

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE**  
**AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS**

PABLO DAVI KIRCHHEIM

Ecomorfologia de três espécies de Doradidae (Siluriformes) da planície de  
inundação do alto rio Paraná, Brasil: relações interespecíficas

Maringá

2010

PABLO DAVI KIRCHHEIM

Ecomorfologia de três espécies de Doradidae (Siluriformes) da planície de  
inundação do alto rio Paraná, Brasil: relações interespecíficas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Ecologia de Ambientes  
Aquáticos Continentais do Departamento de  
Biologia, Centro de Ciências Biológicas da  
Universidade Estadual de Maringá, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Mestre em Ciências Ambientais  
Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Erivelto Goulart

Maringá

2010

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"  
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

K58e Kirchheim, Pablo David, 1979-  
Ecomorfologia de três espécies de Doradidae (Siluriformes) da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil: relações interespecíficas / Pablo David Kirchheim. -- Maringá, 2010.  
37 f. : il. (algumas color.)  
Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2010.  
Orientador: Prof. Dr. Erivelto Goulart.  
1. Doradidae (Siluriformes) – Ecomorfologia - Relações interespecíficas - Planície de inundação – Alto rio Paraná – Brasil. 2. Peixes de água doce – Ecomorfologia. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em "Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais".

CDD 22. ed. -597.4914109816  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

PABLO DAVI KIRCHHEIM

Ecomorfologia de três espécies de Doradidae (Siluriformes) da planície de  
inundação do alto rio Paraná, Brasil: relações interespecíficas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e à Comissão Julgadora composta pelos membros:

Prof. Dr. Erivelto Goulart  
DBI/Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Horácio Ferreira Júlio Júnior  
DBI/Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Alberto Carvalho Peret  
Departamento de Hidrobiologia/ Universidade Federal de São Carlos

Dissertação aprovada em: 30 de março de 2010.

Local de defesa: Anfiteatro Keshiyu Nakatani, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

*Às luzes da minha vida:  
minha companheira Carla e meu  
filho Davi, e especialmente, a  
uma luz que se apagou, minha  
avó Rosita (in memoriam).*

## AGRADECIMENTOS

A minha companheira Carla, pelo apoio, paciência e amor incondicional.

A minha mãe, Sônia, e as minhas irmãs, Aline e Cândida, pelo incentivo e carinho.

Ao meu orientador, prof. Dr. Erivelto Goulart, pelo apoio constante, pela compreensão em tantos momentos de dificuldades e incertezas, pela liberdade e pela confiança nos rumos traçados e, principalmente, pela amizade franca e verdadeira, que tanto me ajudou a vencer mais este desafio.

Pelas contribuições nas discussões sobre ecomorfologia, aos amigos Alessandra, Edson, João Paulo, Carol e Ana.

A prof. Dra. Andréia e ao pessoal do laboratório de ovos e larvas, pelo auxílio em campo.

A prof. Dra. Norma, por sua permissão na utilização do laboratório de alimentação de peixes, e ao pessoal do laboratório de alimentação, especialmente a Marlene, pelo valioso auxílio na identificação dos itens consumidos pelos espécimes coletados.

A prof. Dra. Conceição e ao pessoal do laboratório de vegetação, pelo auxílio na identificação dos vegetais consumidos pelos espécimes estudados.

Ao prof. Dr. Horácio, pelos sempre valiosos ensinamentos de campo.

Aos colegas de turma, aos colegas de curso e aos amigos conquistados: André, Camila, Darlon, Rômulo, Mariana, Marília, Sue Ellen, Alessandra, Janielly, Rafael, Sybelle, Roger, Tatiani, Vanessa, Cibele, Cristina, Dirceu, Nadson, Leandro, Luciano, Bifi, Dilermando, Héctor, Fernando, Natália, Luis, Pepe, Lorena, Rafa, e àqueles que, certamente estou esquecendo.

Em especial, aos colegas de república que tanto me ajudaram: Bifi e Héctor.

A Alessandra, pela amizade e auxílio no decorrer deste trabalho, e pelas contribuições valiosas.

A Harumi, pela identificação do estágio de maturação gonadal dos espécimes coletados.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA) e a todos os seus professores.

Aos imprescindíveis colegas de pesca e coleta: Tião, Alfredo, Gazo, Tato, Tuti e Chiquinho.

As funcionárias da secretaria, Aldenir e Joce.

Aos funcionários da biblioteca setorial do Nupélia, Salete e João, pela atenção e pelo apoio na procura das referências necessárias.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro da bolsa de mestrado.

Ao Nupélia, pelos dados fornecidos através do PELD, e pelo apoio fundamental nas coletas.

*“Ubi dubium ibi libertas:  
Onde há dúvida, há liberdade.”  
(Provérbio latino)*

## **Ecomorfologia de três espécies de Doradidae (Siluriformes) da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil: Relações interespecíficas**

### **RESUMO**

A ecomorfologia pode ser definida como o ramo da ecologia que analisa as relações existentes entre as características morfológicas e os diversos aspectos ecológicos decorrentes das variações no uso dos recursos. Neste contexto, o presente estudo buscou avaliar se as características morfológicas externas demonstraram segregação entre *Oxydoras eigenmanni*, *Pterodoras granulosus* e *Trachydoras paraguayensis*, discutindo as implicações no modo de exploração dos recursos. Os padrões interespecíficos analisados para as três espécies da Família Doradidae foram identificados por meio de análises multivariadas. Os índices ecomorfológicos que contribuíram para segregação das espécies na análise de componentes principais (ACP) foram: área relativa do olho, índice de compressão e altura relativa do corpo, com valores positivos, e índice de depressão, razão aspecto da caudal e comprimento relativo do barbilhão maxilar, com valores negativos. *T. paraguayensis* possuem olhos maiores e corpo mais alto e comprimido, enquanto *O. eigenmanni* e *P. granulosus* possuem corpos mais deprimidos e nadadeiras caudais com tendência a bifurcação, além de barbilhões relativamente mais longos, correlacionando estas características ao desempenho natatório e ao comportamento alimentar. No segundo eixo da ACP, a largura relativa da boca e a largura relativa da cabeça se correlacionaram com valores positivos, enquanto que a área relativa da nadadeira peitoral e o comprimento relativo do barbilhão maxilar se correlacionaram com valores negativos. Portanto, este eixo está relacionado com a captura de alimento e locomoção. O padrão geral de dieta das espécies analisadas mostrou, que *P. granulosus* consumiu vegetais superiores no ambiente analisado, enquanto as demais espécies apresentaram similaridade na escolha dos itens alimentares, o que as enquadrou na mesma categoria trófica de invertívoras. Os padrões morfológicos de segregação observados nas três espécies de Doradidae podem contribuir para o entendimento de como espécies filogeneticamente próximas podem coexistir e responder as diferentes pressões seletivas do ambiente.

**Palavras-chave:** Ecomorfologia. Doradidae. Relações interespecíficas. Planície alagável. Brasil.



## **Ecomorphology of tree species of Doradidae (Siluriformes) of the high Paraná River Floodplain, Brazil, Brasil: interspecific relation**

### ***ABSTRACT***

Ecomorphology can be defined as the branch of ecology that analyses the relationship among morphological characteristics and the various ecological aspects that result from variations in resource usage. In this context, this study aimed to evaluate if the external morphological features demonstrated segregation among *Oxydoras eigenmanni*, *Pterodoras granulosus* and *Trachydoras paraguayensis*, discussing the implications in the resource exploitation. The interspecific patterns analyzed for the three species of Family Doradidae were identified through multivariate analysis. The indexes that contributed to species segregation in the principal component analysis (PCA) were: eye relative area, compression index and body relative height, with positive values, and depression index, reason aspect of the flow e maxillary barbell relative length, with negative values. *T. paraguayensis* have larger eyes and a higher and more compressed body, while *O. eigenmanni* e *P. granulosus* have more depressed bodies, fin flows with bifurcation tendency and relatively longer barbell, correlating these characteristics to natatory acting and alimentary behavior. In the second axis of PCA, the relative mouth width and the head relative width were correlated with positive values, while the relative area of the breastplate fin and the relative length of the maxillary barbell were correlated with negative values. Therefore, this axis is related with the food capture and locomotion. The general diet pattern of the analyzed species showed that *P. granulosus* consumed superior vegetables, while the other species showed similarity in the choice of the alimentary items, what framed them in the same trophic category, invertivores. The morphologic patterns of segregation observed for the three species of Doradidae can contribute for the understanding of how philogenetically close species can coexist and respond to the different selective pressures of the environment.

**Keywords:** Ecomorphology. Doradidae. Interspecific relation. Floodplain. Brazil.

Dissertação elaborada e formatada  
conforme as normas do periódico  
científico *Neotropical Ichthyology*.  
Disponível em: <http://www.ufrgs.br/ni/>.

## SUMÁRIO

<b>Introdução.....</b>	<b>10</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>12</b>
<i>Área de estudo.....</i>	<i>12</i>
<i>Coleta de dados.....</i>	<i>14</i>
<i>Medidas lineares, áreas e índices.....</i>	<i>16</i>
<i>Análise do conteúdo estomacal.....</i>	<i>20</i>
<i>Análise dos dados.....</i>	<i>20</i>
<b>Resultados.....</b>	<b>21</b>
<i>Dieta.....</i>	<i>24</i>
<b>Discussão.....</b>	<b>27</b>
<b>Referências.....</b>	<b>32</b>

## Introdução

As observações sobre a forma e os atributos ambientais constituem uma das mais primais e básicas áreas de interesse da biologia, desde os tempos remotos. Estas observações se consolidaram no crescente interesse científico em compreender como as implicações adaptativas no fenótipo dos organismos promovem diferentes desempenhos destas estruturas morfológicas às pressões ambientais. Desta maneira, os estudos ecomorfológicos se aplicam na relação entre a morfologia funcional dos organismos e seu desempenho ecológico (Winemiller *et al.*, 1995), bem como nas mudanças evolutivas derivadas destes aspectos, como observado por Hutchinson (1959).

A ecomorfologia pode ser definida como o ramo da ecologia que analisa as relações existentes entre as características morfológicas e os diversos aspectos ecológicos decorrentes das variações no uso dos recursos, entre indivíduos, populações, guildas e comunidades (Oliveira, 2005; Peres-Neto, 1999). Neste contexto, de acordo com Oliveira (2005), as pesquisas ecomorfológicas fundamentam-se no argumento de que as diferenciações na morfologia inter e intra-específicas estão associadas, em algum nível, às pressões impostas pelo meio físico e pelas relações bióticas. Isto indica, entre outras coisas, que as relações interespecíficas possuem as marcas dos eventos passados, refletidos na filogenia dos organismos, moldando os padrões de semelhança e diferença dos mesmos (Rincon, 1999).

As estratégias de forrageio e de uso do ambiente relacionadas às adaptações morfológicas compõem uma das bases da relação fenótipo-ambiente (Langerhans *et al.*, 2003; Winemiller *et al.*, 1995). O que confirma que a variedade de adaptações deve ser relacionada aos aspectos estruturadores do hábitat, como possíveis geradoras de variações morfológicas, pois as adaptações dos organismos de diferentes espécies podem refletir, assim como suas morfologias, seus nichos tróficos e espaciais (Wainwright, 1996).

