

## Análise morfométrica de *Gymnotus inaequilabiatus* (Valenciennes, 1839) (Gymnotiformes: Gymnotidae) em diferentes bacias hidrográficas brasileiras

Augusto Frota<sup>1,2</sup>, Fagner de Souza<sup>2,3</sup>, Hugmar Pains da Silva<sup>2,4</sup>

1. Graduando em Ciências Biológicas na Universidade Estadual de Maringá, Brasil. Email: frota.augusto@gmail.com

2. Coleção Ictiológica do Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. Endereço: Av. Colombo 5790, CEP 87020-900.

3. Doutorando em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Brasil. E-mail: gnaofagner@hotmail.com

4. Doutorando em Biologia das Interações Orgânicas no Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Brasil. E-mail: painsbio@gmail.com

**RESUMO:** Os Gymnotiformes são conhecidos como peixes elétricos, peixes faca, tuviras ou morenitas, constituindo uma pequena e endêmica porção da ictiofauna Neotropical. Por apresentar uma ampla distribuição geográfica e uma alta riqueza, *Gymnotus* é o gênero da ordem mais estudado. Uma das espécies que mais se destaca é *Gymnotus inaequilabiatus* a qual é distribuída nas bacias dos rios Paraná-Paraguai e drenagens costeiras do Uruguai e dos rios do sudeste Brasileiro. Com base em relatos de introdução desta espécie e divergências moleculares em várias bacias hidrográficas, traçou-se a hipótese de que há variação morfológica entre as populações de *G. inaequilabiatus* oriundas de diferentes bacias. Portanto, objetivou-se analisar morfometricamente as populações de quatro bacias diferentes. Para a avaliação e interpretação dos dados morfométricos foram realizadas análises de componentes principais e análises de variáveis canônicas. As análises não mostraram diferenças significativas entre as populações. Contudo, na análise das variáveis canônicas nota-se uma leve tendência na separação das populações. Os resultados demonstraram que *Gymnotus inaequilabiatus* não se difere morfológicamente e que não há possibilidade de inferência taxonômica sobre as populações das bacias analisadas, não corroborando com a hipótese inicial. No entanto, os resultados sugerem que *G. inaequilabiatus* apresenta uma alta capacidade adaptativa, grande capacidade de colonização e resiste a diferentes pressões ambientais.

**Palavras-chave:** alto rio Paraná, morfologia, peixes faca, peixe elétrico, rio Paraguai.

### Morphometric analysis of *Gymnotus inaequilabiatus* (Valenciennes, 1839) (Gymnotiformes: Gymnotidae) in different Brazilian watersheds

**ABSTRACT:** The Gymnotiformes are usually known as electric fishes, knife fishes, tuvira or morenitas, constituting a small and endemic portion of the Neotropical ichthyofauna. Among your genus, by presenting a broad geographic distribution and high richness, *Gymnotus* is the most studied. One of the species that more stands out is the *Gymnotus inaequilabiatus* which is distributed in the Paraná-Paraguai, Coastal Rivers, Uruguay and Brazilian southeastern Rivers Basins. Based in reports of molecular divergences and introduction of this specie in several drainage basins, was traced a hypothesis that exists morphologic variation between populations of *G. inaequilabiatus* from different river basins. To evaluation and interpretation of the morphometric data were realized of principal components analysis and canonical variable analysis. The analysis showed no significant differences between the populations of *G. inaequilabiatus* from the different river basins. However, the canonical variable analysis presented a slight tendency in the separation of the populations. The results show that *Gymnotus inaequilabiatus* not differ morphologically and that there is no possibility of the taxonomy inference about populations of the analyzed basins, no corroborating with the initial hypothesis. However, suggests that *G. inaequilabiatus* has a high adaptive capacity, great capacity for colonization and resistant to different environmental pressures.

**Keywords:** upper Paraná river, morphology, knife fish, electric fish, Paraguai river.

### 1. Introdução

Os Gymnotiformes são geralmente conhecidos como peixes elétricos, e constituem uma porção pequena e endêmica da ictiofauna Neotropical, correspondendo a apenas três por cento desta diversidade (SANTANA, 2007). Apresentam um total de 214 espécies válidas, (ESCHMEYER; FONG, 2014) número considerado pequeno em relação às outras ordens (REIS et al., 2003) reconhecidas para a região Neotropical. Contudo, a diversidade e variedade de formas em Gymnotiformes proporcionam uma grande contribuição para o esclarecimento na evolução da biota Neotropical (HOPKINS; HEILIGENBERG, 1978).

Os representantes da ordem podem ser diferenciados

dos demais grupos de peixes por apresentar: corpo alongado e comprimido, em forma de faca, ausência de nadadeira dorsal, e nadadeira anal extremamente longa. Tais características permitem adaptações como a capacidade de natação para trás. Além disso, emitem pulsos elétricos, que são utilizados em comunicação, forrageamento, navegação e orientação em relação ao substrato durante a noite e no escuro, contribuindo para seu sucesso ecológico em ecossistemas aquáticos neotropicais (CRAMPTON; ALBERT, 2006).

