

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
TROPICAL**

LARISSA PEREIRA COSTA

**A ECOMORFOLOGIA DA ICTIOFAUNA REFLETINDO A
SELEÇÃO DE HÁBITAT EM UM RIACHO DE MATA ATLÂNTICA
NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**

SÃO MATEUS

2019

LARISSA PEREIRA COSTA

**A ECOMORFOLOGIA DA ICTIOFAUNA REFLETINDO A
SELEÇÃO DE HÁBITAT EM UM RIACHO DE MATA ATLÂNTICA
NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Duboc da Silva

SÃO MATEUS

2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

P436e Pereira Costa, Larissa, 1993-
A ecomorfologia da ictiofauna refletindo a seleção de hábitat em um riacho de mata atlântica no norte do Espírito Santo. / Larissa Pereira Costa. - 2019.
59 f. : il.

Orientador: Luiz Fernando Duboc da Silva.
Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Ecologia. 2. Ictiofauna. 3. Morfologia. I. Duboc da Silva, Luiz Fernando. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 502


LARISSA PEREIRA COSTA

**A ECOMORFOLOGIA DA ICTIOFAUNA REFLETINDO A SELEÇÃO
DE HÁBITAT EM UM RIACHO DE MATA ATLÂNTICA NO NORTE DO
ESPÍRITO SANTO**


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Tropical.

Aprovada em 02 de abril de 2019.


COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Luiz Fernando Duboc da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Leonardo Ferreira da Silva
Ingenito
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Fabricio Barreto Teresa
Universidade Estadual de Goiás

DEDICATÓRIA

“Para que todos vejam, e saibam, e considerem, e juntamente entendam que a mão do Senhor fez isto...” (Isaías 41:20)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me sustentado durante essa fase da minha vida.

Aos meus pais, que me deram e proporcionaram tudo que estava ao alcance, dando amor e educação e entenderam que precisava mudar de cidade para alcançar esse sonho e compreenderam todos os meus momentos de ausência.

A minha irmã, que me deu força nesse momento para não desistir.

A minha avó que torceu muito por mim e desde início acreditava que iria conseguir.

Ao meu namorado Alexandre, que me acompanhou a partir do segundo ano de mestrado, sendo muito paciente, amoroso, companheiro e me deu muita força para não desistir em todos os momentos que achava que não iria conseguir chegar aqui, obrigada por todo incentivo e por ter acreditado em mim.

Ao meu orientador, Professor Luiz Fernando Duboc, que sem dúvida fez com maestria seu papel. Deu-me um voto de confiança quando decidiu me orientar, mesmo sabendo que nunca tinha trabalhado com ictiofauna antes, aceitou o desafio e me ensinou com paciência o amor pelos peixes continentais. Mais que um orientador, foi um exemplo de integridade na vida acadêmica que pude conhecer. Agradeço imensamente pela oportunidade, paciência e dos conhecimentos que me foi compartilhado.

Ao Leonardo, pela ajuda na identificação das espécies, acompanhamento em campo e escolha dos melhores pontos para coleta no rio Itaúnas, e é claro pela produção dos sanduiche de atum rs.

Aos colegas de laboratório, serei eternamente grata: Anna Paula, Bruna, Cristiane, Tatyana e Alexandre, todos me ajudaram de alguma forma, seja nas discussões dos assuntos ou em campo.

Ao Arthur por te me auxiliado na construção do mapa.

Aos colegas e professores do PPGBT, dos quais tenho grande apreço, em especial aos meus colegas de mestrado Fábio, Tatiane, Haissa e Bruna, que me auxiliaram nesse trajeto.

As minhas amigas de graduação que mesmo longe me ajudaram com toda força nos momentos que pensei em desistir, em especial a Paolla e Mirieli que estiveram comigo em todos os momentos de ansiedade extrema.

À banca, prof Fabrício Barreto Teresa e prof. Leonardo Ferreira da Silva Ingenito, que aceitaram compartilhar seus conhecimentos na avaliação do presente trabalho.

A CAPES pelo financiamento através da bolsa.

À UFES, pela disponibilização de todos os insumos.

RESUMO

O rio Itaúnas, um dos principais rios da região norte do Espírito Santo, vem sofrendo com os impactos antrópicos e é considerado um dos rios mais degradados do estado. O estudo da ecomorfologia teve como objetivo relacionar a morfologia dos peixes em diferentes pontos com a ocupação e com os aspectos ecológicos, verificando a relação da ecomorfologia com o hábitat. Todos os pontos foram amostrados com rede de arrasto ou peneira, no período de julho, outubro, novembro de 2017 e fevereiro de 2018. Os resultados sugerem que a ictiofauna vem sofrendo com a perda de hábitats, uma vez que foram observadas praticamente as mesmas espécies em todos os pontos, presença em maior número de espécies tolerantes e diminuição das exigentes em relação à ictiofauna esperada para a região. Isto pode estar afetando a diversidade ecomorfológica, levando a uma generalização na importância dos atributos, como observado para AR (Altura Relativa), o qual apresentou importância na estruturação ecomorfológica da maioria das espécies analisadas, indicando pouca variação entre os atributos. A análise de correlação evidencia que espécies mais exigentes podem estar sofrendo mais com os impactos antrópicos. Assim, o mal estado de conservação do rio Itaúnas, com a perda de heterogeneidade ambiental devido às pressões antrópicas, como desmatamento e erosão, parece explicar o padrão de características ecomorfológicas semelhantes e maior ocorrência de espécies generalistas.