Segundo Oliveira (2005), uma das possíveis razões das falhas em detectar padrões preditivos deve-se à escolha inadequada das variáveis morfológicas, as quais devem ser melhor selecionadas e diferenciadas para os distintos grupos filogenéticos.

Os estudos ecomorfológicos de peixes utilizam as estruturas da morfologia externa para suas análises, como tronco, nadadeiras, cabeça, olhos e boca (Breda *et al.*, 2005; Oliveira, 2005; Norton, 1995; Gatz Jr., 1979). Estas estruturas são ecomorfolologicamente relacionadas com o comportamento natatório (Breda *et al.*, 2005) e a dieta (Pagotto, 2008; Breda *et al.*, 2005; Oliveira, 2005; Delariva & Agostinho, 2001; Fugi & Hahn, 1991; Gatz Jr., 1979), sendo de fundamental importância buscar enfoques diferenciados na interação da

forma com os processos biológicos, em grupos filogenéticos próximos. Assim sendo, Douglas & Mathews (1992) sugerem análises em nível de Família, o que segundo Breda (2005), minimiza possíveis interferências de história evolutiva diferenciada, já que organismos de uma mesma Família tendem a possuir uma história evolutiva comum.

Doradidae compreende uma Família monofilética, com distribuição restrita em ambientes dulcícolas da América do Sul, que abrange 72 espécies reconhecidas como válidas e 30 gêneros (Sabaj & Ferraris, 2003). São caracterizados por possuírem placas ósseas expandidas dos poros do sistema laterosensório, ao longo da linha lateral, formando uma série de placas providas de um acúleo direcionado à parte posterior do corpo, com exceção do gênero *Hassar* (Nelson, 2006; Zawadzki *et al.*, 1996).

Espécies de Doradidae podem apresentar certos padrões ecomorfológicos por suas condições comuns de história evolutiva, permitindo, desta forma, minimizar os efeitos que ainda fazem com que certas análises ecomorfológicas sejam consideradas fracas, do ponto de vista preditivo (Breda *et al.*, 2005; Douglas & Mathews, 1992), devido a um conhecimento imperfeito das relações filogenéticas, representando uma limitação ao avanço dos estudos ecomorfológicos (Winemiller *et al.*, 1995).

A Família Doradidae apresenta algumas de suas espécies com registros de ocorrência relativamente recente na planície de inundação do rio Paraná. Segundo Zawadzki *et al.* (1996), a única espécie que ocorria na região antes da inundação do Salto de Sete Quedas era *Rhinodoras dorbignyi* (Kner, 1855), as demais se estabeleceram após a formação do reservatório de Itaipu (Júlio Júnior *et al.*, 2009; Graça & Pavanelli, 2007).

As espécies deste táxon utilizadas no presente trabalho, *Oxydoras eigenmanni*, Boulenger, 1895, *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1821) e *Trachydoras paraguayensis* (Eigenmann & Ward, 1907), são advindas de trechos inferiores do rio Paraná e, portanto, consideradas invasoras do ambiente da planície alagável do rio Paraná (Júlio Júnior *et al.*, 2009). Este aspecto ecológico torna-se relevante no entendimento das implicações ecomorfológicas na exploração de novos ambientes, o que segundo Lonardoní (2009), contribui para o entendimento do sucesso de peixes invasores.

O presente trabalho objetivou avaliar se as características fenotípicas demonstram segregação entre *O. eigenmanni*, *P. granulosus* e *T. paraguayensis*, além de analisar as implicações para o modo de utilização de recursos (*e.g.*, alimento, uso do hábitat), relacionadas aos ambientes amostrados na planície de inundação do alto rio Paraná. A hipótese pressuposta é que as formas das três espécies de Doradidae diferem segundo suas

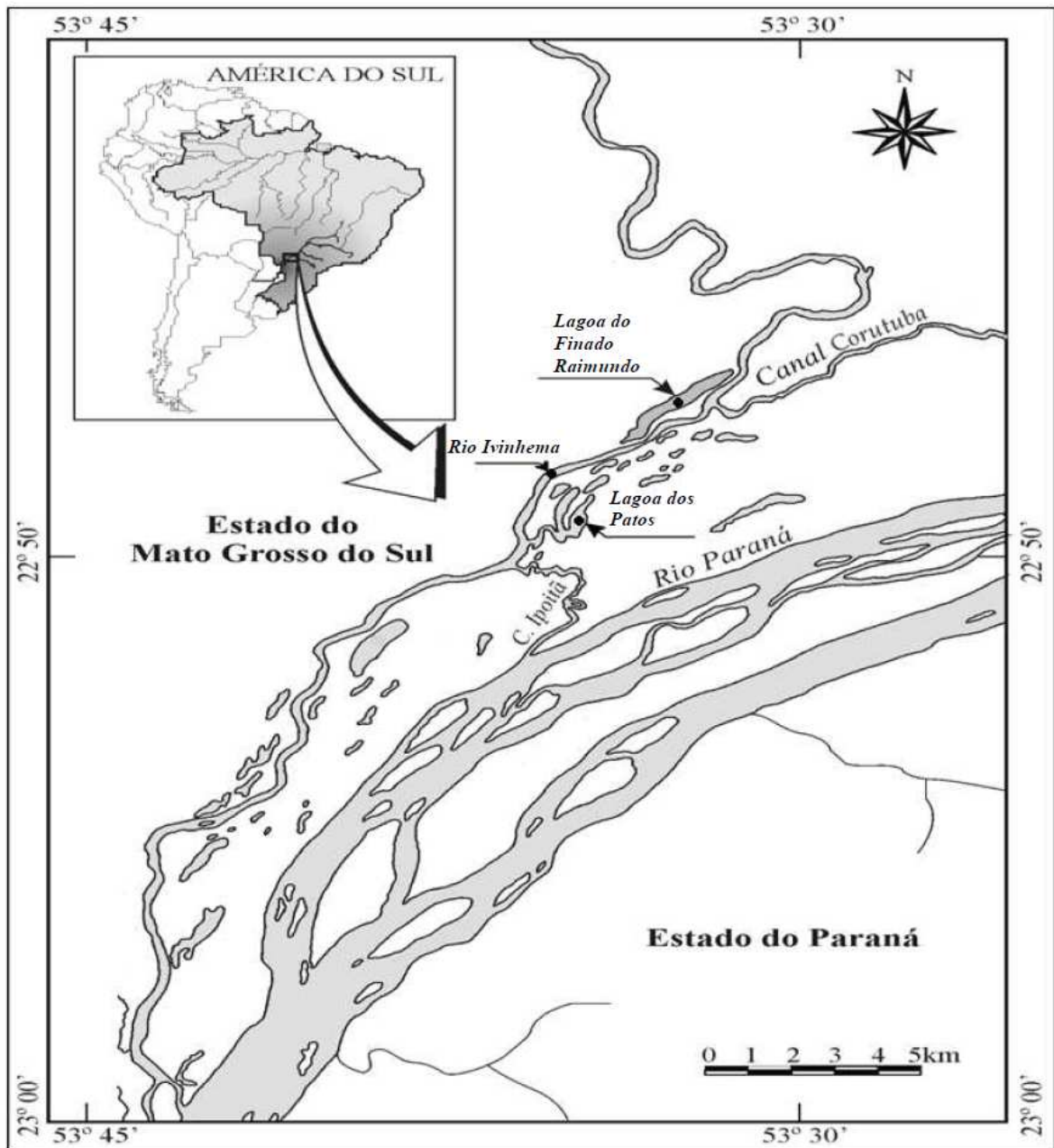
dietas e ambientes, bem como pelas estratégias utilizadas na exploração dos ambientes analisados.

O uso de abordagens ecomorfológicas em grupos filogenéticos distintos, e no caso específico, em um grupo morfológicamente conservativo quanto a vários aspectos, pode trazer uma nova luz as sutis variações fenotípicas que possivelmente atuam de maneira distinta em processos ecológicos comuns, ampliando assim, a discussão científica para o entendimento da ictiologia e das possíveis relações de forma e função.

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo*

A bacia hidrográfica do alto rio Paraná ocupa uma vasta área, que em território brasileiro supera 802.150 km<sup>2</sup>, segundo Souza Filho & Stevaux (1997). A área de estudo compreende a planície de inundação que se localiza no terço inferior do alto rio Paraná, caracterizada por sistema anastomosado, constituído de canais secundários, entre os quais se encontram os ambientes amostrados, ambiente lótico (rio Ivinhema) e os ambientes lênticos (lagoa dos Patos e lagoa do Finado Raimundo) (Figura 1). As características das estações de coleta estão descritas conforme a Tabela 1.



**Fig. 1.** Área de estudo, planície de inundação do alto rio Paraná, e localização dos pontos de amostragem (rio Ivinhema; lagoa dos Patos; lagoa do Finado Raimundo).

**Tabela 1.** Caracterização das estações de coleta (UEM/Nupélia/CNPq, 2001).

<b>Estações de Coleta</b>
<b>Rio</b>
rio Ivinhema
Localização: 22°47'59,64"S; 53°32' 21,3"W
Com profundidade média de 3,9m, este rio apresenta vegetação diferenciada em suas margens, que vai desde vegetação herbácea até a formação de extensas áreas com mata ripária em diferentes estágios de regeneração. Ele corre paralelo ao rio Paraná em seu curso inferior (área amostrada), conectando-se ao rio Baía pelo canal do Curutuba e ao rio Paraná pelo canal do Ipoitã e outros dois canais.

---

**Lagoas Abertas**

---

---

lagoa dos Patos

---

Localização: 22°49'33,66"S; 53°33'9,9"W

A maior das lagoas amostradas nesse estudo. Com uma profundidade média de 3,50m, apresenta uma forma de “luva”, com entradas que constituem pequenas baías. Sua área é de aproximadamente 113,8ha, com comprimento de 2.065,6m e perímetro de 14.783,8m. Distancia-se do rio Ivinhema por 10m, com um dique de apenas 0,5m de altura. Apresenta apenas uma conexão com o rio, de 8m de largura. A totalidade da margem é composta por *Polygnum*.

---

---

lagoa do Finado Raimundo

---

Localização: 22°47' 57.6"S; 53°32'29.16"W

A lagoa de maior comprimento dentre as investigadas nesse estudo, com 2.918,80m, apresenta forma alongada, com profundidade média de 3,2m, 7.151,2m de perímetro e área de 84,9ha. Conecta-se ao rio Ivinhema por meio de um canal de 50m de comprimento e 20m de largura. Encontra-se separada do rio por um dique com 1m de altura. A margem é composta por mata (80%), onde o gênero predominante é *Cecropia*, arbustos (10%) e *Polygnum* (10%).