Gymnotidae é a família de Gymnotiformes com maior amplitude geográfica, desde a região central da Argentina até sudeste do México, estando presente nas águas continentais de todos os países da América do Sul

e Central, com exceção do Chile e Belize. (MAGO-LECCIA, 1994; ALBERT, 2001). Por muito tempo esta família fora considerada monotípica, englobando apenas o gênero *Gymnotus* Linnaeus 1758, porém com os estudos sistemáticos e taxonômicos de revisão realizados por Francisco Mago Leccia (1994) o gênero *Electrophorus* Gill, 1864 foi incluído na família Gymnotidae (ALBERT; CAMPOS-DA-PAZ, 1998). A família conta atualmente com 40 espécies válidas, sendo uma do gênero monoespecífico *Electrophorus*, e 39 espécies do gênero *Gymnotus* (ESCHMEYER; FONG, 2014). É provável que a riqueza de espécies do gênero seja subestimada, principalmente devido às limitações nos métodos de coleta, dificuldade de acesso aos habitat e por problemas relativos à taxonomia do gênero.

Uma das espécies observadas na bacia do rio da Prata é *Gymnotus inaequilabiatu*s (Valenciennes, 1839), também registrada nas bacias dos rios Paraná e Paraguai, e em algumas drenagens costeiras do Uruguai e sudeste do Brasil (REZENDE, 2007). Pode ser encontrada em ambientes com gramíneas submersas, com macrófitas flutuantes, em pequenos rios e ao longo das margens de grandes rios de água escura (FERNANDES et al., 2005).

A espécie se diferencia de suas congêneres por apresentar: corpo com várias faixas brancas e marrom-escuras alternadas, de maneira que as claras são mais estreitas que às escuras; pintas pretas na região dorsal; corpo alongado; mandíbula prognata; boca superior; nadadeira peitoral de borda arredondada; nadadeira anal preta ou com maior concentração de pigmentação preta do que as faixas escuras do corpo (BAUMGARTNER et al., 2012). Além disso, Albert e Crampton (2003) apontam outras características diagnósticas como altura do corpo, comprimento da cabeça e da base da nadadeira anal contidas, respectivamente, 8,3 a 13,3; 8,1 a 12,2 e 1,2 a 1,3 vezes no comprimento total; altura da cabeça, comprimento da nadadeira peitoral, comprimento do focinho, distância pré-anal, distância interorbital e largura da boca, contidos, respectivamente, 1,4 à 1,6; 2,0 à 2,7; 2,6 à 3,2; 1,1 à 1,5; 2,2 à 2,7; e 2,1 à 2,5 no comprimento da cabeça.

Entretanto, relatos de introdução desta espécie em várias bacias hidrográficas (ROTTA, 2004; GRAÇA; PAVANELLI, 2007; REZENDE, 2007; BAUMGARTNER et al., 2012) ou divergências moleculares (FERNANDES-MATIOLI; ALMEIDA-TOLEDO, 2001; MARGARIDO et al., 2007; SILVA; MARGARIDO, 2005; MILHOMEM et al., 2008; SCACCHETTI et al., 2011; UTSUNOMIA et al., 2014), têm direcionado questões sobre a variação morfológica e/ou presença de novas espécies.

Desta forma, traçamos a hipótese de que há variação morfológica entre as populações de *G. inaequilabiatu*s oriundas de bacias diferentes. Com isso, objetivamos analisar a variação morfométrica de populações em quatro bacias diferentes (Ivaí, Pirapó,

Paraguai e alto rio Paraná), de modo a diagnosticar possíveis variações morfométricas entre estas populações.

## 2. Material e Métodos

### Material analisado

Foram analisados 60 indivíduos – todos depositados na Coleção Ictiológica do NUPÉLIA (NUP) da Universidade Estadual de Maringá - de quatro diferentes bacias dos rios: Ivaí, Pirapó, Paraguai e alto Paraná. De cada bacia foram analisados 15 indivíduos para o registro dos dados morfométricos. **Bacia do rio Ivaí.** NUP 3940, seis ex., 122,90-172,00 mm CT, rio Mourão. NUP 13326, dois ex., 130,30-169,55 mm CT, ribeirão 19. NUP 13327, um ex., 159,60 mm CT, ribeirão Jacutinga. NUP 11724, um ex., 166,60 mm CT, rio dos Índios. NUP 10851, um ex., 166,60 mm CT, rio sem nome. NUP 14327, um ex., 217,29 mm CT, ribeirão Jacutinga. NUP 15838, três ex., 227,07-285,76 mm CT, arroio sem nome. **Bacia do rio Pirapó.** NUP 6029, dois ex., 137,70-229,20 mm CT, córrego Água Queçaba. NUP 3955, dois ex., 155,60-176,00 mm CT, rio Atlântico. NUP 6543, 11 ex., 149,50-210,00 mm CT, rio sem nome. **Bacia do rio Paraguai.** NUP 2197, oito ex., 162,40-291,70 mm CT, reservatório Manso. NUP 12643, dois ex., 164,40-168,30 mm CT, rio Paraguai. NUP 979, cinco ex., 185,10-285,50 mm CT, córrego Cancela. **Bacia do alto rio Paraná.** NUP 7856, um ex., 339,00 mm CT, rio Pitangui. NUP 7967, três ex., 150,22-194,28 mm CT, rio Paracai. NUP 7977, dois ex., 157,44-185,52 mm CT, rio Paracai. NUP 7854, um ex., 318,89 mm CT, rio Pitangui. NUP 7855, um ex., 275,89 mm CT, rio Pitangui. NUP 12699, um ex., 212,10 mm CT, rio Ivinhema. NUP 7965, seis ex., 170,41-230,00 mm CT, rio Paracai.