Palavras chave: Rio Itaúnas; Impactos Antrópicos; Ecomorfologia; Ictiofauna;

ABSTRACT

The Itaúnas river, one of the main rivers in the northern region of Espírito Santo, has suffered from anthropic impacts and is considered one of the most degraded rivers in the state. The study of ecomorphology had as objective to relate the morphology of fishes in different points with the occupation and ecological aspects, verifying the relation of ecomorphology with habitat. All points were sampled with trawl nets or sieves, in the period of July, October, November 2017 and February 2018. The results suggest that the ichthyofauna has been suffering from habitat loss, since the same species were observed in all the points, presence of greater number of tolerant species and decrease of the demanding ones in relation to the ichthyofauna expected for that region. This may be affecting the ecomorphological diversity, leading to a generalization in the importance of attributes, as observed for AR (Relative Height), which presented importance in the ecomorphological structuring of most of the analysed species, indicating little variation among the attributes. Correlation analysis shows that more demanding species may be suffering more from anthropogenic impacts. Thus, the poor state of Itaúnas river conservation, with the loss of environmental heterogeneity due to anthropic pressures, such as deforestation and erosion, seems to explain the pattern of similar ecomorphological characteristics and greater occurrence of generalist species.

Keywords: Itaúnas River; Anthropic Impacts; Ecomorphology; Ichthyofauna;

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO..... | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| SUMÁRIO..... | vi |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 4 |
| 2.1 Objetivo Geral | 3 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 3 |
| 3. METODOLOGIA | 4 |
| 3.1 Área de Estudo..... | 4 |
| 3.2 Coleta de dados | 6 |
| 3.3 Caracterização da Estrutura física do hábitat..... | 7 |
| 3.4 Cálculos dos atributos ecomorfológicos..... | 8 |
| 3.5 Análises de dados..... | 16 |
| 4. RESULTADOS..... | 16 |
| 4.1 Composição da Ictiofauna..... | 16 |
| 4.2 Caracterização Ambiental..... | 19 |
| 4.3 Análises Ecomorfológicas..... | 22 |
| 4.3.1 Relação Ecomorfológica e Distribuição no Hábitat..... | 23 |
| 4.3.2 Atributos Ecomorfológicos Importantes por espécie..... | 25 |
| 4.3.3 Relação entre ambiente (IIH) e os Atributos Ecomorfológicas..... | 29 |
| 5. DISCUSSÃO..... | 33 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 41 |
| 7. REFERÊNCIAS..... | 42 |
| ANEXOS..... | 48 |
| Anexo 1: Índice de Integridade de Hábitat (IIH)..... | 49 |
| Anexo 2: Média dos 12 atributos ecomorfológicos das espécies analisadas..... | 52 |
| Anexo 3: Espécies de peixes coletadas no rio Itaúnas..... | 53 |

1 INTRODUÇÃO

O estudo da ecomorfologia visa identificar as relações entre a ecologia da espécie e sua morfologia, como seus hábitos, recursos que utilizam, bem como suas interações nas comunidades e populações (Sampaio & Goulart, 2011). Sua premissa é que a morfologia das espécies está relacionada com sua ecologia (Block *et al.*, 1991), sendo algo que integra áreas tão diversas como a morfologia, ecologia, fisiologia, comportamento animal, biologia evolutiva, física e biomecânica (Motta & Kotrschal, 1992). Provavelmente, o primeiro estudo a integrar informações a partir de dados quantitativos morfológicos e ecológicos em assembleias de peixes foi o de Keast & Webb (1966).

As características morfológicas são aspectos de grande importância para a ecologia de peixes (Pouilly *et al.*, 2003), uma vez que a forma do corpo especializada leva os peixes a procurarem habitats mais específicos e mais estruturados para sobreviver (Leal *et al.*, 2011). De modo geral, estudos sobre ecomorfologia reforçam a ideia de que a morfologia é adaptativa, ou seja, ela evolui e se diversifica de acordo com as pressões de seu nicho, ou seja, do habitat e das interações bióticas como alimentação, reprodução, competição entre outras (Santos *et al.*, 2011).

A condição estrutural do habitat das espécies pode influenciar as interações ecológicas e dinâmicas em diversas comunidades (Willis *et al.*, 2005), sendo que a diversidade da ictiofauna em um riacho está diretamente correlacionada aos diferentes habitats que este apresenta (Gorman & Karr, 1978), como diferentes substratos e presença de espaços com diferentes profundidades e velocidades, como poços e corredeiras, que são importantes componentes da complexidade estrutural dos ambientes (Leal, *et al.*, 2011). Uma forte associação de peixes a riachos com essas características locais, as quais promovem a complexidade estrutural em diferentes escalas, é observada em diferentes estudos (*e. g.*: Gorman & Karr, 1978; Bührnheim & Cox-Fernandes, 2003), sendo que a simplificação de habitats pode afetar diretamente diversos

atributos ecológicos e levar ao empobrecimento de populações e comunidades (Schneider & Winemiller, 2008).