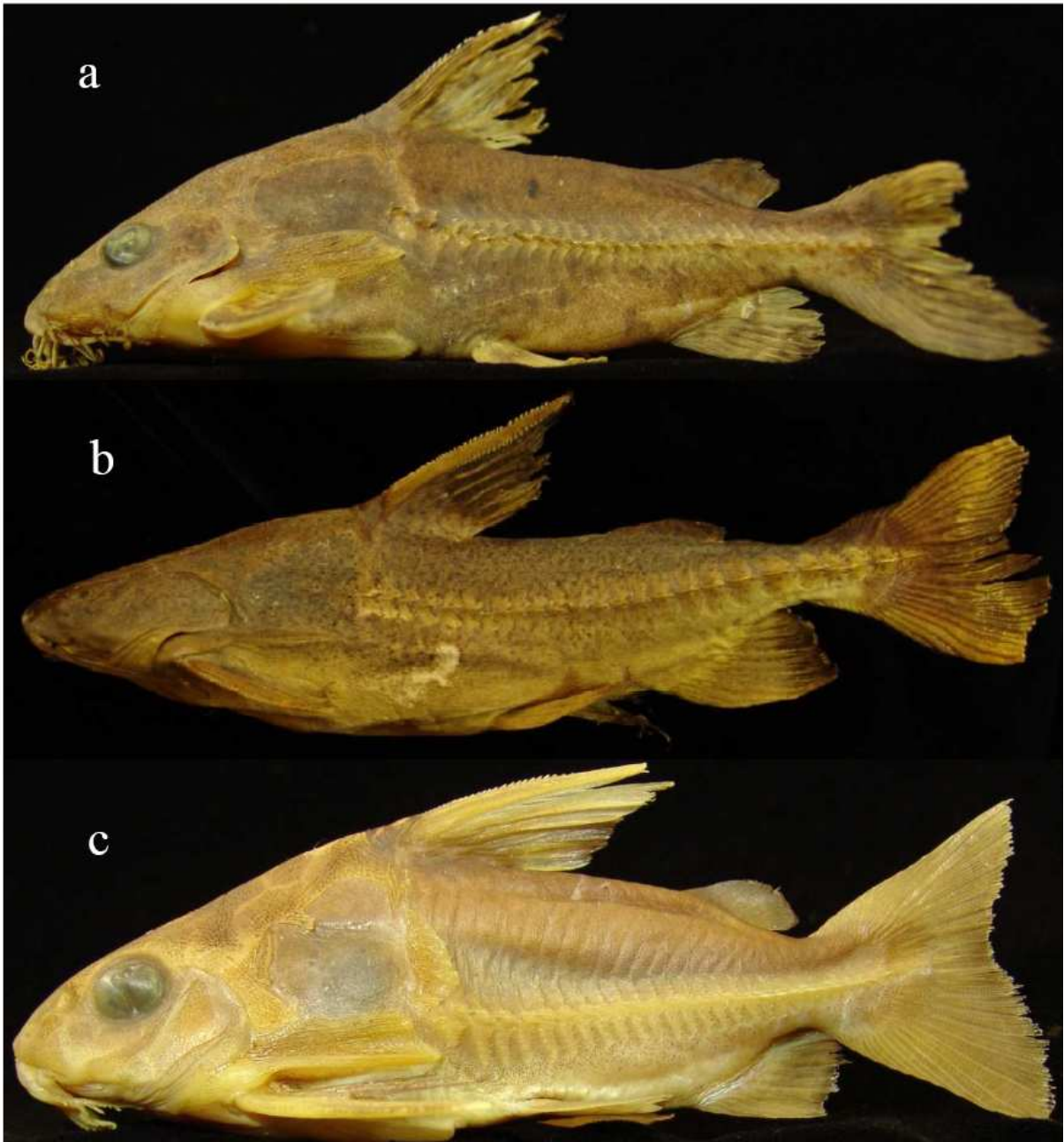
---

### *Coleta de dados*

Os peixes foram coletados na calha principal do rio Ivinhema e em duas lagoas conectadas, sendo estabelecidos pontos de amostragem em cada um destes ambientes, nos meses de junho, setembro, outubro e dezembro de 2007, e, fevereiro, junho, setembro e novembro de 2008. As capturas seguiram o esforço de captura padronizado, com redes de espera compostas por onze redes de malhas simples, variando de 2,4 a 16cm entre nós não adjacentes e que permaneceram expostas pelo período de 24 horas, com revistas a cada 8 horas. Além deste esforço de captura, foram utilizados espinhéis de fundo com anzóis de tamanho (4/0 e 7/0), os quais foram iscados ao entardecer e revistados na manhã subsequente, sendo operados somente no ambiente lótico. Outro esforço de captura consistiu no uso de redes de arrasto de 20 metros e malha 0,5cm, operados nas áreas litorâneas das lagoas amostradas, no período noturno.

As coletas foram realizadas no âmbito do projeto PELD – Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (Sítio 6), desenvolvido pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/Nupélia/CNPq) na planície alagável do alto rio Paraná, sendo utilizados indivíduos adultos (Suzuki *et al.*, 2004; Vazzoler, 1996) de três espécies da Família Doradidae (Figura 2).





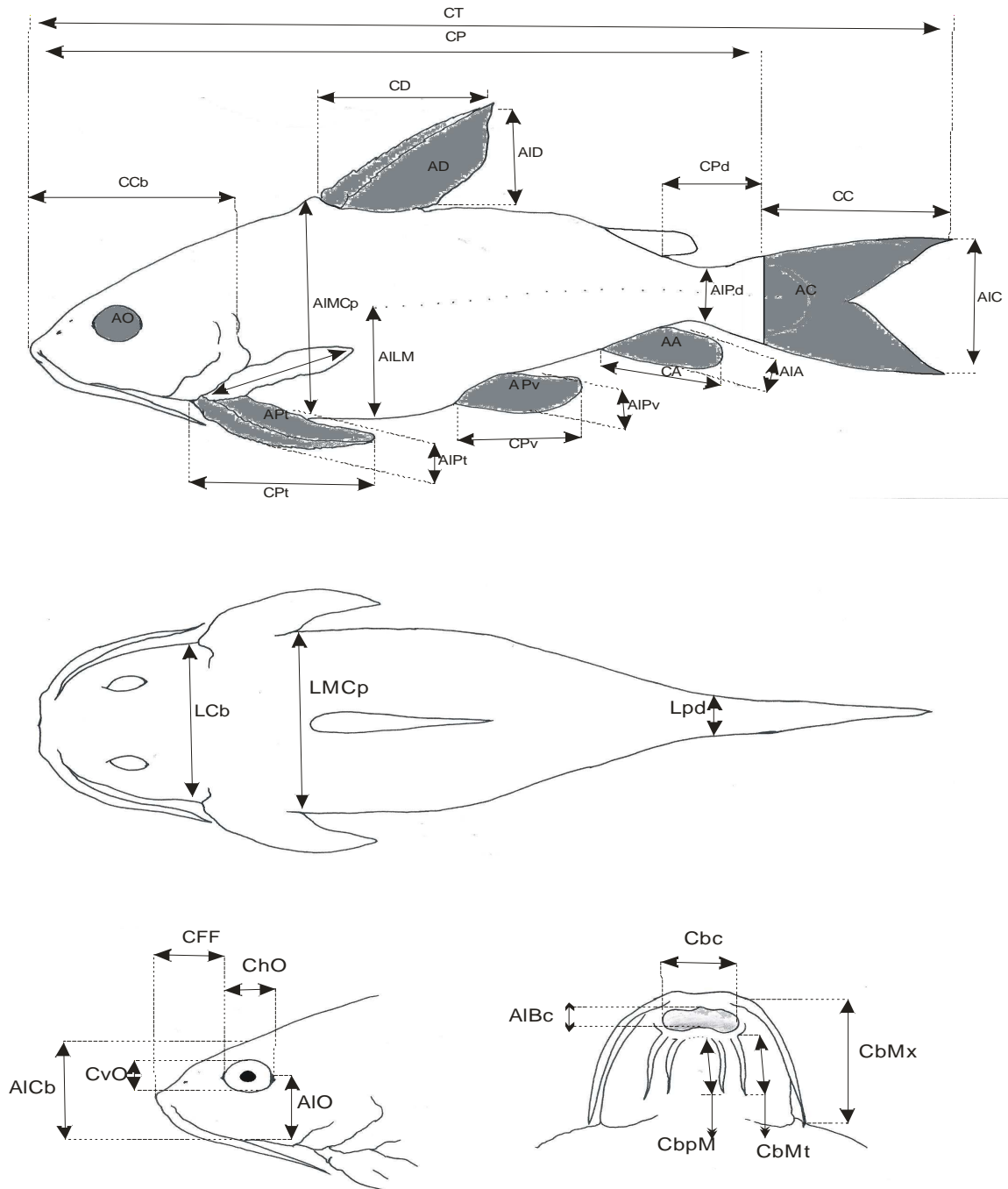
**Fig. 2.** Espécie, comprimento padrão (cm) e número de indivíduos (n): (a) *Oxydoras eigenmanni*, CP 8,34cm, n=9; (b) *Pterodoras granulatus*, CP 37,20cm, n=17; (c) *Trachydoras paraguayensis*, CP= 9,25cm, n=19.

Os indivíduos capturados foram transportados ao laboratório da Base Avançada do Nupélia (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura), localizada no município de Porto Rico, Paraná. As espécies foram identificadas de acordo com Graça & Pavanelli (2007). Exemplares testemunhos foram depositados na coleção ictiológica da Universidade Estadual de Maringá, com os seguintes números de tombo: *O. eigenmanni* (NUP 5898), *P. granulatus* (NUP 1855) e *T. paraguayensis* (NUP 5899).

*Medidas lineares, áreas e índices*

As medidas morfométricas lineares tomadas e áreas calculadas neste estudo seguiram as indicações da literatura sobre morfologia funcional, sendo relacionadas ao tronco, nadadeiras, cabeça, olhos e boca, de acordo com diversos autores (Blake, 2004; Helfman *et al.*, 1997; Webb, 1980; Gosline, 1971; Aleev, 1969; Alexander, 1967). As medidas morfométricas lineares até 150mm foram tomadas com o uso de paquímetro de 0,5mm de precisão, e as maiores que 150mm com régua de metal de 1,0mm de aproximação. As áreas dos olhos e nadadeiras foram obtidas através do desenho dos contornos das estruturas, que posteriormente foram escaneados e calculadas as suas áreas internas através da inserção dos moldes no programa AutoCAD (Autodesk, 2004). Como medida de padronização, as variáveis morfométricas foram coletadas sempre do lado esquerdo dos espécimes, por uma única pessoa. Resíduos das regressões de cada variável morfométrica sobre o comprimento padrão foram analisadas para identificar e corrigir eventuais erros de medida. Todos os dados foram tomados de peixes recém-capturados, para minimizar o efeito das substâncias de preservação sobre a variabilidade morfométrica (Sagnes, 1997).

As medidas tomadas nos exemplares coletados correspondem a 31 (trinta e uma) medidas lineares e 6 (seis) medidas de áreas (Figura 3). As medidas lineares utilizadas foram denominadas: comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura máxima do corpo (AlMCp), altura da linha mediana do corpo (AlLM), largura máxima do corpo (LMCp), comprimento do pedúnculo caudal (CPC), altura do pedúnculo caudal (AIPd), largura do pedúnculo caudal (LPd), comprimento da cabeça (CCb), altura da cabeça (AlCb), largura da cabeça (LCb), comprimento do focinho (CF), altura do olho (AlO), comprimento do diâmetro horizontal do olho (ChO), comprimento do diâmetro vertical do olho (CvO), altura da boca (AlBc), largura da boca (LBc), comprimento da nadadeira dorsal (CD), altura da nadadeira dorsal (AlD), comprimento da nadadeira caudal (CC), altura nadadeira caudal (AlC), comprimento da nadadeira anal (CA), altura da nadadeira anal (AlA), comprimento da nadadeira peitoral (CPT), altura da nadadeira peitoral (AlTPt), comprimento da nadadeira pélvica (CPv), altura da nadadeira pélvica (AlPv), comprimento do processo umeral (CpU), comprimento do barbilhão maxilar (CbMx), comprimento do barbilhão mental (CbMt), comprimento do barbilhão pós-mental (CbpM). As medidas de áreas utilizadas foram denominadas: área do olho (AO), área da nadadeira peitoral (APt), área da nadadeira dorsal (AD), área da nadadeira pélvica (APv), área da nadadeira anal (AA) e área da nadadeira caudal (AC).