### Dados morfométricos

As medidas foram tomadas de ponto a ponto, utilizando paquímetro digital com 0,1 mm de precisão e realizadas do lado esquerdo do peixe, sempre que possível. Os caracteres morfométricos foram tomados de acordo com a metodologia proposta por Albert e Crampton (2003), com adição de mais seis medidas (Distância Pré-Peitoral, Distância do Olho à Peitoral, Distância do Olho à Anal, Diâmetro da Órbita, Comprimento da Nadadeira Anal e Comprimento da Base da Nadadeira Anal).

Comprimento da Cabeça (CCb): distância medida da sínfise do pré-maxilar à extremidade posterior do opérculo; Comprimento do Pós-Orbital (Cpo): distância medida da extremidade posterior do olho à extremidade posterior do opérculo; Comprimento do Pré-Orbital (CPRo): distância medida da extremidade anterior do olho à sínfise do pré-maxilar; Altura do Corpo (AC): distância medida verticalmente na região mais alta do corpo; Comprimento da Nadadeira Peitoral (CNP): distância medida da origem do primeiro

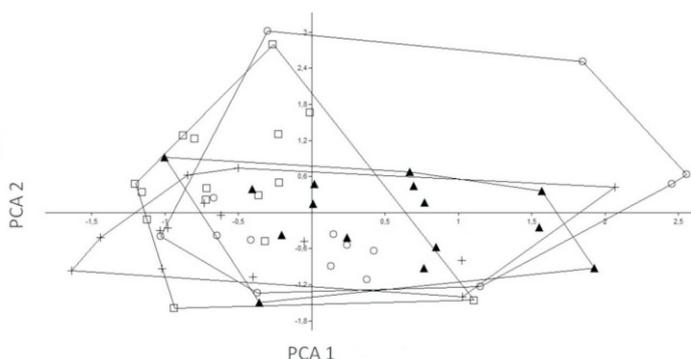
raio à extremidade do raio mais longo; Distância Interorbital (DIO): distância mais curta entre as cavidades oculares; Tamanho da Abertura Branquial (TAB): distância medida do istmo à extremidade superior do opérculo; Distância da Pré-Anal (DPA): distância medida da sínfise do pré-maxilar à origem da nadadeira anal; Comprimento Total (CT): distância medida da sínfise do pré-maxilar à extremidade posterior do corpo; Distância Pré-Peitoral (DPP): distância medida da sínfise do pré-maxilar à origem da nadadeira peitoral; Olho à Peitoral (Opt): distância medida da extremidade posterior do olho à origem da nadadeira peitoral; Olho à Anal (ONA): distância medida da extremidade posterior do olho à origem da nadadeira anal; Diâmetro da Órbita (DO): distância medida horizontalmente do limite anterior ao limite posterior da órbita ocular; Comprimento da Nadadeira Anal (CA): distância medida da base à extremidade do maior raio da nadadeira anal; Comprimento da Base da Nadadeira Anal (CBA): distância medida da origem à inserção da nadadeira anal.

**Análise de dados**

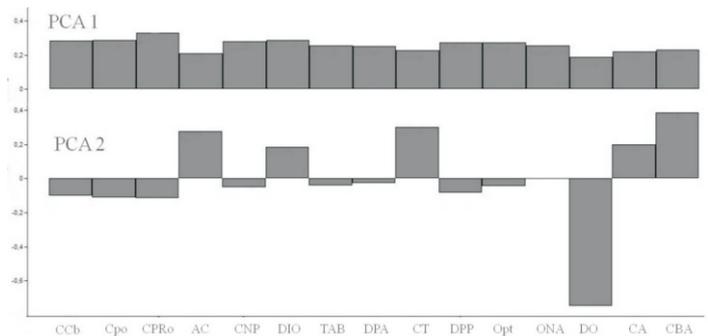
As medidas foram apresentadas como porcentuais do comprimento total e da cabeça objetivando-se uma análise comparativa entre as populações examinadas. Para a avaliação e interpretação dos dados morfométricos, foram realizadas análises de componentes principais (PCA) e análises de variáveis canônicas (CVA) utilizando o programa estatístico PAST<sup>®</sup> versão 2.03 (HAMMER et al., 2001), seguindo a rotina proposta por Reis et al. (1990). Nesta rotina, os dados são normalizados e logaritimizadas e, desta forma, o viés causado pelo tamanho corporal dos peixes é corrigido. As análises de variáveis canônicas permitiram a eleição dos caracteres mais importantes na separação das espécies para confrontação com os demais caracteres.

**3. Resultados e Discussão**

A análise de componentes principais (PCA) não mostrou diferenças significativas entre as populações de *Gymnotus inaequilabiatu*s de diferentes bacias (Figuras 1 e 2 e Tabela 1).



**Figura 1.** Análise de componentes principais para as populações de *Gymnotus inaequilabiatu*s (cruz= rio Ivaí, quadrado= rio Pirapó, triângulo= rio Paraguai, círculo= alto rio Paraná).

