alterações de crescimento e, conseqüentemente, morfológicas nos indivíduos.

### Morfometria Geométrica

A partir das Análises de Componentes Principais, feitas com os conjuntos de dados isolados, foram gerados os *wireframes*. Estes revelaram que as formas iniciais (jovens) de ambos os *datasets* já apresentam morfologias ligeiramente distintas entre si (Fig. 15). As formas são geradas a partir da matriz de covariância, e, através de algoritmos é possível gerar uma possível forma futura média para cada *dataset* (Klingenberg, 2011). Isso permite verificar as mudanças na forma geral nos corpos de cada população.

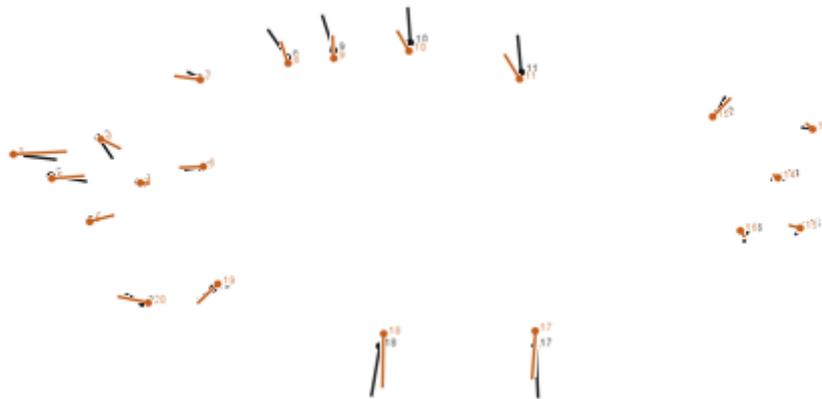




**Figura 15:** A: *Wireframe* obtido a partir da base de dados das populações das lagoas marginais. B: *Wireframe* obtido a partir da base de dados da UHE Três Marias. Para ambos, a forma azul claro representa o formato médio encontrado em exemplares jovens e a forma azul escuro representa a tendência do formato dos indivíduos adultos.

Na Fig. 15 pode-se observar um achatamento na região cefálica na forma adulta média dos exemplares da UHE Três Marias a partir do deslocamento do primeiro marco anatômico (referente ao focinho). Também é perceptível a diminuição da distância entre os marcos anatômicos da região dorsal (7, 8, 9 e 10) entre a forma jovem e a forma adulta dos exemplares da represa (17B).