**Fig. 3.** Representação esquemática das medidas morfométricas e áreas calculadas.

Os índices ecomorfológicos foram obtidos a partir das medidas morfométricas lineares e áreas, os quais foram estimados em 23 índices (Tabela 2), com o propósito de expressar as estruturas morfológicas em uma análise de representação proporcional independente do tamanho dos indivíduos, revelando assim, seus possíveis papéis ecológicos (Gatz Jr., 1979). Os modelos ecomorfológicos utilizados foram baseados em Pagotto (2008), Breda (2005), Oliveira (2005), Winemiller (1991), Watson e Balon (1984) e Gatz Jr. (1979).

**Tabela 2.** Índices ecomorfológicos e suas respectivas interpretações ecológicas.

<b>Índices Ecomorfológicos</b>		
<b>Índices</b>	<b>Fórmulas</b>	<b>Interpretações ecológicas</b>
1. Índice de compressão	$IC = AIMCP/CP$	Altos valores indicam compressão lateral do corpo, o que é esperado para peixes que habitam ambientes lênticos (Watson & Balon, 1984; Gatz Jr., 1979).
2. Índice de depressão	$ID = AILM/LMCp$	Baixos valores indicam espécies com corpos deprimidos, o que é esperado para peixes que exploram habitats mais próximos ao sedimento (Oliveira, 2005; Winemiller, 1991; Watson & Balon, 1984).
3. Altura relativa do corpo	$AIRCp = AIMCp/CP$	Índice inversamente relacionado à velocidade da água no habitat e diretamente relacionado à capacidade de realizar movimentos ascendentes e descendentes (manobrabilidade) (Winemiller, 1991; Watson & Balon, 1984; Gatz Jr., 1979).
4. Comprimento relativo do pedúnculo caudal	$CRPd = CPd/CP$	Grandes pedúnculos caudais estão associados a peixes adaptados a locais com rápido fluxo de água, em função da necessidade de arranques em curto deslocamento (Oliveira, 2005; Watson & Balon, 1984).
5. Altura relativa do pedúnculo caudal	$AIRPd = AIPd/AIMCp$	Baixos valores indicam alta capacidade de manobrabilidade (Oliveira, 2005; Winemiller, 1991).
6. Largura relativa do pedúnculo caudal	$LRPd = LPd/LMCp$	Altos valores indicam nadadores contínuos (Oliveira, 2005; Winemiller, 1991).
7. Comprimento relativo da cabeça	$CRCb = CCb/CP$	Valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (Watson & Balon, 1984; Gatz Jr., 1979).
8. Altura relativa da cabeça	$AIRCa = AICb/AIMCp$	Valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (Oliveira, 2005).
9. Largura relativa da cabeça	$LRCb = LCb/LMCp$	Valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (Oliveira, 2005).
10. Altura relativa da boca	$AIRBc = AIBc/AIMCB$	Valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (Watson & Balon, 1984; Gatz Jr., 1979). Menores valores estão associados à maior capacidade de sucção (Norton & Brainerd, 1993).
11. Largura relativa da boca	$LRBc = LBc/LMCp$	Valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (Gatz Jr., 1979). Menores valores estão associados à maior capacidade de sucção (Norton & Brainerd, 1993).
12. Posição vertical do olho	$PO = AO/(CP)^2$	Índice associado à posição de forrageamento na coluna d'água. Maiores valores representam espécies com olhos dorsais e possivelmente bentônicos, enquanto baixos valores indicam peixes nectônicos com olhos laterais (Freire & Agostinho, 2001; Watson & Balon, 1984; Gatz Jr., 1979).
13. Área relativa do olho	$ARO = AO/(CP)^2$	Índice associado diretamente à capacidade visual e a detecção do alimento na coluna d'água. Valores mais elevados indicam

		espécies com maior acuidade visual (Pouilly <i>et al.</i> , 2003; Pankhurst, 1989).
14. Área relativa da nadadeira dorsal	$ARD = AD/(CP)^2$	Espécies com áreas de nadadeiras dorsais relativamente grandes apresentam maior capacidade de estabilização e frenagens em acelerações (Breda <i>et al.</i> , 2005).
15. Área relativa da nadadeira caudal	$ARC = AC/(CP)^2$	Grandes áreas de nadadeiras caudais são importantes para aceleração (Breda <i>et al.</i> , 2005; Oliveira, 2005).
16. Razão aspecto da nadadeira caudal	$RAC = (AIC)^2/AC$	Peixes que apresentam altos valores para este índice possuem nadadeiras caudais com tendência à bifurcação, sendo, geralmente, bons nadadores para natação contínua. Por outro lado, espécies com baixos valores para este índice apresentam nadadeiras com maiores áreas, e exibem excelente desempenho para aceleração (Breda <i>et al.</i> , 2005).
17. Área relativa da nadadeira anal	$ARA = AA/(CP)^2$	Áreas relativas maiores implicam em maior capacidade de manobrabilidade e estabilização do movimento (Breda, 2005).
18. Razão aspecto da nadadeira anal	$RAA = (CA)^2/AA$	Razões-aspecto maiores implicam em maior capacidade de realizar movimentos progressivos e retrógrados com rapidez (Breda, 2005).
19. Área relativa da nadadeira peitoral	$ARPt = APt/(CP)^2$	Áreas maiores podem estar diretamente associadas a frenagens e acelerações (Watson & Balon, 1984; Gatz Jr., 1979). Para peixes bentônicos que habitam trechos de corredeiras, alguns autores notaram que grandes nadadeiras peitorais podem aumentar a área de contato com a superfície onde o peixe se apóia, promovendo assim maior aderência ao substrato (Kerfoot Jr. & Schaefer, 2006; Casatti & Castro, 1998).
20. Razão aspecto da nadadeira peitoral	$RAPt = (Cpt)^2/APt$	Alta razão-aspecto representa nadadeira peitoral longa e estreita. Os maiores valores para este índice estão associados à maior velocidade de natação (Breda <i>et al.</i> , 2005). Para peixes bentônicos que habitam trechos de corredeiras, nadadeiras peitorais mais longas podem favorecer a manutenção da posição em meio à forte correnteza (Casatti & Castro, 1998).
21. Área relativa da nadadeira pélvica	$ARPv = APv/(CP)^2$	Áreas maiores indicam peixes bentônicos, nadadeiras pélvicas maiores podem aumentar a área de contato com a superfície onde o peixe se apóia, promovendo assim maior aderência ao substrato (Kerfoot Jr. & Schaefer, 2006; Casatti & Castro, 1998), enquanto áreas relativas menores indicam peixes pelágicos (Breda, 2005).
22. Razão aspecto da nadadeira pélvica	$RAPv = (CA)^2/AA$	Altos valores representam nadadeiras longas, e estão associados a frenagens (Gatz Jr., 1979). Para peixes bentônicos que habitam trechos de corredeiras, nadadeiras pélvicas mais longas podem favorecer a manutenção da posição em meio à forte correnteza (Casatti & Castro, 1998).
23. Comprimento relativo do barbilhão maxilar	$CRbMx = CbMx/CP$	Valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam no substrato (Gatz Jr., 1979). Os barbilhões longos são relacionados aos Siluriformes que habitam o fundo (Freire & Agostinho, 2001).

---

### *Análise do conteúdo estomacal*

Após a obtenção das medidas morfométricas, os exemplares foram eviscerados e os estômagos fixados em solução de formalina a 4%, e em seguida conservados em álcool a 70%, para posterior análise dos seus conteúdos estomacais em laboratório sob estereomicroscópio. O procedimento empregado na análise dos conteúdos estomacais seguiu o método volumétrico (percentual do volume de cada item em relação ao volume total dos conteúdos estomacais). O volume dos itens maiores foi determinado através de provetas graduadas, enquanto os itens menores tiveram seus volumes determinados através da compressão dos itens alimentares sobre uma placa de Petri milimetrada, na qual os itens eram contidos na altura de 1mm, sendo o resultado convertido em milímetros (Hellowell & Abel, 1971). Para as análises de dieta entre as espécies, os itens alimentares foram agrupados em oito categorias: sedimento/detrito, vegetais superiores, insetos aquáticos, invertebrados terrestres, moluscos, crustáceos, outros invertebrados bentônicos e peixes.

### *Análise dos dados*

A análise de componentes principais (ACP) foi aplicada sobre a matriz de variância formada pelos 23 índices ecomorfológicos, utilizando o *software* PC-Ord 4.1 (McCune & Mefford, 1999). A escolha desta ordenação foi utilizada com o intuito de sumarizar o conjunto de dados de ampla variabilidade, e desta forma evidenciar suas tendências. A seleção dos eixos utilizados na análise foi realizada segundo o método de *Broken-stick* (Jackson, 1993), no qual devem ser retidos para análise os eixos com autovalores maiores do que os valores gerados ao acaso.

Estas análises simplificam as informações, reduzindo a poucas variáveis, indicando os fatores responsáveis pela variação dos dados obtidos. Posteriormente, a Análise de Variância (ANOVA) foi aplicada sobre os escores das espécies para cada eixo da ACP, para verificar as diferenças ecomorfológicas significativas para as espécies.

Para avaliar as espécies a partir da similaridade trófica, foi realizada análise de *cluster*, através da utilização do índice de similaridade de *Bray-Curtis*, desenvolvido no *software* PC-Ord 4.1 (McCune & Mefford, 1999). Esta análise foi baseada na diferença dos itens alimentares predominantes entre as espécies, utilizando os resultados das análises

volumétricas dos conteúdos estomacais de todos os indivíduos analisados. Para designação das guildas tróficas, utilizou-se Hanh *et al.* (2004).

Com o objetivo de determinar a possível segregação alimentar e espacial das espécies, foi utilizada, a Análise de Correspondência com remoção do efeito de arco (ADC) (Gauch Jr, 1982) sobre os dados de volume dos itens alimentares para as espécies. Os *softwares* utilizados foram PC-Ord 4.1 (McCune & Mefford, 1999) e *Statistica*, versão 7.0., e a Análise de Variância (ANOVA) foi utilizada para testar os escores e para verificar possíveis diferenças na alimentação das espécies.

Para verificar se as espécies que utilizam o mesmo recurso foram as mais similares morfologicamente, e no intuito de testar a hipótese nula de independência do padrão morfológico sobre a dieta e ecologia das três espécies de Doradidae, foi realizado o teste de Mantel (Legendre & Legendre, 1998), correlacionando a matriz de distância morfológica (distância entre os índices ecomorfológicos) com as matriz modelo para as estruturas tróficas. Os testes de Mantel foram realizados no programa NTSYS-pc (Rohlf, 1988) e a significância estatística foi estimada usando 20.000 permutações das matrizes modelos. Desta forma, as matrizes de morfologia foram comparadas com as matrizes de guildas.