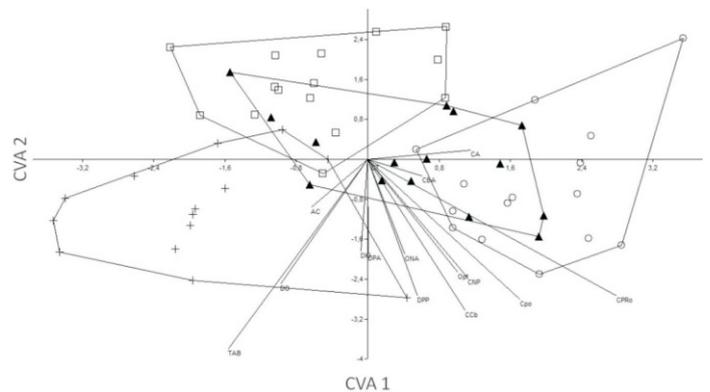


**Figura 2.** Escores da análise de componentes principais para as populações de *Gymnotus inaequilabiatu*s.

**Tabela 1.** Análises de componentes principais e de variáveis canônicas para as populações de *Gymnotus inaequilabiatu*s.

	PCA 1	PCA 2	CVA1	CVA2
<b>AUTOVALORES</b>	0,159317	0,004216	2,072	0,9636
<b>VARIÂNCIA</b>	91,161	2,4122	57,35	26,67
<b>CCb</b>	0,2834	-0,101	0,007439	-0,02067
<b>Cpo</b>	0,2848	-0,1138	0,01161	-0,01915
<b>CPRo</b>	0,3276	-0,116	0,018966	-0,01862
<b>AC</b>	0,2083	0,276	-0,00435	-0,00659
<b>CNP</b>	0,2802	-0,05358	0,007605	-0,01622
<b>DIO</b>	0,2865	0,1829	-0,00053	-0,01254
<b>TAB</b>	0,2561	-0,04218	-0,01068	-0,02582
<b>DPA</b>	0,2523	-0,02769	3,97E-05	-0,01291
<b>CT</b>	0,2248	0,2997	0,000259	-0,00062
<b>DPP</b>	0,2717	-0,08369	0,003783	-0,0186
<b>Opt</b>	0,2707	-0,04673	0,00687	-0,01542
<b>ONA</b>	0,2528	-0,0034	0,002813	-0,01301
<b>DO</b>	0,1884	-0,7498	-0,00669	-0,01703
<b>CA</b>	0,2183	0,1973	0,00786	0,001235
<b>CBA</b>	0,2312	0,385	0,00417	-0,00232

Já a análise de variáveis canônicas (CVA) apresentou uma leve tendência na separação das populações de diferentes bacias (Wilks'  $\lambda = 0,1051$ ;  $F = 3,091$ ;  $p = 0,0000004544$ ), principalmente entre as populações dos rios Ivaí e Paraguai. O eixo que mais explicou as diferenças foi o "CVA 1" (57,35%) e as medidas que mais influenciaram a separação foram comprimento do pré-orbita (CPRo), tamanho da abertura branquial (TAB) e Comprimento da nadadeira anal (CNA) (Figura 3 e Tabela 1).



**Figura 3.** Análise de variáveis canônicas para as populações de *Gymnotus inaequilabiatu*s (cruz= rio Ivaí, quadrado= rio Pirapó, triângulo= rio Paraguai, círculo= alto rio Paraná).

Na tabela 2, foram encontradas algumas tendências de separação no que diz respeito aos caracteres morfológicos medidos nas populações analisadas. No entanto, nestes caracteres pode-se observar a presença de pequenas sobreposições em suas amplitudes. Neste sentido, a população do rio Paraguai demonstra uma pequena diferença em relação às outras populações, com valores maiores no caráter Comprimento do Pré-Orbital sobre o Tamanho da Abertura Branquial, 66,0% à 93,8% (versus 34,3% à 75,9% nas outras populações). Já a população do rio

Ivaí exibiu diferentes valores nas seguintes medidas: menor Tamanho da Abertura Branquial sobre o Comprimento Total, 5,6% à 6,7% (versus maior na população do rio Pirapó, 4,6% à 5,9% ), maior Tamanho da Abertura Branquial sobre a Distância do Olho à Nadadeira Anal, 38,1% à 45,9% (versus menor na população do rio Paraguai, 29,9% à 39,4%), e maior Tamanho da Abertura Branquial sobre o Comprimento da Base da Nadadeira Anal, 7% à 8,8% (versus menor nas populações dos rios Pirapó e Paraguai, 5,5% à 7,9%).