O uso de atributos morfológicos permite prever morfotipos – os ecótipos - que serão selecionados em determinada classe de estrutura do hábitat, nesse sentido é necessário verificar aspectos como modificações nos atributos biológicos das espécies que expressam a função destas no hábitat, e que também podem estar sofrendo alterações devido às modificações no ambiente causadas por variados fatores, incluindo os antrópicos (Ribeiro *et al.*, 2016). Esses atributos são resultados de relações entre medidas morfológicas, os quais permitem relacionar a morfologia com aspectos ecológicos dos indivíduos. Assim, a ecomorfologia se torna importante para as análises ecológicas, já que análises ecomorfológicas podem ser usadas para testar hipóteses a respeito de como se estabelece uma comunidade de peixes (Sampaio & Goulart, 2011).

No Brasil, grande parte dos rios está sendo alterada por fatores antrópicos (Sterz *et al.*, 2011), e cada vez mais isso vem se intensificando por consequências da instalação de barragens, desmatamento, construção de estradas e despejo de esgoto, que modificam a estrutura e as condições dos ambientes aquáticos. Embora os efeitos dessas mudanças na estrutura dos hábitats possa interferir na riqueza e diversidade da ictiofauna (Casatti *et al.*, 2009, Teresa & Casatti, 2010), ainda pouco se conhece sobre a influência dessas mudanças no uso dos hábitats e no funcionamento da comunidade de peixes e macroinvertebrados, o que reforça a importância dos estudos relacionados à ecomorfologia na compreensão dos processos ambientais (Díaz & Cabido, 2001). Dessa forma, definir o uso do hábitat das espécies é importante, pois através disso é possível traçar estratégias efetivas para a melhoria do ambiente e propor medidas para sua preservação.

O rio Itaúnas é um dos principais rios da região norte do Espírito Santo e vem sofrendo intensamente com as ações antrópicas, cuja bacia vem sendo considerada uma das mais degradadas do estado (AGERH, 2018). O fato de as margens do rio serem usadas para pastagens e monoculturas, principalmente de cana de açúcar, pimenta do reino e eucalipto,

derramamento de esgoto e barragens ao longo da bacia, contribuem para o atual status de conservação da bacia.

Assim, a proposta desse estudo é comparar as comunidades de peixes de trechos da bacia do rio Itaúnas com diferentes características de habitats e níveis de preservação, verificando a relação dos atributos ecomorfológicos com o uso do habitat pelas espécies.

2. OBJETIVOS

2.1 objetivo geral

Avaliar a associação da morfologia dos peixes de diferentes pontos do rio Itaúnas com a ocupação de habitats e seus aspectos ecológicos.

2.2 objetivos específicos

- Caracterizar os habitats dos pontos amostrados;
- Determinar os atributos ecomorfológicos das espécies coletadas;
- Compreender a relação da distribuição das espécies e atributos ecomorfológicos ao longo dos pontos amostrados.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo

A bacia do rio Itaúnas se localiza em região de Mata Atlântica, possuindo uma área de drenagem de aproximadamente 4.480 km², dos quais 4360 km² pertencem ao estado do Espírito Santo e 120 km² à Bahia (ANA, 2009). Essa região apresenta como característica marcante baixos índices pluviométricos (PERH/ES, 2017). As nascentes principais da bacia estão nos municípios de Ponto Belo e Mucurici (Sarmiento-Soares & Martins-Pinheiro, 2012), em seguida atravessa os municípios de Montanha, Pinheiros, Pedro Canário, Boa Esperança, São Mateus e Conceição da Barra, onde deságua no oceano Atlântico. A situação hídrica do rio é crítica e vem se agravando ao longo dos últimos anos (AGERH, 2018). Além disso, a região passou por uma grave crise hídrica no período de 2014 a 2017, o que piorou ainda mais a situação. Apesar de ter voltado a chover no final do período, o nível dos rios ainda estava abaixo do esperado ao final deste trabalho.

Este estudo foi realizado em 6 trechos ao longo da bacia do rio Itaúnas, região em que ele pode ser determinado como um riacho, que foram divididos em 10 pontos de coletas, esses estão localizados na calha principal do rio e em seus afluentes nos municípios de Pinheiros, Pedro Canário e Conceição da Barra (Fig. 1 e Tab. 1). Vale ressaltar que cada trecho pode conter mais de um ponto como é o caso dos pontos 1, 2 e 3 que são do mesmo trecho (mesma localidade), porém resolvemos dividi-los por apresentarem diferentes características de composição de hábitat, o mesmo acontece para os pontos 6, 7 e 10.