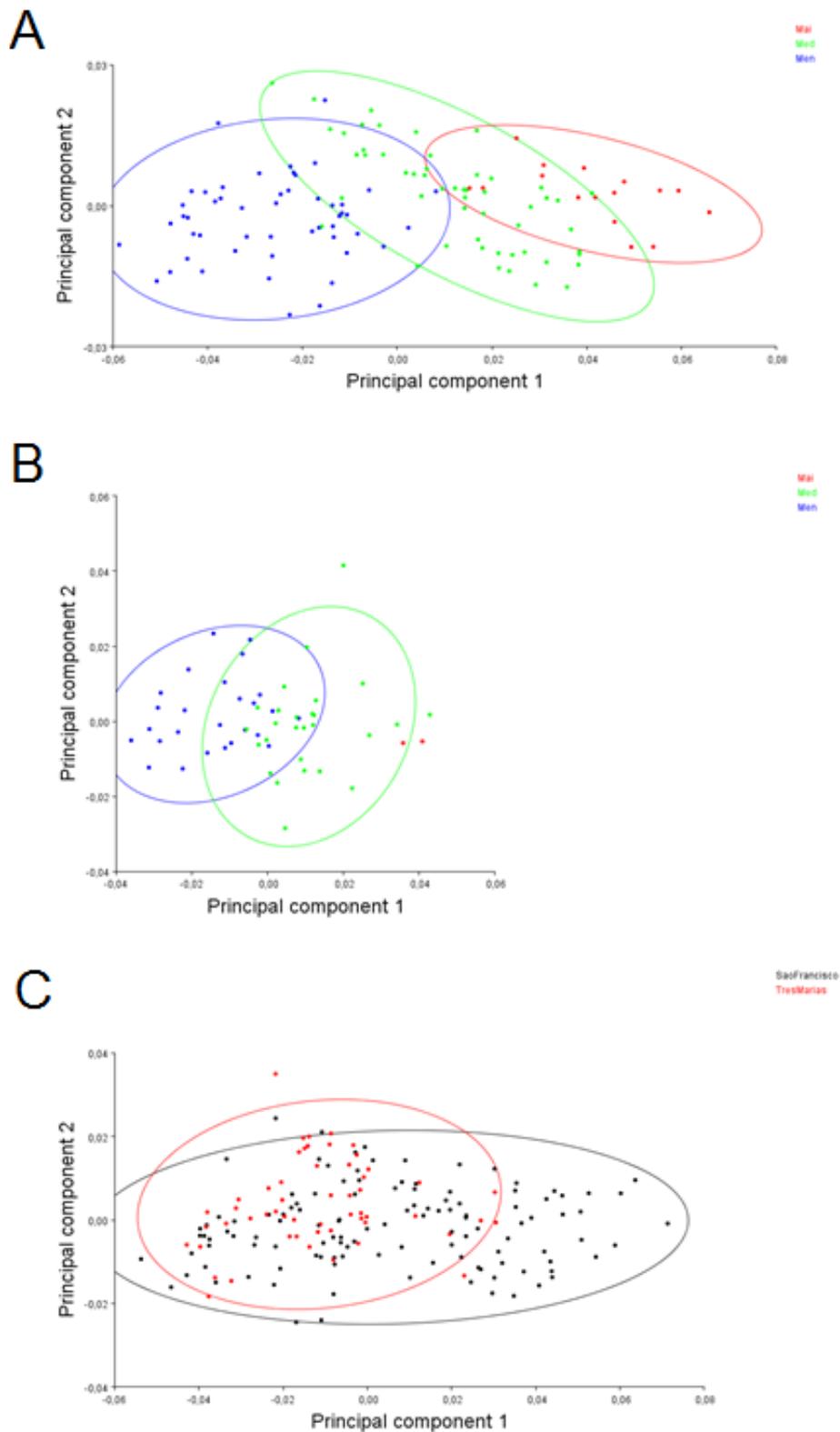
Na Fig. 16 estão representados os gráficos do tipo “*lollipop*” sobrepostos. Nesse item é possível observar mais especificamente a mudança média no deslocamento dos marcos anatômicos, assim como, sua direção. Os pontos indicam a posição média inicial dos *landmarks*, enquanto os rastros indicam a direção e intensidade médias do deslocamento. Pode-se observar uma maior mudança na direção e intensidade dos *landmarks* 8, 9, 10, 11 e 12 que apresentam um crescimento mais acentuado nas populações de lagoas marginais, assim como um achatamento maior na região do focinho das populações da UHE Três Marias, nos marcos 1, 2 e 3.



**Figura 16:** Mudança de forma representada através dos gráficos *lollipop*. Cor Preta representa os animais coletados em lagoas marginais; cor Alaranjada representa os animais coletados na represa.