**Tabela 2.** Distribuição das porcentagens corporais de *Gymnotus inaequilabiatu*s em diferentes bacias.

	Rio Ivaí				Rio Pirapó				Rio Paraguai				Alto Rio Paraná			
	Amplitude		Média/DP		Amplitude		Média/DP		Amplitude		Média/DP		Amplitude		Média/DP	
<b>CT</b>	122,9	285,8	174,7	42,5	137,7	229,2	177,4	24,8	162,4	291,7	211,7	42,0	150,2	339,0	208,4	58,2
<b>Comprimento total</b>																
<b>CCb</b>	9,4	13,1	11,4	1,1	9,3	12,8	10,3	1,1	9,0	13,0	11,6	1,0	9,3	13,0	11,8	1,2
<b>AC</b>	10,0	12,6	11,3	0,8	9,7	11,6	10,8	0,6	8,5	11,3	10,3	0,9	9,0	12,7	11,0	1,0
<b>DPA</b>	17,0	21,2	19,1	1,3	15,3	21,0	17,7	1,4	16,4	21,3	19,1	1,3	14,0	20,7	18,7	1,8
<b>DPP</b>	9,7	13,8	11,8	1,1	9,8	13,1	10,7	1,1	9,4	13,3	11,8	1,0	9,3	13,2	11,9	1,1
<b>Opt</b>	5,9	8,4	7,2	0,7	6,0	8,2	6,8	0,6	5,6	8,3	7,2	0,6	6,2	8,4	7,5	0,7
<b>ONA</b>	13,8	16,9	15,4	0,9	12,9	16,7	14,4	1,1	13,5	17,2	15,4	1,0	11,9	16,9	15,5	1,4
<b>DO</b>	0,7	1,0	0,9	0,1	0,5	0,9	0,8	0,1	0,7	1,0	0,8	0,1	0,5	1,0	0,8	0,2
<b>CA</b>	3,5	5,1	4,2	0,4	3,6	5,1	4,3	0,4	3,6	5,3	4,4	0,5	3,8	5,2	4,4	0,4
<b>CBA</b>	73,3	82,6	79,4	2,8	72,7	82,6	79,7	2,6	74,3	83,6	80,6	2,5	79,2	88,7	82,1	2,2
<b>CCb</b>	14,0	35,4	20,1	6,2	15,5	29,0	18,3	3,3	16,3	33,4	24,5	5,3	15,9	40,2	24,7	7,8
<b>Comprimento da cabeça</b>																
<b>Cpo</b>	52,8	62,0	58,4	2,3	52,2	63,0	59,6	2,8	58,1	62,1	60,3	1,1	51,7	65,2	60,6	3,2
<b>CPRo</b>	18,7	36,9	31,6	4,1	30,9	36,1	32,8	1,7	30,7	38,1	34,0	2,0	31,0	38,5	34,6	1,9
<b>AC</b>	87,6	126,4	101,5	12,9	83,0	129,9	96,2	12,4	97,9	128,3	112,8	9,4	88,3	129,7	108,0	11,2
<b>CNP</b>	37,8	51,9	47,0	3,7	36,6	57,2	48,2	5,0	41,7	56,0	48,6	4,5	39,8	54,8	47,0	4,3
<b>DIO</b>	30,0	40,9	36,1	3,2	31,4	42,8	36,9	3,2	30,2	38,5	34,8	2,4	27,6	39,9	34,0	3,1
<b>TAB</b>	48,1	63,1	55,2	4,6	45,2	56,4	50,7	4,0	44,1	56,1	48,0	3,0	41,1	51,8	47,2	3,4
<b>DPA</b>	55,1	64,1	59,6	2,9	53,1	63,9	58,4	3,4	49,8	68,6	60,5	5,0	57,0	78,5	63,3	5,2
<b>DO</b>	5,5	9,7	7,6	1,2	5,4	8,8	7,4	1,0	5,6	8,9	6,9	0,9	3,9	8,9	6,9	1,3
<b>Comprimento do Pré-Orbital</b>																
<b>CCb</b>	18,7	36,9	31,6	4,1	30,9	36,1	32,8	1,7	30,7	38,1	34,0	2,0	31,0	38,5	34,6	1,9
<b>Cpo</b>	31,9	62,2	54,2	7,2	49,7	65,0	55,2	4,5	51,5	63,9	56,3	3,2	48,7	66,5	57,4	4,8
<b>AC</b>	16,6	43,7	32,3	7,1	25,7	43,0	31,6	4,2	30,0	42,8	38,3	3,7	31,8	46,0	37,4	4,0
<b>CNP</b>	49,4	76,9	67,1	6,5	56,1	96,4	68,8	8,8	56,8	84,8	70,6	8,4	59,8	87,0	74,3	8,5
<b>DIO</b>	55,3	114,8	88,2	13,9	77,8	102,2	89,5	7,4	82,0	108,1	97,9	6,1	93,2	128,2	102,4	9,3
<b>TAB</b>	34,3	73,5	57,7	10,1	55,0	71,9	65,0	4,9	59,9	76,0	70,9	4,3	66,0	93,8	73,8	7,3
<b>DPA</b>	11,5	22,9	18,8	2,7	16,7	21,1	19,2	1,4	17,2	22,7	20,5	1,7	18,7	26,7	21,9	2,0
<b>CT</b>	2,1	4,6	3,6	0,7	2,9	4,2	3,4	0,4	3,0	4,5	3,9	0,4	3,2	4,7	4,1	0,4
<b>DPP</b>	18,5	36,0	30,4	4,0	29,2	34,7	31,6	1,6	28,7	37,9	33,3	2,3	30,6	37,2	34,4	1,8
<b>Opt</b>	32,5	58,9	49,7	5,8	44,9	55,3	50,2	3,1	46,5	62,8	54,4	4,6	48,5	62,1	54,2	3,6