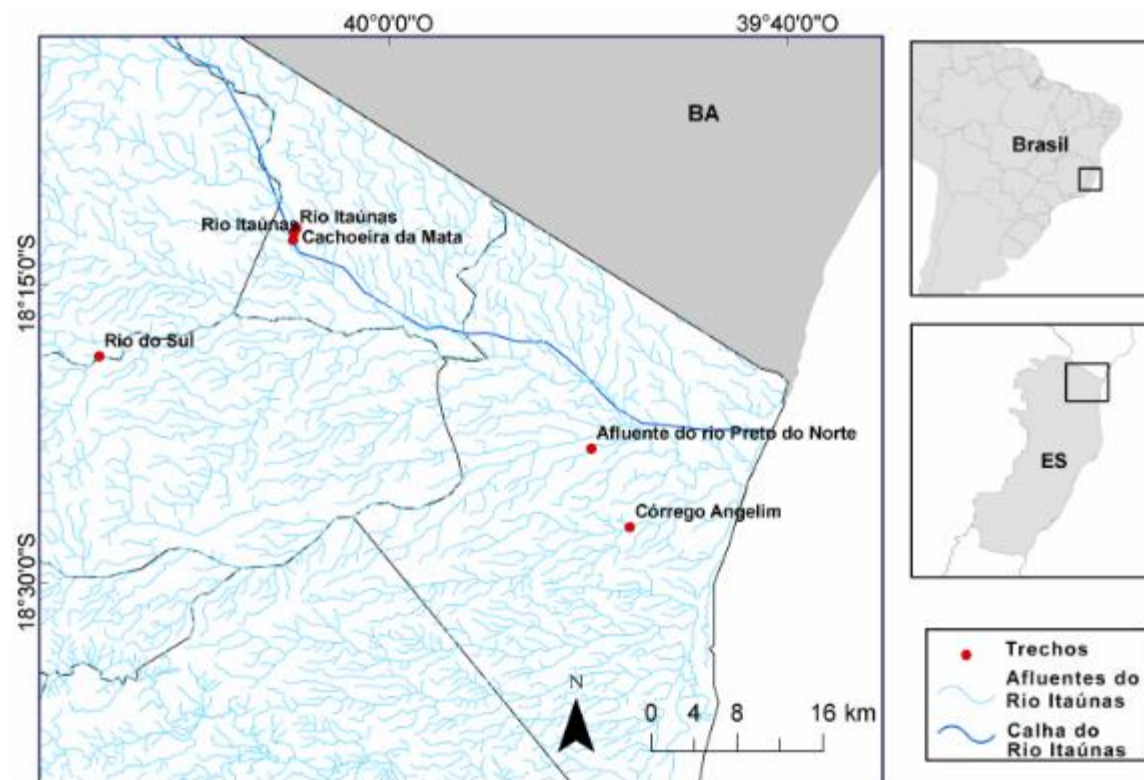


Figura 1: Localização dos trechos amostrados na bacia do rio Itaúnas. Cada trecho pode conter mais de um ponto. O detalhamento dos pontos e a caracterização dos habitats é feita nos resultados no item 4.2.

Tabela 1: Pontos de coleta com a localidade e as coordenadas geográficas.

| Ponto | Município | Localidade | Coordenada geográfica |
|----------|--------------------|--------------------------------|------------------------|
| Ponto 1 | Pedro Canário | Cachoeira da Mata | "S18°12'11" W40°04'37" |
| Ponto 2 | Pedro Canário | Cachoeira da Mata | S18°12'11" W40°04'37" |
| Ponto 3 | Pedro Canário | Cachoeira da Mata | S18°12'11" W40°04'37" |
| Ponto 4 | Conceição da Barra | Córrego Angelim | S18° 27'12" W39°47'54" |
| Ponto 5 | Conceição da Barra | Afluente do rio Preto do Norte | S18°23'15" W39°49'50" |
| Ponto 6 | Montanha | Rio do Sul | S18°18'37" W40°14'29" |
| Ponto 7 | Montanha | Rio do Sul | S18°18'37" W40°14'29" |
| Ponto 8 | Pedro Canário | Rio Itaúnas | S18°12'48" W40°4'47" |
| Ponto 9 | Pedro Canário | Rio Itaúnas | S18°12'24" W40°4'42" |
| Ponto 10 | Montanha | Rio do Sul | S18°18'37" W40°14'29" |

3.2 Coleta de dados

A coleta da ictiofauna foi realizada nos meses de julho, outubro, novembro 2017 e fevereiro de 2018 com duas campanhas em cada ponto amostrado, com exceção dos pontos 9 e 10. O esforço da coleta foi intensivo pelo uso de peneiras com 55 cm de diâmetro e 0,25 cm de malha e redes de arrasto com 2 metros de comprimento, 1,4 metro de altura e 0,25 cm de malha. Nos pontos 4 e 5 foi utilizada somente peneiras, pela dificuldade da utilização de redes de arrasto, e no ponto 2 somente redes de arrasto por se tratar de um ambiente de corredeiras.