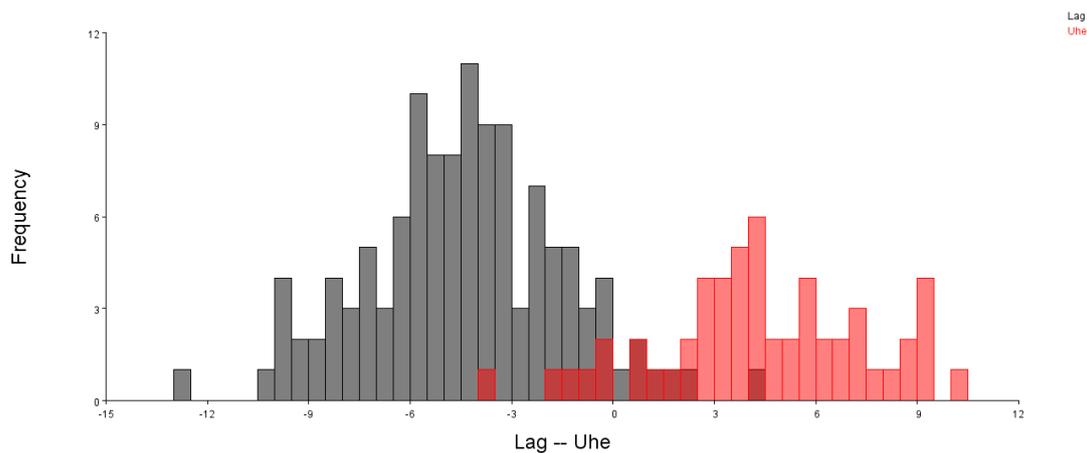
Os eixos principais I e II das Análises de Componentes Principais (Fig. 17A) representam, respectivamente, 66,127% e 7,453%, somando e explicando 73,58% da variação encontrada para o conjunto de dados das lagoas marginais do rio São Francisco. Enquanto que, os eixos I e II da Fig 17B apresentam 41,11% e 15,557%, totalizando 56,666% da variação encontrada para o conjunto de dados de Três Marias. Ambos os gráficos são classificados de acordo com o tamanho dos exemplares das amostras. A partir desses gráficos pode-se concluir que as populações de cada habitat apresentam algumas variações morfológicas específicas para cada classe de tamanho, ou seja, para cada estágio de vida.

Na Fig. 17C, os eixos I e II representam respectivamente 60,51% e 8,35%, somando e explicando 68,86% da variação dos dados. O gráfico retratado foi gerado a partir do *dataset* combinado e está classificado de acordo com o ambiente das populações. A configuração do gráfico se aproximou àquela adquirida no gráfico de PCA gerado a partir da morfometria linear (Fig. 4). É possível inferir que as populações de *Moenkhausia costae* que ocorrem na UHE Três Marias têm um morfoespaço reduzido quando comparadas às populações de lagoas marginais.



**Figura 17:** Gráficos resultantes de Análises de Componentes Principais feitos a partir dos conjuntos de bases das populações. A: exemplares de lagoas marginais; B: UHE Três Marias. Para ambos os gráficos: em azul estão representados indivíduos pequenos (20 a 34,99 mm), em verde estão representados indivíduos de tamanho médio (35 a 49,99 mm) e em vermelho estão representados os indivíduos maiores de 50 mm; C: *dataset* combinado, em preto representados animais de lagoas marginais e em vermelho animais da UHE Três Marias.

Na Análise Discriminante (Fig. 18), feita com o *dataset* combinado, é possível distinguir nitidamente ambos os grupos (lagoas marginais vs. UHE), com pequena sobreposição na frequência de indivíduos para cada grupo. A Análise Discriminante distingue grupos utilizando uma variável categórica/qualitativa como variável dependente (no caso, as variáveis dependentes são os ambientes onde as populações estavam inseridas) e as variáveis métricas/quantitativas como variáveis independentes.



**Figura 18:** Gráfico da Análise Discriminante. Lagoas (em preto) vs. UHE (em vermelho).

## 5. DISCUSSÃO

O tamanho do corpo de *Moenkhausia costae* está intimamente ligado à sua forma. As taxas alométricas desenvolveram um papel fundamental para a seleção natural de indivíduos que se adaptassem ao ambiente de represa. O presente estudo trouxe como principal resultado a alta variabilidade morfológica, adquirida através da seleção de coeficientes alométricos específicos para as populações presentes em cada tipo de ambiente.

A seleção natural começa com o ambiente agindo sobre o fenótipo por meio das pressões seletivas ali presentes (Norton *et al.*, 1995) e continua atuando favorecendo alguns alelos, de fenótipos favoráveis, em detrimento de outros. Os alelos selecionados colocam os indivíduos que os possuem em situação de vantagem reprodutiva, levando toda a população local à evolução adaptativa o que resulta em uma melhor combinação entre organismo e ambiente (Campbell *et al.*, 2010).