<b>ONA</b>	14,1	28,4	23,4	3,6	20,1	26,1	23,6	1,8	21,3	28,2	25,5	2,3	23,4	29,6	26,4	1,9
<b>DO</b>	15,0	43,7	24,9	6,9	17,4	27,3	22,6	2,5	16,7	24,8	20,2	2,4	11,4	26,7	19,9	4,2
<b>CA</b>	57,2	105,5	86,5	12,2	66,9	101,1	79,5	10,6	68,4	112,1	89,5	13,3	68,3	114,4	92,7	12,8
<b>CBA</b>	2,8	6,2	4,5	0,9	3,6	5,6	4,3	0,6	3,8	5,7	4,9	0,6	3,6	5,8	5,0	0,6
<b>Tamanho da Abertura Branquial</b>																
<b>CCb</b>	48,1	63,1	55,2	4,6	45,2	56,4	50,7	4,0	44,1	56,1	48,0	3,0	41,1	51,8	47,2	3,4
<b>Cpo</b>	81,0	108,3	94,9	9,8	73,3	102,0	85,3	8,7	73,6	93,8	79,6	5,1	67,4	91,4	78,1	6,6
<b>CPRo</b>	34,3	73,5	57,7	10,1	55,0	71,9	65,0	4,9	59,9	76,0	70,9	4,3	66,0	93,8	73,8	7,3
<b>AC</b>	48,4	61,9	55,7	4,4	42,3	59,8	48,5	4,7	45,6	63,2	54,0	3,9	41,3	59,2	50,8	5,1
<b>CNP</b>	69,4	103,5	85,8	11,4	67,0	126,5	95,7	12,9	84,6	116,4	101,5	9,7	78,3	121,9	100,4	13,7
<b>DIO</b>	57,3	78,0	65,5	6,3	66,0	79,1	72,7	3,4	60,4	80,3	72,7	5,0	60,6	88,6	72,4	8,0
<b>DPA</b>	30,2	37,0	32,8	2,0	26,4	32,5	29,6	2,0	25,2	31,3	28,9	1,6	25,0	34,4	29,8	2,3
<b>CT</b>	5,6	6,8	6,2	0,3	4,6	5,9	5,2	0,5	4,5	6,1	5,5	0,5	3,8	6,5	5,6	0,7
<b>DPP</b>	46,4	61,8	53,2	4,4	44,2	53,7	48,9	3,5	43,6	53,8	47,0	2,7	39,4	51,9	46,9	3,6
<b>Opt</b>	76,4	100,9	87,2	8,5	69,5	86,8	77,5	6,1	70,3	86,6	76,7	4,7	61,9	84,0	73,8	5,6
<b>ONA</b>	38,2	46,0	40,7	2,3	31,4	40,4	36,3	2,8	30,0	39,5	35,9	2,3	31,6	40,1	35,9	2,3
<b>DO</b>	11,0	18,4	13,8	2,0	9,6	18,2	14,8	2,2	11,9	18,1	14,3	1,9	8,3	17,8	14,6	2,7
<b>CA</b>	58,7	78,6	66,5	5,6	70,2	94,6	82,6	8,4	63,6	98,4	80,6	10,3	62,8	104,5	80,6	11,1
<b>CBA</b>	7,0	8,8	7,9	0,6	5,7	7,9	6,6	0,7	5,5	7,9	6,9	0,7	4,3	8,0	6,8	1,0
<b>Comprimento da Nadadeira Anal</b>																
<b>CCb</b>	31,2	40,8	36,6	2,8	32,8	49,7	41,9	5,3	31,3	48,2	38,6	5,2	32,3	46,5	37,9	4,3
<b>Cpo</b>	50,3	69,9	62,9	5,7	53,5	90,0	70,6	11,0	51,5	80,3	64,1	8,6	53,0	72,2	62,5	5,7
<b>CPRo</b>	57,2	105,5	86,5	12,2	66,9	101,1	79,5	10,6	68,4	112,1	89,5	13,3	68,3	114,4	92,7	12,8
<b>AC</b>	29,0	45,2	37,1	4,5	32,8	44,4	39,9	3,8	35,4	51,1	43,3	4,8	33,1	51,8	40,7	5,0
<b>CNP</b>	62,8	92,7	78,4	8,2	57,7	106,4	87,6	12,5	67,0	88,2	79,4	6,3	60,5	108,8	81,2	12,3
<b>DIO</b>	87,1	129,0	102,3	11,9	94,9	137,1	113,7	12,0	89,7	146,7	111,6	17,9	81,4	144,4	112,4	18,0
<b>TAB</b>	58,7	78,6	66,5	5,6	70,2	94,6	82,6	8,4	63,6	98,4	80,6	10,3	62,8	104,5	80,6	11,1
<b>DPA</b>	19,1	23,9	21,8	1,4	20,0	29,4	24,4	2,9	19,7	29,1	23,2	2,5	20,4	28,6	23,9	2,4
<b>CT</b>	3,5	5,1	4,2	0,4	3,6	5,1	4,3	0,4	3,6	5,3	4,4	0,5	3,8	5,2	4,4	0,4
<b>DPP</b>	31,4	39,9	35,3	2,5	31,6	48,3	40,4	5,0	31,0	46,2	37,8	5,0	32,1	44,8	37,6	4,1
<b>Opt</b>	48,8	63,9	57,8	4,6	51,1	76,6	64,0	8,4	48,9	76,7	61,7	8,2	50,6	70,9	59,2	6,0
<b>ONA</b>	23,3	30,5	27,0	1,9	25,2	36,3	30,0	3,6	24,4	35,0	28,8	3,1	24,8	34,6	28,8	3,1
<b>DO</b>	15,6	25,7	20,9	3,2	12,3	23,5	18,0	3,3	14,4	23,3	17,9	2,5	10,9	22,9	18,2	3,3
<b>CBA</b>	4,3	6,9	5,2	0,6	4,4	6,2	5,4	0,5	4,3	6,5	5,5	0,7	4,5	6,6	5,4	0,6