No campo, os exemplares coletados foram imediatamente eutanasiados em uma solução anestésica de benzocaína (CFBio, 2012) a 1 g/l e logo em seguida fixados em solução de formol a 10%, colocados em sacos plásticos etiquetados por ponto e hábitat e após 48 horas, já em laboratório, transferidos para solução de álcool 70% para conservação permanente. As espécies foram triadas e identificadas até o menor nível taxonômico possível por meio de chaves de identificação e consulta a especialistas, e os exemplares foram contados e medidos. Foram também realizadas medidas mais específicas para obter os atributos ecomorfológicos. Após a finalização dessa etapa, os exemplares foram depositados na Coleção Zoológica Norte Capixaba (CZNC/CEUNES).

3.3 Caracterização da Estrutura física do hábitat

A caracterização dos habitats foi realizada através da avaliação do tipo de substrato (leito ocupado), velocidade da corrente e tipo de vegetação da margem. O leito ocupado foi organizado em categorias (A, B, C) de acordo com a proporção de substrato encontrado (Tab. 2). Essas variáveis são relacionadas às características presentes no interior dos riachos e dos ecótonos água/terra Casatti *et al.* (2009). Todas essas variáveis foram classificadas através de estimativas visuais uma vez que a condição de extrema seca da bacia impediu a padronização do uso de aparelhos medidores multiparâmetros digitais em todos os pontos amostrados.

A avaliação de integridade dos ambientes foi realizada através do Índice de Integridade do Hábitat (IIH) de Nessimian *et al.* (2008) (Anexo 1) em cada ponto de coleta, onde as características fisionômicas dos diferentes ambientes foram avaliadas visualmente. Essa análise acontece a partir da observação visual da área de estudo e por meio do preenchimento de uma ficha composta por 12 itens, onde cada item apresenta alternativas (quatro a seis) e a cada uma delas pode ser atribuída uma nota de 1 a 6, cuja soma total resulta em 40 (o ótimo de todos os itens). O IIH é determinado pela relação da soma obtida dos 12 itens, interpretados do ambiente avaliado, por 40 (= ótimo total), produzindo um índice que varia de 0,22 ($\cong 0$) a 1 (quando o ambiente avaliado possui nota máxima em todos os itens, assim como o ótimo total). Desta forma, o ambiente que recebe nota próximo a 1 teoricamente representa um melhor nível de preservação ecológica se comparado aos que recebem nota mais próximas a 0.

Tabela 2: Lista das variáveis do hábitat relacionadas com as características presentes no interior e no ecótono que foram analisadas nos 10 pontos amostrais e suas respectivas categorias.

Velocidade da Água

R – Rápida

M – Média

P – Parada

Substrato

A- Cascalho, areia e galhos/troncos

B - Pedra, rocha, cascalho

C- Matéria orgânica, areia, galhos e troncos

Vegetação da Margem

Baixa - Predomínio de gramíneas

Moderada - Gramíneas e árvores

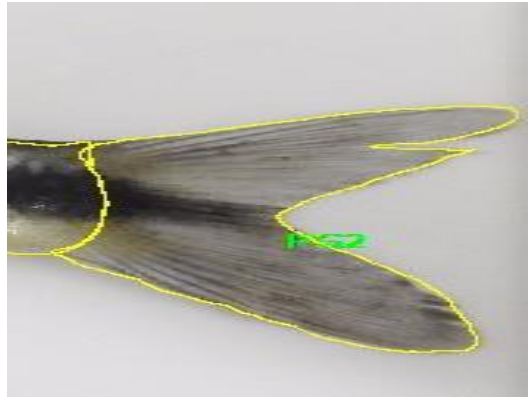
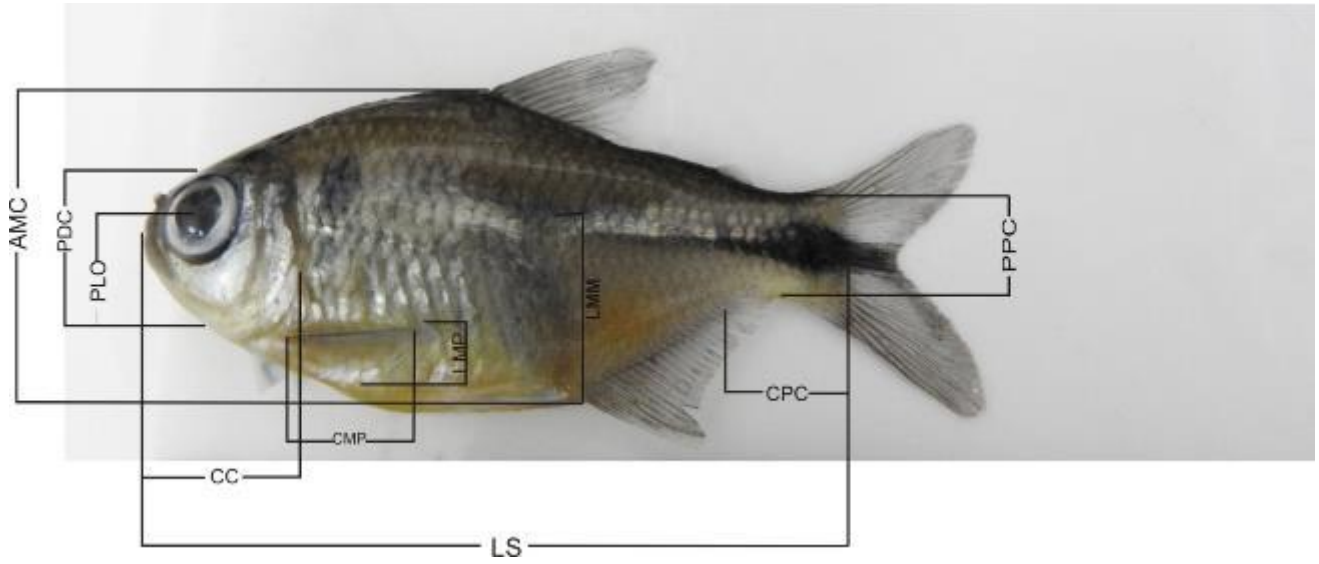
Alta - Grande extensão de mata