As distâncias morfológicas foram calculadas com base nas distâncias euclidianas médias entre os índices ecomorfológicos para cada par de espécies, no programa *Statistica* 7.0, de acordo com a expressão matemática de distância euclidiana (Gotelli & Ellison, 2004) expressa a seguir:

$$\text{Distância Euclidiana (D}_{jk}) = \left[ \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2 \right]^{1/2}$$

Na qual  $n$  = número de índices ecomorfológicos,  $x_{ij}$  e  $x_{ik}$  = valores do índice ecomorfológico  $i$  para as espécies  $j$  e  $k$ , respectivamente. Já as matrizes modelos foram obtidas atribuindo valor 1 (um) para o par de espécies que pertencesse à mesma guilda trófica, e valor 0 (zero) para o par que não satisfizesse esta condição.

## Resultados

A análise de componentes principais, realizada a partir dos indivíduos das três espécies e dos 23 índices ecomorfológicos, revelou a formação de dois eixos significativos, os quais foram retidos para interpretação, por apresentarem autovalores maiores do que padrões

encontrados ao acaso, de acordo com o modelo de *Broken-stick* (Tabela 3). Os dois primeiros eixos explicaram 46,7% da variabilidade total dos dados, os índices que apresentaram os maiores valores de correlação foram selecionados para interpretação.

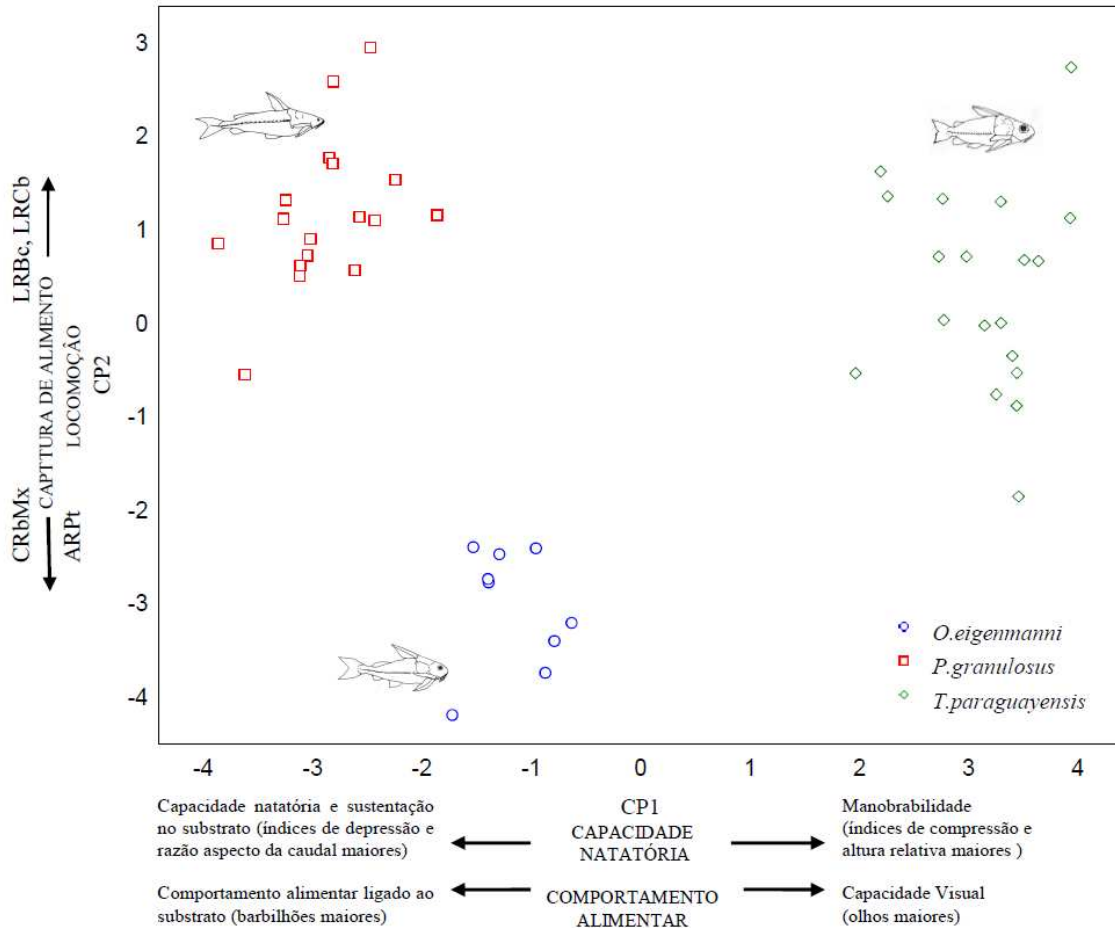
**Tabela 3.** Autovetores dos índices ecomorfológicos nos dois primeiros eixos da análise de componentes principais (ACP), calculados sobre matriz de correlação dos 23 índices ecomorfológicos das três espécies analisadas. Os autovetores com valores mais elevados, foram selecionados para interpretar a ordenação das espécies no espaço morfológico multivariado, estão destacados em negrito.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor	7,77	3,21
Autovalor de <i>Broken-stick</i>	3,73	2,73
% de variabilidade explicada	33,79	13,95
% da variabilidade acumulada	33,79	47,74
IC	<b>0,33</b>	0,17
ID	<b>-0,29</b>	-0,03
AIRCp	<b>0,31</b>	-0,05
CRPd	0,03	0,05
Al RPd	-0,11	-0,18
LRPd	0,21	0,17
CRCb	0,26	-0,24
AIRCb	0,26	-0,18
LRCb	0,03	<b>0,44</b>
AIRBc	-0,12	0,10
LRBc	-0,01	<b>0,49</b>
PO	-0,16	-0,01
ARO	<b>0,34</b>	-0,03
ARD	0,26	-0,07
ARC	0,23	0,10
RAC	<b>-0,27</b>	0,24
ARA	0,12	0,23
RAA	-0,14	-0,15
ARPt	0,15	<b>-0,37</b>
RAPt	0,11	0,12
ARPv	0,14	-0,02
RAPv	-0,04	0,03
CRbMx	<b>-0,27</b>	<b>-0,27</b>

A distribuição dos escores dos indivíduos das três espécies, no espaço morfológico multivariado, está ordenado pelos eixos 1 e 2 da ACP (Figura 4). As variáveis mais correlacionadas com o primeiro eixo foram área relativa do olho (ARO= 0,34), índice de compressão (IC=0,33) e altura relativa do corpo (AIRCp= 0,31), com valores positivos, e índice de depressão (ID= -0,29), razão aspecto da caudal (RAC= -0,27) e comprimento relativo do barbilhão maxilar (CRbMx= -0,27), com valores negativos. A distribuição dos escores dos espécimes demonstrou que, em um extremo, com os escores positivos, está *T. paraguayensis*, com olhos relativamente maiores, com um corpo mais alto e comprimido,



enquanto na outra porção do gráfico, com escores mais negativos, estão *O. eigenmanni* e *P. granulatus*, com corpos mais deprimidos e nadadeiras caudais com tendência a bifurcação, além de barbilhões relativamente mais longos.

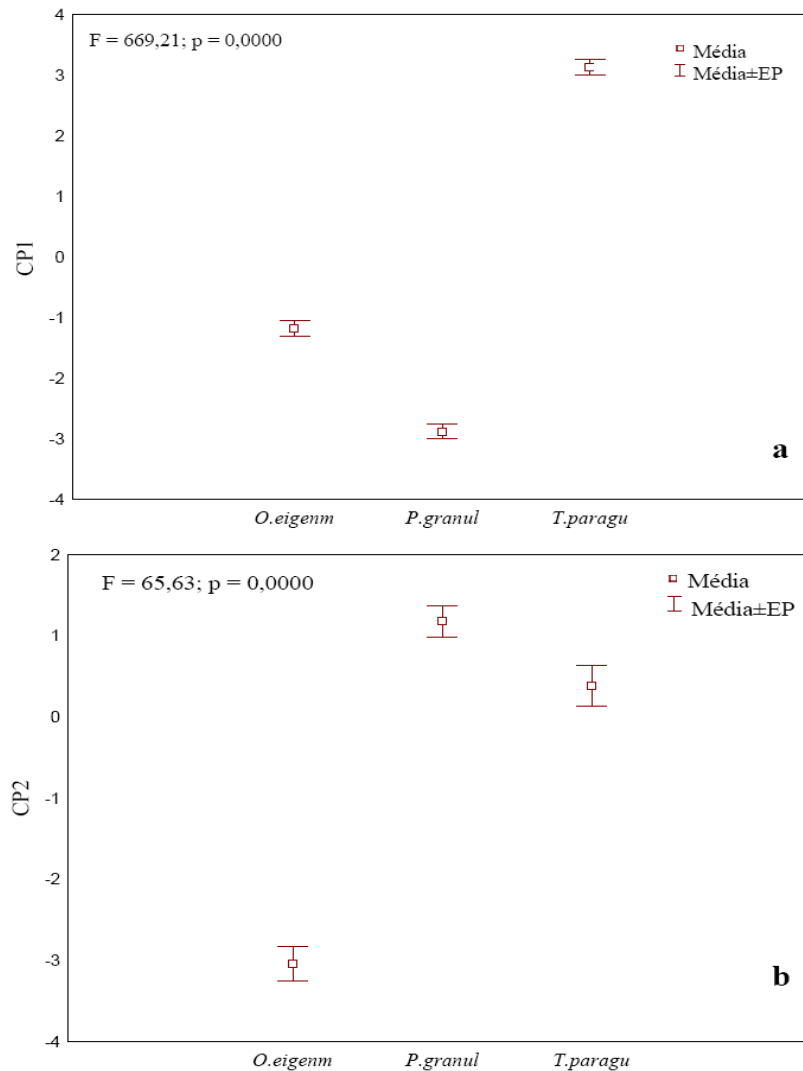


**Fig. 4.** Escores da análise de componentes principais (ACP) dos dois primeiros eixos, calculados sobre a matriz de variância de 23 índices ecomorfológicos, evidenciando a variabilidade interespecífica.

O resultado evidencia que este eixo está relacionado tanto ao desempenho natatório quanto ao comportamento alimentar. No segundo eixo, a largura relativa da boca (LRBc= 0,49) e a largura relativa da cabeça (LRCb= 0,44) se correlacionaram com valores positivos, enquanto que a área relativa da nadadeira peitoral (ARPt=-0,37) e o comprimento relativo do barbilhão maxilar (CRbMx= -0,27) foram relacionados com escores negativos. Portanto, este eixo está relacionado com a captura de alimento e locomoção.

A análise de variância (ANOVA) calculada para os escores do primeiro eixo da ACP testou a diferença entre os escores gerados e revelou diferenças ecomorfológicas significativas entre as três espécies, nos ambientes amostrados (CP1: F=669,21; p=0,000;

Figura 5a), bem como, o segundo eixo da ACP evidenciou diferença significativa, indicando a variação interespecífica (CP2:  $F=65,63$ ,  $p=0,0000$ ; Figura 5b).



**Fig. 5.** Variação morfológica interespecífica dos escores das três espécies de Doradidae (*O. eigen* = *O. eigenmanni*; *P. granul* = *P. granulosus*; *T. paragu* = *T. paraguayensis*): (a) escores do primeiro eixo da ACP, média e desvio padrão; (b) escores do segundo eixo da ACP, média e desvio padrão.