Os resultados demonstraram que *G. inaequilabiatus* não se difere morfometricamente entre as quatro bacias analisadas. Este fato já foi especulado em outros trabalhos, observação que sugere a introdução constante desta espécie em várias bacias da região (ROTTA, 2004; GRAÇA; PAVANELLI, 2007; REZENDE, 2007). Rezende (2007) relata que indivíduos da espécie têm sido muito comercializados na região da bacia do rio da Prata, principalmente como isca para pesca esportiva. Para Rotta (2004) a introdução de indivíduos de *G. inaequilabiatus* em diversas bacias tem ocorrido de maneira irresponsável, podendo gerar alterações na estrutura das populações e no ambiente onde as introduções ocorreram.

Além destes fatos, a falta de uma comunicação direta entre os rios Paraná e Paraguai junto com o baixo potencial de migração da espécie, implica na aceleração na dispersão desta espécie, muitas vezes creditada ao processo de transporte humano para atividade de pesca esportiva (REZENDE, 2007; BAUMGARTNER et al., 2012). De acordo com Rezende (2007), os espécimes capturados no rio Paraguai, normalmente, são vendidos e utilizados como iscas vivas ao longo de toda a bacia do rio Paraná. Fato também observado por Baumgartner et al. (2012), enfatizando que a ocorrência de *G. inaequilabiatus*, mais especificamente, no rio Iguçu, deve-se, principalmente, a introdução de espécies por meio da utilização como iscas vivas para a pesca.

Embora haja relatos divergentes quanto à diferença no número de cromossomos de *G. inaequilabiatus* na bacia do alto Paraná, variando de  $2n=52$  (FERNANDES-MATIOLI; ALMEIDA-TOLEDO, 2001; MARGARIDO et al., 2007; SILVA; MARGARIDO, 2005; MILHOMEM et al., 2008) à  $2n=54$  (SCACCHETTI et al., 2011; UTSUNOMIA et al., 2014), e considerando a eficácia das análises morfométricas para separação de populações de bacias hidrográficas diferentes (HERMIDA et al., 2005), nossos resultados não corroboraram a hipótese de que há diferenças morfométricas entre as populações distintas de *G. inaequilabiatus*.

#### 4. Conclusão

Embora tenham sido encontradas poucas diferenças morfométricas foi possível diagnosticar tendências morfológicas entre os espécimes, e estas medidas divergentes podem ser explicadas pelas características ecológicas adaptativas das populações em cada bacia. Estas características são selecionadas de acordo com Darwin (1859), a partir das pressões ambientais na população e a plasticidade adaptativa de cada indivíduo nesta população.

Em síntese, a divergência dos nossos dados e a introdução desta espécie com os dados moleculares já publicados, não permitem inferência taxonômica entre as populações e não corroboram com nossa hipótese inicial de que há variação morfológica entre as

populações de *G. inaequilabiatus* oriundas de bacias diferentes. Dados merísticos, osteológicos e miológicos podem ser mais eficazes para evidenciar, com maior clareza, diferenças entre as populações desta espécie. No entanto, nossos resultados permitem sugerir que *G. inaequilabiatus* apresenta uma alta capacidade adaptativa, alta capacidade de colonização e resiste a distintas pressões em diferentes ambientes.

#### 5. Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Araucária, à Capes e à Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de Mato Grosso pelo auxílio financeiro, à Coleção Ictiológica do Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) e à Universidade Estadual de Maringá.