3.4 Cálculos dos atributos ecomorfológicos

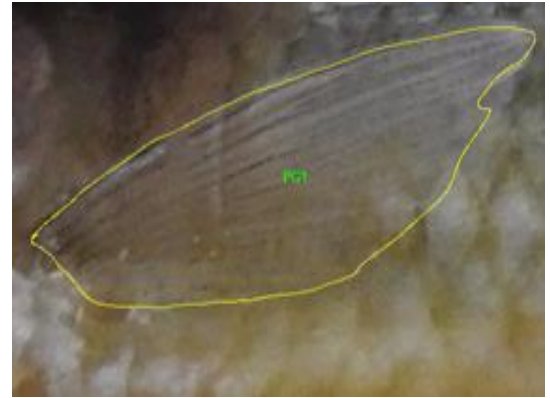
As análises ecomorfológicas foram realizadas com 15 indivíduos de cada espécie registrada em cada ponto ou com o número disponível de exemplares, todos os indivíduos acima de 15 mm foram medidos. Foram tomadas 17 medidas morfométricas de cada indivíduo (Tab. 3, Fig. 2), as quais foram convertidas em 12 atributos ecomorfológicos (Tab. 4, Anexo 2) com base em interpretações funcionais relacionadas com o fluxo da água, capacidade de natação, posição na coluna d'água, tamanho do alimento e local de forrageamento (Casatti & Castro, 2006). As medidas de largura máxima do corpo, pedúnculo caudal, altura máxima do corpo, comprimento padrão, comprimento do pedúnculo caudal, altura da linha média máxima do corpo, largura da boca, altura e comprimento da cabeça e altura da linha média do olho foram determinadas com paquímetro digital (Ribeiro & Casatti, *et al.*, 2016). As medidas de área do corpo e das nadadeiras peitorais, caudal e dorsal foram obtidas com o auxílio de uma câmera fotográfica e do software de imagem Image-Pro Plus® (Media Cybernetics).

Tabela 3. Medidas morfológicas utilizadas para o cálculo dos atributos ecomorfológicos, com os códigos e forma de medição. Medidas de acordo com Casatti & Castro (2006). Detalhes demonstrados na Fig. 2.

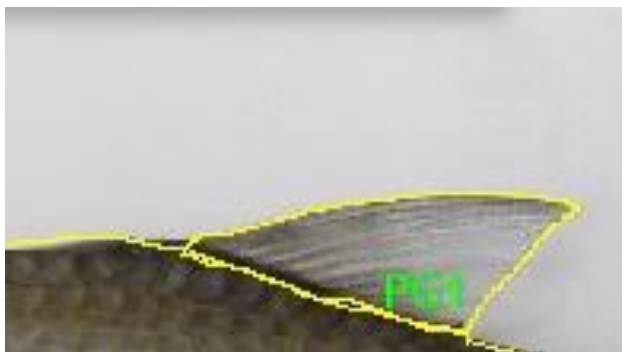
| Medida absoluta | Código | Definição |
|--|--------|---|
| Altura máxima do corpo | AMC | Máxima distância vertical desde o dorso até o ventre |
| Área do corpo | ADC | Área total do corpo, incluindo a cabeça, sem as nadadeiras. |
| Área da nadadeira caudal | ANC | Área da nadadeira caudal a partir da inserção dos ossos hipurais. |
| Área da nadadeira dorsal | AND | - |
| Área da nadadeira peitoral | ANP | - |
| Comprimento padrão | LS | Distância desde a ponta da mandíbula superior até a inserção dos ossos hipurais. |
| Comprimento da cabeça | CC | Distância desde a ponta da mandíbula superior até a extremidade posterior do opérculo. |
| Comprimento do pedúnculo caudal | CPC | Distância desde a margem proximal posterior da nadadeira anal à margem posterior da última vértebra. |
| Comprimento máximo da nadadeira peitoral | CMP | Distância desde a margem anterior da nadadeira peitoral até sua margem posterior. |
| Largura da boca | LB | Distância máxima horizontal de lado a lado da boca. |
| Largura do pedúnculo caudal | LPC | Máxima distância horizontal de lado a lado do corpo à altura do pedúnculo caudal. |
| Largura máxima do corpo | LMC | Máxima distância horizontal de lado a lado do corpo. |
| Altura máxima da nadadeira peitoral | LMP | Distância máxima entre as margens dorsal e ventral da nadadeira, formando um ângulo perpendicular com a linha que junta às margens anterior e posterior da mesma. |
| Linha média máxima | LMM | Distância vertical máxima desde a linha média até o ventre. Linha média definida como a linha imaginária que vai desde a pupila do olho e passa através do centro da última vértebra. |
| Altura da cabeça | PDC | Distância vertical desde o dorso até o ventre através da pupila. |
| Altura do pedúnculo caudal | PPC | Mínima distância vertical desde o dorso do pedúnculo caudal até a região ventral do mesmo. |
| Altura da linha média do olho | PLO | Distância vertical desde a região média da pupila até a região ventral da cabeça. |