Foi possível notar que os indivíduos do reservatório apresentam uma menor variação geral da forma do corpo quando comparados às populações das lagoas marginais. Esse resultado foi semelhante ao conseguido em *Cyprinella lutrensis* (Franssen, 2011) e pode ser observado através da morfometria linear (Tab. II e III), da PCA (Fig.4), das regressões (Fig. 6 a Fig. 16) e da morfometria geométrica (Fig. 15, Fig. 16 e Fig. 17C), visto que nas análises referentes às populações da represa, os valores encontrados sempre foram dentro dos limites daqueles encontrados para as populações de fora da represa.

A maioria dos caracteres que apresentaram diferença significativa dizem respeito à natação e à percepção visual da espécie: altura do corpo, distância pré-dorsal, altura do pedúnculo caudal, comprimento das nadadeiras peitorais, pélvicas e anal, comprimento da base da nadadeira dorsal, comprimento da cabeça, diâmetro da órbita, comprimento do maxilar superior e distância entre a órbita e a origem da nadadeira dorsal. As características foram evidenciadas através da combinação das metodologias de morfometria linear, morfometria geométrica com as análises estatísticas multivariadas, consideradas mais adequadas à natureza multidimensional dos dados morfométricos, conforme observado por Reis (1988).

A variabilidade morfológica identificada para a espécie já era documentada por Eigenmann (1917) e isso demonstra que a espécie, à essa época, já apresentava essa distinção nos padrões de crescimento das características morfológicas. Toda essa variedade corporal teve um papel fundamental para a seleção de um morfotipo específico favorável para a colonização da UHE Três Marias após a inundação da área para a construção da hidrelétrica.

A forma do corpo de um indivíduo traz um compromisso da mesma para com seu ambiente (de Camargo *et al.*, 2008), afim de proporcionar o melhor custo benefício para a locomoção desses indivíduos; enquanto que a sua capacidade visual pode estar ligada à defesa, além de fatores como dieta (Mazzoni *et al.*, 2010).

A variação morfológica intraespecífica mais significativa nas populações restritas à lagoa da represa apresentaram, notoriamente, um corpo mais baixo quando comparadas com as populações restantes (Fig 4A). Essa variação pode ser atribuída à mudança das pressões seletivas ambientais decorrentes do ambiente altamente modificado que selecionou indivíduos que apresentavam taxas de crescimento específicas para tal medida.

Breda *et al.*, (2005) e Langerhans (2008) trazem que corpos fusiformes são propensos ao ambiente lótico por oferecer menor resistência à água corrente, enquanto que animais de forma mais corpulenta são encontrados em ambientes lênticos. Nosso estudo suporta parcialmente essas premissas, visto que os animais corpulentos foram coletados em ambiente de lagoas marginais. Isso indica que possivelmente o tamanho do corpo d'água, juntamente com os demais fatores físicos e bióticos, tenha sido decisivo para a seleção das formas.

Alguns trabalhos trazem divergências morfológicas encontradas em outras espécies de peixes estudadas, porém para ambientes lótico e lêntico. Brinsmead & Fox, (2002) trabalharam com *Lepomis gibbosus* e *Ambloplites rupestris* que apresentaram diferenças na altura do corpo, nadadeiras mais longas e largas e as nadadeiras laterais posicionadas mais anteriormente. Langerhans *et al.* (2003) encontraram *Bryconops caudomaculatus* e *Biotodoma wavrini* com alterações nas posições da boca e da maior altura dos animais (localizada mais anteriormente).

McGuigan *et al.* (2003) trouxeram *Melanotaenia eachamensis* e *Melanotaenia duboulayi* com nadadeiras dorsal e pélvicas em posições distintas e em média mais curtas. Haas *et al.* (2010) estudaram populações de *Cyprinella venusta*, que apresentaram modificações na altura do corpo, no tamanho da cabeça, no posicionamento da nadadeira dorsal e dos olhos. Pavey *et al.* (2010) encontrou exemplares de *Oncorhynchus nerka* mais fusiformes para ambiente lênticos, com pedúnculo caudal mais esguio e olhos menores.