### Dieta

Para análise de dieta, foram utilizados os dados volumétricos obtidos em 45 conteúdos estomacais, sendo 9 pertencentes a *O. eigenmanni*, 17 a *P. granulosus* e 19 a *T. paraguayensis*. Os dados gerados pela análise dos conteúdos gástricos das três espécies estão apresentados na Tabela 4, e são compostos pelos itens agrupados em sedimento/detrito, vegetais superiores, insetos aquáticos, invertebrados terrestres, moluscos, crustáceos, outros invertebrados bentônicos e peixes.

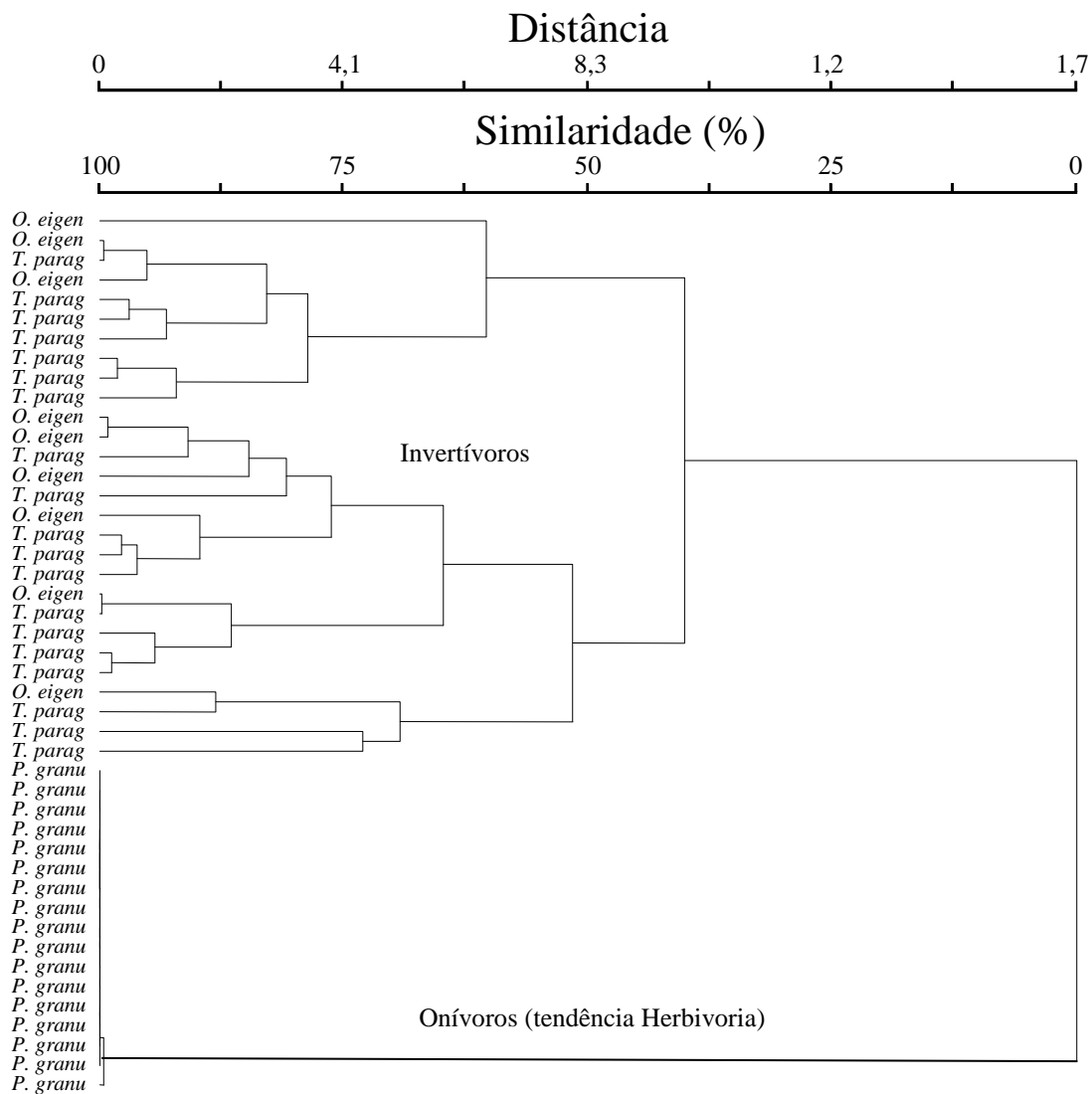
**Tabela 4.** Percentual do volume de cada item alimentar, em relação ao volume total dos conteúdos estomacais de cada espécie (Oe = *O. eigenmanni*; Pg = *P. granulosus*; Tp= *T. paraguayensis*).

Itens	Oe	Pg	Tp
	V%	V%	V%
<b>Sedimento/Detrito</b>	26,26	0,26	32,23
<b>Vegetais superiores</b>			
Terrestres	-	77,60	-
Aquáticos	0,34	2,94	0,16
Fruto/Semente	-	18,99	0,95
Restos vegetais	3,20	-	0,17
<b>Insetos aquáticos (larvas)</b>			
Chironomidae	21,97	0,01	25,00
Trichoptera	0,85	-	8,66
Díptera	0,51	0,01	1,31
Ephemeroptera	19,09	0,03	0,60
Odonata	0,51	-	0,11
Coleóptera	1,36	0,12	0,11
<b>Invertebrados terrestres (adultos)</b>			
Coleóptera	-	0,01	-
Díptera	0,17	-	-
Hemíptera	0,51	0,02	0,06
Acarina	9,08	-	2,06
Fragmentos de insetos	0,08	0,01	-
<b>Moluscos</b>			
Bivalvia	4,83	-	9,65
Gastropoda	5,43	-	0,06
<b>Crustáceos</b>			
Copepoda	0,24	-	1,88
Cladocera	0,31	-	3,80
Ostracoda	1,59	-	9,31
<b>Outros invertebrados bentônicos</b>			
Nematoda	0,02	-	1,96
Rotifera	-	-	0,11
Bryozoa	-	-	0,25
Protozoa	-	-	1,19
<b>Peixes</b>			
Escamas	3,65	-	0,37

O padrão geral de dieta das espécies analisadas mostrou-se distinto e relativamente variado, embora uma das espécies tenha se alimentado exclusivamente de um dos recursos alimentares, dentre as demais categorias.

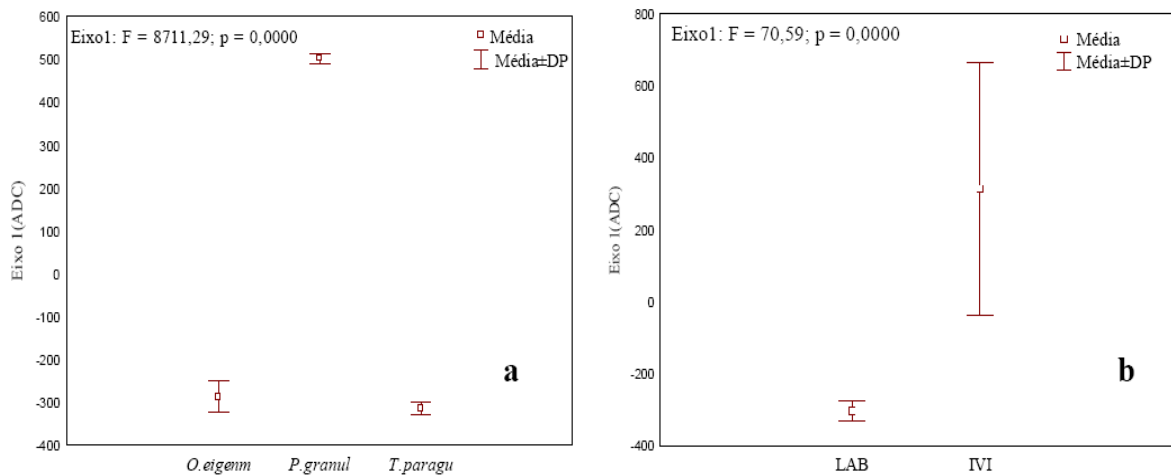
Os resultados encontrados para *P. granulatus* apontaram um predomínio no consumo de vegetais superiores no ambiente analisado, indicando hábitos de herbivoria nos indivíduos analisados.

As demais espécies apresentaram maior similaridade na escolha dos itens alimentares, pois ambas consomem itens alimentares comuns, o que sugere que *O. eigenmanni* e *T. paraguayensis* podem ser enquadradas como invertívoras (Figura 6).



**Fig 6.** Dendrograma gerado através dos valores percentuais do volume dos itens alimentares de todos os indivíduos analisados, expostos na Tabela 4. Espécies ligação apresentam dietas similares (*O. eigen* = *O. eigenmanni*; *P. granu* = *P. granulatus*; *T. paragu* = *T. paraguayensis*).

Em relação à análise de variação (ANOVA) realizada com os escores gerados pela ADC, ficou evidenciada a existência de diferenças significativas, de maneira geral, para as dietas das três espécies (Eixo1ADC:  $F= 8,711,29$ ;  $p= 0,0000$ ; Figura 7a) e para os ambientes analisados (Eixo1ADC:  $F= 70,59$ ;  $p= 0,0000$ ; Figura 7b), o que aponta a existência de variação interespecífica na dieta das espécies de Doradidae analisadas.



**Fig. 7.** Média e desvio padrão da dieta das três espécies de Doradidae: (a) escores do primeiro eixo da ADC, média e desvio padrão (*O. eigenmanni* = *O. eigenmanni*; *P. granulosus* = *P. granulosus*; *T. paraguayensis* = *T. paraguayensis*); (b) escores eixo da ADC, média e desvio padrão (LAB = lagoas abertas; IVI = rio Ivinhema).

O teste de Mantel revelou correlação significativa entre a matriz de distância morfológica e a matriz modelo de dieta (guildas tróficas), para as três espécies de Doradidae utilizadas neste estudo ( $Z_{\text{aleatório}} < Z_{\text{observado}}$ ;  $Z = -0,68$ ;  $p = 0,0001$ ).

## Discussão

A ecomorfologia está fundamentada no conceito de adaptação, bem como, as estruturas morfológicas desempenham diversos papéis no decorrer do tempo de vida de cada organismo (Bock & Von Wahlert, 1965). Segundo estes princípios, se pressupõe que em análises ecomorfológicas exista a necessidade de se buscar possíveis padrões adaptativos que potencializem o desempenho dos organismos no ambiente natural, indicando o quanto suas histórias evolutivas estão refletidas em suas variabilidades morfológicas, sendo possível, desta forma, inferir suas relações ecológicas.

Os aspectos ecológicos e os atributos morfológicos são relacionados mutuamente, sendo empregados no estudo dos padrões ecomorfológicos de comportamento locomotor (Breda *et al.*, 2005; Webb, 1984; Gatz Jr., 1979) e alimentar (Cassemiro *et al.*, 2003; Motta, 1985). Sob este contexto, a planície de inundação do alto rio Paraná representa uma potencial área para o desenvolvimento de estudos ecomorfológicos, devido a sua elevada diversidade de biótopos, dentre os quais se encontram os ambientes analisados neste estudo. Acredita-se que as características morfológicas apresentadas pelos organismos, em ambientes com elevado grau de integridade ambiental, como o rio Ivinhema e suas lagoas, refletem, de maneira mais sensível, os aspectos ecológicos.