ANC



ANP



AND



ADC

Figura 2: Fotos esquemáticas de 14 das 17 medidas morfométricas obtidas a partir de cada exemplar. Códigos segundo a Tab. 3.

Tabela 4. Atributos ecomorfológicos utilizados, utilizando as medidas morfológicas.

| Atributo | Código | Cálculo | Interpretação |
|--|---------------|------------------------------------|---|
| Índice de compressão do corpo | ICC | AMC/LMC | Valores elevados podem indicar peixes comprimidos que preferem habitats com menor velocidade de água (Watson & Balon, 1984). |
| Altura relativa | AR | AMC/LS | Valores menores indicariam peixes habitando águas rápidas (Gatz, 1979). |
| Comprimento relativo do pedúnculo caudal | CRPC | CPC/LS | Pedúnculos compridos indicam peixes habitando águas turbulentas e com boa capacidade de natação contínua Balon, 1984). |
| Índice de compressão do pedúnculo caudal | CPC | PPC/LPC | Valores elevados indicam pedúnculos comprimidos, o que é típico dos peixes com nado menos ativo (Gatz, 1979). |
| Índice de achatamento ventral | IAV | LMM/AMC | Valores menores indicam peixes habitando ambientes com alto hidrodinamismo, permitindo manter sua posição espacial inclusive quando estacionário (Hora, 1930). |
| Área relativa da nadadeira Dorsal | ARND | AND/ADC | A nadadeira dorsal funciona principalmente como estabilizador e também como leme (Gosline, 1971). Em alguns Perciformes a porção com espinhos facilita a geração de uma sequência de impulso (Drucker & Lauder, 2001). Em cascudos (Loricariidae), grupo que apresenta nadadeiras dorsais com áreas relativamente grandes, provê equilíbrio nas deflexões (E.F. Oliveira, comunicação pessoal). |
| Área relativa da nadadeira Peitoral | ARNP | CMP/LMP | Valores elevados indicam nadadeiras compridas, típicas de peixes que nadam distâncias longas (Mahon, 1984; Watson & Balon, 1984), ou peixes pelágicos que nadam constantemente (Casatti & Castro, 2006). |
| Área relativa da nadadeira Caudal | ARNC | ANC/ADC | Valores elevados indicam nadadeiras aptas para produzir impulsos grandes e rápidos, necessários para a típica forma de nado de muitos peixes bentônicos (Webb, 1977). |
| Comprimento relativo da cabeça | CRC | CC/LS | Valores elevados podem indicar peixes com a capacidade de alimentar-se de presas relativamente grandes (Gatz, 1979). |
| Posição relativa dos olhos | PRO | PLO/PDC | A posição dos olhos está relacionada com a preferência de habitats verticais (Gatz, 1979); valores elevados indicam olhos localizados dorsalmente, típico de peixes bentônicos (Mahon, 1984; Watson & Balon, 1984). |
| Largura relativa da boca | LRB | LB / LS | Valores elevados indicam peixes com a capacidade de alimentar-se de presas relativamente grandes (Gatz, 1979). |
| Coefficiente de finura | CF | $\frac{LS}{\sqrt{AMC \times LMC}}$ | Avalia a influência da forma do corpo sobre a capacidade de nado. Valores de 2 a 6 indicam arraste reduzido; a relação ótima para o nado eficiente é 4,5 (Blake 1983; Ohlberger <i>et al.</i> 2006). |

3.5 Análises de dados

Em primeiro momento foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) para estimar os atributos ecomorfológicos que seriam mais importantes para cada espécie. Para esse método, foram utilizados os valores de cada atributo ecomorfológico de cada espécie. A PCA também foi utilizada para verificar a relação ecomorfológica e a distribuição desses atributos ao longo da bacia do rio Itaúnas, para essa análise foi utilizada a média de cada atributo por espécie. Essa técnica permite verificar os caracteres morfométricos de maneira ampla, conforme Winemiller (1991). A PCA é um teste multivariado que tem por finalidade a redução do espaço multivariado a uma dimensão plana pela eliminação das sobreposições, facilitando as escolhas de formas mais representativas de dados (as componentes principais) a partir da combinação linear das variáveis originais (Vasconcelos, 2014). A relação dos atributos ecomorfológicos com os habitats e fatores ambientais também foi realizada a partir da análise de PCA. Essas análises foram realizadas no software R (versão 3.4.1).