Franssen (2011) trabalho com *Cyprinella lutrensis* e encontrou diferenças na altura do corpo e no tamanho da cabeça dos animais. Santos & Araújo (2014) trazem *Astyanax bimaculatus* com corpos mais altos bases das nadadeiras dorsal e anal mais longas; enquanto que Cureton & Broughton (2014) encontraram populações de *Pimephales vigilax* com diferenças na altura do corpo, na forma da cabeça com nadadeira dorsal mais anterior e nadadeiras pélvicas mais posteriores.

Nesses trabalhos é possível encontrar resultados que concordam com os aqui apresentados [e.g. Pavey *et al.*, (2010) identifica animais com corpo mais hidrodinâmico presentes em lagoas], assim como trabalhos que trazem alguns resultados que refutam os nossos [e.g. Haas *et al.*, (2010) identifica nadadeira dorsal menor para populações de reservatório]. Porém, os estudos conduzidos por Pavey *et al.*, (2010) dizem que as diferenças nos padrões alométricos das populações são específicas do habitat onde essas populações estão inseridas.

Um dos grandes impactos provocados pela construção de barramentos é a alteração da composição de espécies no local, assim como alterações ambientais como as estratificações anóxica, térmica e de nutrientes levando a uma reestruturação e uma reorganização de suas assembleias (Agostinho *et al.* 1999). Acompanhando essas alterações, pode-se destacar a ocorrência de introdução de espécies exóticas, muitas vezes piscívoras como espécies dos gêneros *Hoplias* e *Cichla* (Barbosa *et al.* 2017) nas lagoas a partir de programas de estocagem e escapes de sistemas de cultivo (Agostinho *et al.* 2007).

Todos esses fatores citados modificam as pressões seletivas exercidas sobre as populações, sendo assim, quanto maior a variabilidade morfológica, a plasticidade

alimentar e reprodutiva da espécie, maiores as chances de sucesso de permanecer nesse ambiente (Agostinho, *et al.* 2007). As populações de *M. costae* presentes na área de influência direta do represamento da UHE Três Marias se mantiveram no ambiente conforme sua característica fusiforme, ou seja, mais hidrodinâmica. A forma fusiforme do corpo, associada à natação rápida e à diminuição dos efeitos dos arrastos inercial e viscoso (Herlfman *et al.*, 2009), são características favoráveis aos animais na presença de predadores exóticos na represa.

Brinsmead & Fox (2002), Haas *et al.* (2003) e Franssen (2011) discutem ainda que populações restritas a ambientes de reservatório (lêntico) tendem a apresentar a altura do corpo maior que as populações presentes nos ambientes lóticos, que têm tendência a mostrar uma forma de corpo mais hidrodinâmica e esguia; nossos resultados indicam que as populações foram selecionadas de acordo com sua forma mais hidrodinâmica para se manter no reservatório, corroborando com os resultados conseguidos por Pavey *et al.* (2010).

Não obstante, houveram estudos nos quais as populações mantiveram a altura do corpo sem variações (McGuigan *et al.*, 2003; Langerhans *et al.*, 2003), o que indica que a mudança do ambiente também pode ter um efeito neutro nas populações para essa característica. Esses eventos nos indicam que cada ambiente oferecerá pressões seletivas distintas às espécies ali presentes, e, que estas responderão também de maneiras diversas.

As respostas no crescimento, que possivelmente permitiram a seleção e sobrevivência de exemplares mais adaptados de *M. costae* no represamento, foram a redução da relação entre a altura do corpo e o comprimento padrão (Fig. 4A) e o aumento da relação entre o diâmetro da órbita (Fig. 11B). Esses fatores permitiram um escape mais rápido devido e um campo de visão mais amplo para aprimorar a visualização de potenciais predadores. No caso de *M. costae* a variabilidade do padrão de crescimento pré-existente na espécie foi um importante recurso para que suas populações atingissem o perfil morfológico favorável para a permanência na represa.