#### 6. Referências Bibliográficas

- ALBERT, J. S. Species diversity and phylogenetic systematics of American knifefishes (Gymnotiformes, Teleostei). **Miscellaneous Publications Museum Zoology**, v. 190, p. 1-127, 2001.
- ALBERT, J. S.; CAMPOS-DA-PAZ, R. Phylogenetic systematics of Gymnotiformes with diagnoses of 58 clades: a review of available data. In: MALABARBA, L. R.; REIS, R. E.; VARI, R. P.; LUCENA, Z. M.; C. A. LUCENA (Ed.). **Phylogeny and classification of Neotropical Fishes**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1998. p. 419-446.
- ALBERT, J.S.; CRAMPTON, W. G. R. Seven new species of the Neotropical electric fish *Gymnotus* (Teleostei: Gymnotiformes) with a redescription of *G. carapo* (Linnaeus). **Zootaxa**. v. 287, p. 1-54, 2003.
- BAUMGARTNER, G.; PAVANELLI, C.S.; BAUMGARTNER, D.; BIFI, A.G.; DEBONA, T.; FRANA, V. A. **Peixes do Baixo Rio Iguçu**. Maringá: EDUEM, 2012.
- CRAMPTON, W.G.R.; ALBERT, J. S. Evolution of electric signal diversity in the gymnotiform fishes. In: LADICH, F.; COLLIN, S.P.; MOLLER, P.; KAPOOR, B. G. (Ed.). **Communication in Fishes**. New York: Science Publishers, 2006. p. 641-725.
- DARWIN, C. **On the Origin of Species**. London: John Murray, 1859.
- ESCHMEYER, W.N.; FONG, J.D. 2014. Species by family/subfamily. Disponível em: <http://researchcalacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.casp> (Acessada em 05/06/2014).
- FERNANDES, F. M. C.; ALBERT, J.S.; DANIEL-SILVA, M. F. Z.; LOPES, C.; CRAMPTON, W. G. R.; ALMEIDA-TOLEDO, L. F. A new *Gymnotus* (Teleostei: Gymnotiformes: Gymnotidae) from the Pantanal Matogrossense of Brazil and adjacent drainages: continued documentation of a cryptic fauna. **Zootaxa** . v. 933, p. 1-14, 2005.
- FERNANDES-MATIOLI, F. M. C.; ALMEIDA-TOLEDO, L. F. A molecular phylogenetic analysis in *Gymnotus* species (Pisces: Gymnotiformes) with inferences on chromosome evolution. **Caryologia**, v. 54, n. 1, p. 23-30, 2001.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistical software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**. v. 4, p. 1-9, 2001.
- HERMIDA, M.; FERNANDEZ, J. C.; AMARO, R.; MIGUEL, S.E. Morphometric and meristic variation in Galician threespine stickleback population, northwest Spain. **Environmental Biology of Fishes**. v. 73, n. 2, p. 189-200, 2005.
- HOPKINS, C.D.; HEILIGENBERG, W. Evolutionary designs for electric signals and electroreceptors. In: Gymnotoid fishes of Surinam. **Behavioral Ecology and Sociobiology** . v. 3, p. 113-134, 1978.

- MARGARIDO, V. P.; BELLAFRONTE, E.; MOREIRA-FILHO, O. Cytogenetic analysis of three sympatric *Gymnotus* (Gymnotiformes, Gymnotidae) species verifies invasive species in the Upper Paraná River basin, Brazil. **Journal of Fish Biology**. v. 70, p. 155-164, 2007.
- MILHOMEM, S. S. R.; PIECZARKA, J. C.; CRAMPTON, W. G. R.; SILVA, D. S.; SOUZA, A. C. P.; CARVALHO, J. R.; NAGAMACHI, C. Y. Chromosomal evidence for a putative cryptic species in the *Gymnotus carapos* species-complex (Gymnotiformes, Gymnotidae). **BMC Genetics**. v. 9, p. 75-85, 2008.
- REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. Introduction. In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. (Ed.). **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 1-3.
- REIS, S. F.; PESSÔA, L. M.; STRAUSS, R. E. Application of size-free canonical discriminant analysis to studies of geographical differentiation. **Revista Brasileira de Genética**, v. 13, n. 3, p. 509-520, 1990.
- REZENDE, J. R. **Variabilidade genética de *Gymnotus inaequilabiatu*s (Valenciennes, 1839) (Osteichthyes, Gymnotiformes), da planície de inundação do alto rio Paraná e do rio Paraguai. 2007. 19 f.** Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Maringá/UEM, Maringá, 2007.
- ROTTA, M.A. **Aspectos Biológicos e Reprodutivos para a Criação da Tuvira (*Gymnotus* sp.) em Cativeiro**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2004.
- SANTANA, C. D. C. M. **Sistemática e biogeografia da família Apterodontidae (Otophysi: Gymnotiformes)**. 2007. 115 f. Tese (Doutorado) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/INPA, Manaus, 2007.
- SCACHETTI, P. C.; PANSONATO-ALVES, J. C.; UTSUNOMIA, R.; OLIVEIRA, C.; FORESTI, F. Karyotypo diversity in four species of the genus *Gymnotus* Linnaeus, 1758 (teleostei, Gymnotiformes, Gymnotidae): physical mapping of ribosomal genes and telomeric sequences. **Cytogenetics**. v. 5, n. 3, p. 223-235, 2011.
- SILVA, E. B.; MARGARIDO, V. P. An X1X1X2X2/X1X<sub>2</sub>Y multiple sex chromosome system in a new species of the genus *Gymnotus* (Pisces, Gymnotiformes). **Environmental Biology of Fishes**. v. 7, p. 293-297, 2005.
- UTSUNOMIA, R.; PRISCILLA P. C.; SCACHETTI, C.; PANSONATO-ALVES, J. C.; OLIVEIRA, C.; FORESTI, F. Comparative Chromosome Mapping of U2 snRNA and 5S rRNA Genes in *Gymnotus* Species (Gymnotiformes, Gymnotidae): Evolutionary Dynamics and Sex Chromosome Linkage in *G. pantanal*. **Cytogenet Genome Res**, p. 1-7, 2014.