Foi evidenciada a ocorrência de variação interespecífica na dieta das espécies de Doradidae. Desta forma, os resultados apresentados neste trabalho indicam a possível relação significativa da morfologia das três espécies de Doradidae, com seus atributos de dieta e suas respectivas ecologias, indicando que a variação morfológica entre estas espécies reflete as diferenças na exploração de recursos alimentares e, conseqüentemente, na adaptabilidade de colonização em um ambiente relativamente novo para ambas as espécies, considerando que, segundo Júlio Júnior *et al.* (2009), as espécies utilizadas neste estudo estão enquadradas entre as mais de 30 espécies de peixes nativos, dentre seis Ordens e 15 Famílias indígenas do baixo rio Paraná, que colonizaram com sucesso a área de estudo.

As análises ecomorfológicas de grupos próximos filogeneticamente, com histórias evolutivas comuns, têm a vantagem de minimizar as possíveis interferências dos fatores comportamentais e fisiológicos relacionados à filogenia (Douglas & Mathews, 1992). Assim, o presente estudo, por meio de uma exploração dos aspectos interespecíficos de Doradidae, conseguiu relacionar características fenotípicas que indicam os diferentes modos de exploração de recursos entre estas espécies conservativas quanto à forma.

Na análise interespecífica, o comportamento locomotor e trófico, caracterizado pelas morfologias das espécies, apresentou tendências opostas quanto aos níveis de compressão e depressão do corpo. Esta é uma condição com importantes implicações ecomorfológicas para Doradidae, já que Siluriformes, de maneira geral, possuem um condicionante pré-adaptado a modos de vida associados ao substrato, nas espécies deprimidas, as quais possuem a porção delimitada entre uma linha longitudinal, que liga a extremidade anterior e posterior até a superfície ventral do corpo, achatada dorso-ventralmente (Gatz Jr., 1979).

Os escores da ACP, para *T. paraguayensis*, indicaram a tendência de corpo comprimido e relativamente alto, o que corresponde ao achatamento lateral e ao aumento da

relação de altura dorso-ventral (Alexander, 1965). Estas características diferenciadas implicam na utilização dos ambientes pelágicos em detrimento as áreas mais profundas, assim como correlacionam estruturas tais como boca, olhos e nadadeiras (Freire & Agostinho, 2001).

Peixes com corpos mais altos e comprimidos, como *T. paraguayensis*, possivelmente, possuem maior capacidade de manobrabilidade (Webb *et al.*, 1996). Segundo Breda (2005), isto pode estar relacionado a movimentos ascendentes e descendentes, possibilitando vantagem no desempenho em ambientes estruturados e lênticos. Outro aspecto com elevada influência na formação do diferencial morfológico do primeiro eixo da ACP foi o tamanho dos olhos, com maiores valores associados a *T. paraguayensis*, característica morfológica que é apontada por Freire & Agostinho (2001) como indicativa de tendência a hábitos pelágicos de superfície em algumas espécies, menos associados ao substrato.

Ecomorfológicamente, a área relativa do olho está associada ao campo visual e a detecção de alimento na coluna d'água, na medida em que espécies que habitam áreas mais profundas apresentam olhos menores (Gatz Jr., 1979). Entretanto, espécies como *T. paraguayensis*, se alimentam no substrato durante o período noturno, mesmo possuindo olhos relativamente grandes (Fugi *et al.*, 1996).

Seguindo as indicações geradas pelo primeiro eixo da ACP, *O. eigenmanni* e *P. granulatus* estiveram mais relacionados a corpos deprimidos, fator que influencia aspectos de comportamento locomotor e trófico. Conseqüentemente, a forma do corpo deprimida faz com que o peixe utilize as áreas de fundo com elevada estabilidade, e permite-lhe obter vantagem em ambientes com elevadas velocidades de corrente, permanecendo próximo ao fundo, onde tais forças são reduzidas (Alexander, 1965). Segundo os aspectos hidrodinâmicos do efeito *Bernoulli*, peixes deprimidos tendem a sofrer um efeito de ascensão do substrato, através de forças de resistência das partículas de água, que fluem mais intensamente na porção dorsal do que na porção ventral de seus corpos (Webb, 1975).

O outro aspecto relacionado ao comportamento locomotor e que contribuiu para formação do primeiro eixo da ACP corresponde à capacidade hidrodinâmica, ampliada em nadadeiras caudais com tendência à bifurcação, sendo, geralmente associada a bons nadadores para deslocamento contínuo. Por outro lado, espécies com baixos valores para este índice apresentam nadadeiras com maiores áreas, e exibem excelente desempenho para aceleração (Breda *et al.*, 2005).

Ainda em relação aos escores do primeiro eixo, uma variável que influenciou os níveis de segregação das espécies no espaço morfológico consistiu no comprimento do

barbilhão maxilar, maior nas espécies *O. eigenmanni* e *P. granulosus*. Os barbilhões longos são relacionados a um papel secundário de evitação de obstáculos e percepção espacial, sendo relacionados aos Siluriformes que habitam o fundo (Freire & Agostinho 2001). Diferentemente, os barbilhões curtos são utilizados por peixes que se alimentam de pequenos itens no substrato, como *T. paraguayensis* (Alexander, 1965).

Para os grupos formados no segundo eixo da ACP, ficou evidente a relação das variáveis com os aspectos ligados a captura do alimento, como largura da boca e largura da cabeça, as quais são intimamente relacionadas, por estarem incluídas nas mesmas estruturas morfológicas cranianas. Os resultados da análise indicaram que valores mais elevados destes índices são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (Gatz Jr., 1979) enquanto os menores valores estão associados à maior capacidade de sucção (Norton & Brainerd, 1993). O hábito alimentar e a dieta, decorrentes desta condição da forma e larguras da boca e da cabeça, são apontadas por Pagotto (2008), Breda *et al.* (2005), Oliveira (2005) e Gatz Jr. (1979), como indicadores do hábito alimentar e do tamanho do recurso alimentar.

Para os demais aspectos analisados, tornou-se evidente que maiores áreas da nadadeira peitoral podem estar diretamente associadas a frenagens e acelerações (Watson & Balon, 1984; Gatz Jr., 1979). Para peixes bentônicos, grandes nadadeiras peitorais podem aumentar a área de contato com a superfície onde o peixe se apóia, promovendo assim, maior aderência ao substrato (Casatti & Castro, 1998), condição esta relacionada a *O. eigenmanni*. Da mesma forma, o comprimento relativo do barbilhão novamente associou *O. eigenmanni* aos hábitos bentônicos, onde tais estruturas sensoriais desempenham um papel predominante na predação e exploração alimentar, contudo, contribuem também nos aspectos antipredatórios, na percepção e evitação de predadores.

A composição de dieta evidenciou, similaridade em relação às duas espécies de menor porte, *O. eigenmanni* e *T. paraguayensis*, embora o reduzido número de conteúdos estomacais analisado restrinja e torne pouco confiável a determinação de padrões consolidados. Ainda assim, o fato destas duas espécies habitarem preferencialmente os ambientes lênticos, indicou uma possível sobreposição trófica, embora utilizem alguns itens em suas dietas que, possivelmente, relacionem maior uso de elementos autóctones em *T. paraguayensis* e alóctones em *O. eigenmanni*. Estas espécies seguiram tendências de maior similaridade na escolha dos itens alimentares, evidenciando que ambas utilizam uma parcela significativa de itens alimentares comuns, o que as enquadra na mesma categoria trófica de invertívoras.



O agrupamento na categoria trófica invertívora seguiu a indicação de Hahn *et al.* (2004) para *T. paraguayensis*. Devido à similaridade significativa dos itens apresentada por *O. eigenmanni*, este também foi enquadrado como invertívoro, já que ainda não existiam dados sobre alimentação desta espécie na área de estudo. Esta classificação foi decorrente da semelhança apresentada pela análise de similaridade, embora esta seja subjetiva, em vista da dieta mista que a grande maioria de espécies de peixes apresenta (Nikolsky, 1963).

Em relação aos dados de dieta apresentados para *P. granulosus*, ficou evidente a predominância quase que exclusiva de itens alimentares de origem vegetal, sendo constituída em sua maioria por vegetais superiores de origem terrestre, como: *Inga*, *Cecropia* e *Ficus*. De acordo com Hahn *et al.* (1997, 1992) e Gaspar da Luz *et al.* (2002), a espécie é considerada onívora. Porém, existem padrões de tendência a herbivoria, nos espécimes analisados, ainda que não seja algo inusitado, pois segundo Hahn *et al.* (1992), a espécie possui forte tendência a herbivoria na planície de inundação do alto rio Paraná. Como os exemplares desta espécie foram capturados no rio Ivinhema, onde o nível de preservação da vegetação das margens é maior do que em outros ambientes da planície (Thomaz *et al.*, 2004), torna-se compreensível tal expressividade no consumo de vegetais no rio Ivinhema (Silva, 2005). Assim, os resultados encontrados para *P. granulosus* evidenciaram um predomínio no consumo de vegetais superiores, o que configura forte tendência a herbivoria nos indivíduos analisados, reforçando a indicação dos processos de ictiocoria apontados por Souza-Stevaux, *et al.* (1994).

Finalizando, as diferenças apontadas entre as espécies, em suas formas e dietas, correspondem aos pressupostos apontados em estudos ecomorfológicos, onde as diferenças fenotípicas e variações evolutivas influenciam no desempenho e no papel biológico das estruturas (Wainwright, 1996). Neste contexto, utilizações variadas dos recursos alimentares influenciam os níveis de segregação das espécies estudadas, consistindo um fator de relevante importância na ocupação dos ambientes analisados

Como este estudo apresentou informações decorrentes de um número reduzido de espécimes, certas análises possuem uma restrição preditiva em alguns aspectos, em especial, os ligados a dieta e ao uso de recursos alimentares. Contudo, no aspecto ecomorfológico, as informações geradas podem contribuir para um melhor entendimento das implicações interespecíficas, das diferenças morfológicas e dos distintos comportamentos locomotores e de dieta.

Os padrões morfológicos de segregação observados nas três espécies de Doradidae podem também colaborar ainda mais, para o entendimento acerca de como

espécies filogeneticamente próximas e com morfologias relativamente conservativas, podem coexistir e responder às diferentes pressões seletivas do ambiente.

## Referências

- Alexander, R. McN. 1967. Functional design in fishes. London, Hutchinson University Library, 160p.
- Alexander, R. McN. 1965. Structure and function in the catfish. *Journal of Zoology*, 148: 88-152.
- Allev, Y. G. 1969. Function and gross morphology in fish. Jerusalém, H. Mills, 268 p.
- Autodesk. 2004. AutoCAD: graphic computation. Version 2004. San Rafael, Autodesk Inc.
- Beaumord, A. C. 2000. The ecology and ecomorphology of fish assemblages of the Paraná-Paraguay river basin in Brazil. Thesis, University of California, Santa Barbara. 116 p.
- Blake, R. W. 2004. Fish functional design and swimming performance. *Journal of Fish Biology*, 65(5): 1193-1222.
- Bock, W. J. & Von Wahlert, G. 1965. Adaptation and the form-function complex. *Evolution*, 19(3): 269-299.
- Breda, L. 2005. Ecomorfologia de *Astyanax altiparanae*, *Moenkhausia intermedia*, *Roeboides paranensis* e *Serrasalmus marginatus* (Osteichthyes-Characidae) da planície alagável do alto rio Paraná, Brasil: variação inter e intra-específicas. Dissertação, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 33p.
- Breda, L., Oliveira, E. F. & Goulart, E. 2005. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, 27(4): 371-381.
- Bruton, M. N. 1996. Alternative life-history strategies of catfishes. *Aquatic Living Resources*, 9: 35-41.
- Casatti, L. & Castro, R. M. C. 1998. A fish community of the São Francisco River headwaters riffles, southeastern Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 9(3): 229-242.
- Casemiro, F. A. da S., Hahn, N. S. & Rangel, T. F. L. de B. 2003. Diet and trophic ecomorphology of the silverside, *Odontesthes bonariensis*, of the Salto Caxias reservoir, rio Iguaçu, Paraná, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 1(2): 127-131.