Nosso estudo evidencia que a variação morfológica adquirida através da diferenciação dos padrões de crescimento alométrico podem ter um papel fundamental

na seleção de morfotipos favoráveis a intempéries que alterem seu habitat levando essas populações a colonizarem novos ambientes com sucesso. Esse levantamento de diferenças populacionais é importante para a conservação das espécies, à medida que permite reconhecer a amplitude de diversidade dentro da própria espécie (Shibatta & Hoffmann, 2005). É importante para o nosso entendimento de como as ações antrópicas de grande escala tanto podem estar ameaçando e extinguindo populações de determinadas espécies (Agostinho *et al.*, 2007) quanto também podem estar atuando como uma fonte de diversidade biológica para outras.

## 6. LITERATURA

Agostinho, A.A.; Miranda, L.E.; Bini, L.M.; Gomes, L.C.; Thomaz, S.M.; Suzuki, H.I. (1999). Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. *Theoretical reservoir ecology and its applications*, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 227-265.

Agostinho, A.A.; Gomes, L. C.; Pelicice, F.M. (2007). Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil.

Assega, F.M.; Birindelli, J.L.O.; Bialecki, A.; Shibatta, O.A. (2016). External morphology of *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 during early stages of development, and its implications for the evolution of Pseudopimelodidae (Siluriformes). *PloS one*, 11(4), e0153123.

Barbosa, J.M.; Soares, E.C.; Cintra, I.H.A.; Hermann, M.; Araújo, A.R.R. (2017). Perfil da ictiofauna da bacia do rio São Francisco/Profile of the fish fauna of the São Francisco river basin. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 5(1), 70-90.

Baxter, R.M. (1977). Environmental effects of dams and impoundments. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8(1), 255-283.

Bazzoli, N.; Sato, Y.; Santos, J.E.; Cruz, A.M.G.; Cangussu, L.C.V.; Pimenta, R.S.; Ribeiro, V.M.A. (1997). Biologia reprodutiva de quatro espécies de peixes forrageiros da represa de Três Marias, MG. *Bios*, 5(5), 17-28.

Breda, L.; Oliveira, E.F.; Goulart, E. (2005). Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, v.27, n.4, p.371-381.

Brinsmead, J.; Fox, M.G. (2002). Morphological variation between lake-and stream-dwelling rock bass and pumpkinseed populations. *Journal of Fish Biology*, 61(6), 1619-1638.

Britski, H.A.; Sato, Y.; Rosa, A.B. (1988). Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da bacia do São Francisco. In *Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco*, Câmara dos Deputados/CODEVASF, 143p.

Cardini, A. (2003). The geometry of the marmot (Rodentia: Sciuridae) mandible: phylogeny and patterns of morphological evolution. *Systematic Biology*, 52(2), 186-205.

Cardini, A.; Thorington Jr, R.W. (2006). Postnatal ontogeny of marmot (Rodentia, Sciuridae) crania: allometric trajectories and species divergence. *Journal of Mammalogy*, 87(2), 201-215.

Cureton, J.C.; Broughton, R.E. (2014). Rapid morphological divergence of a stream fish in response to changes in water flow. *Biology letters*, 10(6), 20140352.

Cosson, J.F.; Ringuet, S.; Claessens, O.; De Massary, J.C.; Dalecky, A.; Villiers, J.F.; Pons, J.M. (1999). Ecological changes in recent land-bridge islands in French Guiana, with emphasis on vertebrate communities. *Biological conservation*, 91(2-3), 213-222.

de Camargo, N.F.; Gonçalves, R.G.; Palma, A.R.T. (2008). Variação morfológica de pedregais de roedores arborícolas e cursoriais do Cerrado. *Zoologia*, 25(4).

Darwin, C. (1859). On the origins of species by means of natural selection. *London: Murray*, 247, 1859.

Dudgeon, D.; Arthington, A.H.; Gessner, M.O.; Kawabata, Z.I.; Knowler, D.J.; Lévêque, C.; Sullivan, C.A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews*, 81(2), 163-182.

Durrant, K.L.; Skicko, I.M.; Sturrock, C.; Mowles, S.L. (2016). Comparative morphological trade-offs between pre-and post-copulatory sexual selection in Giant hissing cockroaches (Tribe: Gromphadorhini). *Scientific reports*, 6, 36755.

Eigenmann, C.H. (1917). The American Characidae. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology*, 43 (1), 1-102.

Franssen, N.R. (2011). Anthropogenic habitat alteration induces rapid morphological divergence in a native stream fish. *Evolutionary Applications*, 4(6), 791-804.

Franssen, N.R. (2012). Genetic structure of a native cyprinid in a reservoir-altered stream network. *Freshwater Biology*, 57(1), 155-165.

Fink, W.L.; Weitzman, S.H. (1974). The so-called cheirodontin fishes of Central America with descriptions of two new species (Pisces: Characidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 172, 42p.

Gould, S.J. (1966). Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological Reviews*, 41(4), 587-638.

Gould, S.J. (1977). *Ontogeny and phylogeny*. Harvard University Press.

Haas, T.C.; Blum, M.J.; Heins, D.C. (2010). Morphological responses of a stream fish to water impoundment. *Biology letters*, 6(6), 803-806.

Hammer, O.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. (2001). Paleontological statistics software: Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, (4).

Helfman, G.; Collette, B.B.; Facey, D. E.; Bowen, B.W. (2009). *The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology*. John Wiley & Sons.

Hudman, S.P.; Gido, K.B. (2013). Multi-scale effects of impoundments on genetic structure of creek chub (*Semotilus atromaculatus*) in the Kansas River basin. *Freshwater Biology*, 58(2), 441-453.

ICMBio (2012). INSTRUÇÃO NORMATIVA INTERMINISTERIAL No 001 , DE 3 JANEIRO DE 2012. Em: <  
[http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao\\_normativa/2012/in\\_inter\\_mpa\\_mma\\_01\\_2012\\_exploracaopeixesnativosexoticosaguascontinentais.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2012/in_inter_mpa_mma_01_2012_exploracaopeixesnativosexoticosaguascontinentais.pdf)>. Acesso em 17/01/2017.

Klingenberg, C.P.; Zimmermann, M. (1992). Static, ontogenetic, and evolutionary allometry: a multivariate comparison in nine species of water striders. *The American Naturalist*, 140(4), 601-620.

Klingenberg, C.P. (2011). MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*. 11(2), 353-357.

Klingenberg, C.; Duttke, S.; Whelan, S.; Kim, M. (2012). Developmental plasticity, morphological variation and evolvability: a multilevel analysis of morphometric integration in the shape of compound leaves. *Journal of Evolutionary Biology*, 25(1), 115–129.

Lambert, T.D.; Adler, G.H.; Riveros, C.M.; Lopez, L.; Ascanio, R. & Terborgh, J. (2003). Rodents on tropical land-bridge islands. *Journal of Zoology*, 260(2), 179-187.

Langerhans, R.B.; Layman, C.A.; Langerhans, A.K.; Dewitt, T.J. (2003). Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. *Biological Journal of the Linnean Society*, 80(4), 689-698.

Langerhans, R.B. (2008). Predictability of phenotypic differentiation across flow regimes in fishes. *Integrative and Comparative Biology*, 48(6), 750-768.

Lindsey, C.C. (1978) Form, function, and locomotory habitats in fish. In: Hoar, W.S.; Randall, D.J. (eds.). *Fish physiology: locomotion*. Volume 7. Academic Press, New York, NY. 576p.

Mazzoni, R.; Moraes, M.; Rezende, C. F.; Miranda, J.C. (2010). Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto rio Tocantins, Goiás, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 100(2), 162-168.

McGuigan, K.; Franklin, C.E.; Moritz, C.; Blows, M.W. (2003). Adaptation of rainbow fish to lake and stream habitats. *Evolution*, 57(1), 104-118.

Menezes, N.A.; Weitzman, S.H. (1990). Two new species of *Mimagoniates* (Teleostei: Characidae: Glandulocaudinae), their phylogeny and biogeography and a key to the Glandulocaudin fishes of Brazil and Paraguay. *Proceedings of Biological Society of Washington*, 103(2), 380-426.