- Delariva, R. L. & Agostinho, A. A. 2001. Relationship between morphology and diets of six neotropical loricariids. *Journal of Fish Biology*, 58: 832-847.
- Douglas, M. E. & Matthews, W. J. 1992. Does morphology predict ecology? Hypothesis testing within a freshwater stream fish assemblage. *Oikos*, 65: 213-224.
- Freire, A. G. & Agostinho, A. A. 2001. Ecomorfologia de oito espécies dominantes da ictiofauna do reservatório de Itaipu (Paraná, Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 13(1): 1-9.
- Fuji, R. & Hahn, N. S. 1991. Espectro alimentar e relações morfológicas com o aparelho digestivo de três espécies de peixes comedores de fundo do rio Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 51(4): 873-879.
- Fuji, R., Hahn, N. S. & Agostinho, A. A. 1996. Feeding styles of five species of bottom-feeding fishes of the high Paraná River. *Environmental Biology of Fishes*, 46: 297-307.
- Fuji, R., Agostinho, A. A. & Hahn, N. S. 2001. Trophic morphology of five benthic-feeding fish species of a tropical floodplain. *Revista Brasileira de Biologia*, 61(1): 27-33.
- Gaspar da Luz, K. D., Fuji, R., Abujanra, F. & Agostinho, A.A. 2002. Alterations in the *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1821) (Osteichthyes, Doradidae) diet due to the abundance variation of bivalve invader species in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Acta Scientiarum*, 24(2): 427-432.
- Gatz Jr., A. J. 1979. Ecological morphology of freshwater stream fishes. *Tulane Studies in Zoology and Botany*, New Orleans, 21(2): 91-124.
- Gatz Jr., A. J. 1981. Morphologically inferred niche differentiation in stream fishes. *American Midland Naturalist*, 106(1): 10-21.
- Gauch Jr., H. G. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge, Cambridge University Press, 298p.
- Gosline, W. A. 1971. *Functional morphology and classification of teleostean fishes*. Honolulu, University Press of Hawaii, 208 p.
- Gotelli, N. J. & Ellison, A. M. 2004. (Eds.) *A primer of ecological statistics*. Massachusetts, Publishers Sunderland, 479p.
- Graça, W. J. & Pavanelli, C. S. (Eds.) 2007. *Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes*. Maringá, Eduem, 241p.

- Hahn, N. S., Monfredinho Jr., A., Fuji, R. & Agostinho, A. A. 1992. Aspectos da alimentação do armado *Pterodoras granulosus* (Ostariophysi, Doradidae) em distintos ambientes do rio Paraná. *Revista Unimar, Maringá*, 14 (Suplemento): 163-176.
- Hahn, N. S., Fuji, R. & Andrian, I. F. 1991. Espectro alimentar e atividades alimentares do armadinho, *Trachydoras paraguayensis* (Doradidae; Siluriformes) em distintos ambientes do alto rio Paraná. *Revista Unimar, Maringá*, 13 (2): 177-194.
- Hahn, N. S., Agostinho, A. A. & Goiten, R. 1997. Feeding ecology of curvina *Plagioscion squamosissimus* (Hechel, 1840) (Osteichthyes, Perciformes) in the Itaipu reservoir and Porto Rico floodplain. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 9: 11-22.
- Hahn, N. S., Fuji, R. & Andrian, I. F. 2004. Trophic ecology of the fish assemblages. Pp. 247-269. *In*: Thomaz, S. M., Agostinho, A. A. & Hahn, N. S. (Eds.) *The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden, Backhuys Publishers, 393p.
- Helfman, G. S., Collete, B. B. & Facey, D. E. 1997. *The diversity of fishes*. Malden, Blakwell Science, 528 p.
- Hellawell J. M. & Abel, R. 1971. A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. *Journal of Fish Biology*, 3: 29-37.
- Hutchinson, G. E. 1959. Homage to Santa Rosalia, or why there are so many kind of animals? *American Naturalist*, 20: 145-159.
- Jackson, D. A. 1993. Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology*, 74(8): 2204-2214.
- Júlio Júnior, H. F., Dei Tós, C., Agostinho, A. A. & Pavanelli, C. S. 2009. A massive invasion of fish species after eliminating a natural barrier in the upper rio Paraná basin. *Neotropical ichthyology*, 7(4): 709-718.
- Kerfoot Jr., J. R. & Schaefer, J. F. 2006. Ecomorphology and habitat utilization of *Cottus* species. *Environmental Biology of Fishes*, 76: 1-13.
- Langerhans, B. R., 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: 689-698.
- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. *Numerical ecology*. Amsterdam, Elsevier, 853p.

- Lonardoni, A. P. 2009. Ecomorfologia e variação morfológica intra-específica de *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes-Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. Dissertação, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 48p.
- McCune, B. & Mefford, M. J. 1999. PC-ORD: multivariate analysis of ecological data. Version 4.01. Oregon, MjM Software Design.
- Motta, P. J. 1985. Functional morphology of the head of hawaiian and mid-pacific butterfly (Perciformes, Chaetodontidae). *Environmental Biology of Fishes*, 13(4): 253-276.
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the world*. 4<sup>th</sup> ed. New York, John Wiley and Sons, 601p.
- Nikolsky, G. V. 1963. *The ecology of fishes*. London, Academic Press, 352 p.
- Norton, S. F. 1995. A functional approach to ecomorphological patterns of feeding in cottid fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 44(1-3): 61-78.
- Norton, S. F. & Brainerd, E. L. 1993. Convergence in the feeding mode of ecomorphologically similar species in the Centrarchidae and Cichlidae. *Journal of Experimental Biology*, 176: 11-29.
- Oliveira, E. F. 2005. Padrões ecomorfológicos da assembléia de peixes da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. Tese, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 68p.
- Pagotto, J. P. A. 2008. Padrões ecomorfológicos de Siluriformes (Osteichthyes) do riacho Caracu, Porto Rico, PR, Brasil: relações da morfologia com a distribuição longitudinal e ecologia trófica das espécies. Dissertação, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 38p.
- Pankhurst, N. W. 1989. The relationship of ocular morphology to feeding models and activity periods in shallow marine teleosts from New Zealand. *Environmental Biology of Fishes*, 26: 201-211.
- Peres-Neto, P. R. 1999. Alguns métodos e estudos em ecomorfologia de peixes de riacho. Pp. 209-236. *In*: Caramaschi, E. P., Mazzoni, R. & Peres-Neto, P. R. (Eds.). *Ecologia de peixes de riacho*. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, 260p.
- Pouilly, M., Lino, F., Bretenoux, J. G. & Rosales, C. 2003. Dietary-morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. *Journal of Fish Biology*, 62: 1137-1158.

- Rincón, P. A. 1999. Uso de micro-habitat em peixes de riachos: métodos e perspectivas. Pp. 23-90. *In*: Caramaschi, E. P., Mazzoni, R. & Peres-Neto, P. R. (Eds.). *Ecologia de peixes de riacho*. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, 260p.
- Rohlf, F. J. 1988. NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 1.50. New York, Exeter Publishing Ltd, 199p.
- Sabaj, M. H. & Ferraris, C. J. Jr. 2003. Family Doradidae. Pp. 456-469. *In*: Reis, R. E., S. O. Kullander & C. J. Ferraris, Jr. (Eds.). *Check list of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Porto Alegre, Edipucrs, 725 p.
- Sagnes, P. 1997. Potencial artefacts in morphometric analysis of fish: effects of formalin preservation on grayling. *Journal of Fish Biology*, 50: 910-914.
- Silva, G. C. 2005. Predação de *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1821) (Pisces, Doradidae) sobre moluscos invasores na planície de inundação do alto rio Paraná, PR-MS. Exame Geral de Qualificação, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 14p.
- Souza Filho, E. E. & Stevaux, J. C. 1997. Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinhema. Pp. 4-46. *In*: Vazzoler, A. E. A. M., Agostinho, A. A. & Hahn, N. S. (Eds.) *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá, Eduem, 460p.
- Souza-Stevaux, M. C., Negrelle, R. R. B. & Citadini-Zanette, V. 1994. Seed dispersal by the fish *Pterodoras granulosus* in the Paraná River Basin, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 10: 621-626.
- Suzuki, H. I., Vazzoler, A. E. A. M., Marques, E. E., Lizama, M. A. P. & Inada, P. 2004. Reproductive ecology of the fish assemblages. Pp. 271-291. *In*: Thomaz, S. M., Agostinho, A. A. & Hahn, N. S. (Eds.) *The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden, Backhuys Publishers, 393p.
- Thomaz, S. M., Pagioro, T. A., Bini, L. M., Roberto, M. C. & Rocha, R. R. A. 2004. Limnological characterization of the aquatic environments and the influence of hydrometric levels. Pp. 75-104. *In*: Thomaz, S. M., Agostinho, A. A. & Hahn, N. S. (Eds.). *The upper Paraná river and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden, Backhuys Publishers, 393p.

- Universidade Estadual de Maringá – UEM/Nupélia/CNPq. 2001. A planície de inundação do alto rio Paraná – sítio 6 PELD/CNPq: relatório técnico anual 2001. Coordenação Agostinho, A. A., Thomaz, S.M & Nakatani, K. Maringá, UEM/Nupélia, 400p.
- Vazzoler, A. E. A. M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá, Eduem, 169p.
- Wainwright, P. C. 1996. Ecological Explanation through Functional Morphology: The Feeding Biology of Sunfishes. *Ecology*, 77(5): 1336-1343.
- Watson, D. J. & Balon, E. K. 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *Journal of Fish Biology*, 25: 371-384.
- Webb, P. W. 1980. Function of the caudal fin in early fishes. *Copeia*, 3: 559-562.
- Webb, P. W. 1975. Hydrodynamics and energetic of fish propulsion. *Bulletin Fisheries Research Board Canadá*, 190: 1-159.
- Webb, P. W., Laliberte, G. D. & Schrank, A. J. 1996. Does body and fin form affect the maneuverability of fish traversing vertical and horizontal slits? *Environmental Biology of Fishes*, 46: 7-14.
- Winemiller, K. O. 1991. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. *Ecological Monographs*, 61(4): 343-365.
- Winemiller, K. O., Kelso-Winemiller, L. C. & Brenkert, A. L. 1995. Ecomorphological diversification and convergence in fluvial cichlid fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 44: 235-261.
- Zawadzki, C. H., Pavanelli, C. S. & Júlio Júnior, H. F. 1996. Caracterização morfológica e distribuição das espécies da Família Doradidae (Pisces: Siluriformes) no alto e médio Paraná: registros e comentários. *Arquivos da biologia e Tecnologia*, 39(2): 409-417.