Park, P.J.; Aguirre, W.E.; Spikes, D.A.; Miyazaki, J.M. (2013). Landmark-Based Geometric Morphometrics: What Fish Shapes Can Tell Us about Fish Evolution. Tested Studies for Laboratory Teaching, *Proceedings of the Association for Biology Laboratory Education*, 34, 361-371.

Pavey, S.A.; Nielsen, J.L.; MacKas, R.H.; Hamon, T.R.; Breden, F. (2010). Contrasting Ecology Shapes Juvenile Lake-Type and Riverine Sockeye Salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 139(5), 1584-1594.

Pélabon, C.; Firmat, C.; Bolstad, G. H.; Voje, K. L.; Houle, D.; Cassara, J.; Hansen, T. F. (2014). Evolution of morphological allometry. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1320(1), 58-75.

Petrolli, M.G.; Benine, R.C. (2015). Description of three new species of *Moenkhausia* (Teleostei, Characiformes, Characidae) with the definition of the *Moenkhausia jamesi* species complex. *Zootaxa*, 3986 (4), 401 – 420. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3986.4.1>

Reis, S.F. (1988). Morfometria e estatística multivariada em biologia evolutiva. *Revista Brasileira de Zoologia*, São Paulo, v.5, n.4, p.571-580.

Rohlf, F.J. (2006). TPSDIG2 for Windows version 2.10. Available from: <<http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>>. Acesso em: 11/10/2016.

Rohlf, F.J. (2008). tpsUtil, file utility program. version 1.40. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.

Rohlf, F. J., & Marcus, L. F. (1993). A revolution in morphometrics. *Trends in ecology and evolution*, 8, 129-129.

Santoro, G.R.C.C. (2012). Mudanças temporais, após 13 anos de insularização, em comunidades de lagartos (Squamata) em ilhas formadas por um grande reservatório no Brasil Central. Tese de Mestrado, 89 pp. Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasil.

Santos, A.B.I.; Araújo, F.G. (2014). Evidence of morphological differences between *Astyanax bimaculatus* (Actinopterygii: Characidae) from reaches above and below dams on a tropical river. *Environmental Biology of Fishes*, 98(1), 183-191.

Sato, Y.; Sampaio, E.V. (2005). A ictiofauna na região do alto São Francisco, com ênfase no reservatório de Três Marias, Minas Gerais. *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: Rima, 251-304.

Shibatta, O.A.; Hoffmann, A. C. (2005). Variação geográfica em *Corydoras paleatus* (Jenyns) (Siluriformes, Callichthyidae) do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, São Paulo, v.22, n.2, p.366-371.

Shibatta, O.A.; Ohara, W.M. (2007). Variação morfológica em populações de *Tetragonopterus argenteus* Cuvier, 1817 (Characiformes, Characidae) das bacias dos rios Madeira e Paraguai. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, 28(1), 3-8.

Sidlauskas, B.L.; Mol, J.H.; Vari, R.P. (2011). Dealing with allometry in linear and geometric morphometrics: a taxonomic case study in the *Leporinus cylindriciformis* group (Characiformes: Anostomidae) with description of a new species from Suriname. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 162(1), 103–130.

Taylor, W.R.; Van Dyke, G.C. (1985). Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage. *Cybium*, 9, 107 – 119.

Vié, J.; Hilton-Taylor, C.; Stuart, S. (2009). Wildlife in a changing world: an analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species. World Conservation Union, Switzerland.

Vitousek, P.M.; Mooney, H.A.; Lubchenco, J.; Melillo, J.M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277(5325), 494-499.

Vörösmarty, C.J.; McIntyre, P.B.; Gessner, M.O.; Dudgeon, D.; Prusevich, A.; Green, P.; Glidden, S.; Bunn, S. E.; Sullivan, C.A.; Liermann, C.R.; Davies, P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555–561.

Wayne, R.K. (1986). Cranial morphology of domestic and wild canids: the influence of development on morphological change. *Evolution*, 40(2), 243-261.