Uma vez extraídos a partir das medidas dos peixes, os atributos foram testados frente aos aspectos ambientais por meio de uma análise de correlação de Pearson, após procedimento de transformação Box-Cox para normalização dos dados, na qual se estimou os atributos que apresentam maior relação entre as variáveis nos ambientes analisados. Essa análise foi realizada no software PAST v. 3.21 (Hammer *et al.*, 2001).

4. RESULTADOS

4.1 Composição da Ictiofauna

Foram coletados ao todo 1741 indivíduos divididos em 4 ordens, 11 famílias e 21 espécies (Tab. 5, anexo 3). A espécie mais abundante foi *Poecilia vivipara* com 658 indivíduos (37,79% do total coletado), seguida por *Astyanax cf. intermedius*, com 187 (10,79%), *Geophagus brasiliensis* com 137 (7,86%), *Mimagoniates microlepis* com 136 (7,81%) e *Characidium sp.* com 119 (6,83%). O restante das 16 espécies coletadas representa uma abundância de 28,92% do total, como representado na Fig. 3.

O ponto 10 apresentou a maior riqueza (16 spp.), seguido pelos pontos 7 (14 spp.) e o ponto 6 (13 spp.). Ambos os pontos se localizam na mesma região amostrada no rio do Sul. O ponto com maior abundância foi o ponto 7 com 546 indivíduos coletados, seguido pelos pontos 6 e 10 com 252 e 209 indivíduos coletados respectivamente (Tab. 5).

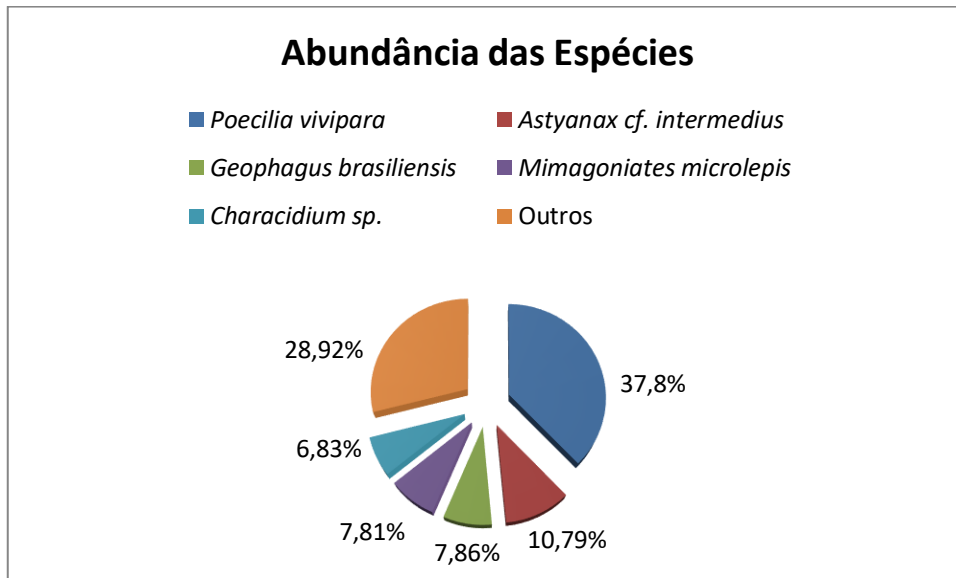


Figura 3: Abundância das espécies coletadas no rio Itaúnas.

Tabela 5: Espécies coletadas ao longo dos 10 pontos amostrais no rio Itaúnas com seus respectivos valores de riqueza e abundância.

| Ordem | Família | Espécies | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | P07 | P08 | P09 | P10 | TOTAL | |
|--------------------|--|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|----|
| Characiformes | Anostomidae | <i>Leporinus copelandii</i> Steindachner, 1876 | | | | | | 3 | 12 | | | 14 | 29 | |
| | | <i>Astyanax cf. intermedius</i> Eigenmann, 1908 | 3 | | | | 30 | 64 | 54 | 3 | 1 | 32 | 187 | |
| | | <i>Astyanax lacustris</i> (Lütken, 1875) | | | | | | 16 | 16 | | | 15 | 47 | |
| | | <i>Hyphessobrycon bifasciatus</i> Ellis, 1911 | | | | | | 8 | 41 | | | 40 | 89 | |
| | | <i>Hyphessobrycon reticulatus</i> Ellis, 1911 | | | | | 13 | | | | | | 13 | |
| | | <i>Mimagoniates microlepis</i> Steindachner, 1876 | | | | 6 | 130 | | | | | | 136 | |
| | | <i>Moenkhausia vittata</i> (Castelnau, 1855) | 21 | | 20 | | | | | | 1 | | | 42 |
| | Characidae | <i>Oligosarcus acustirostris</i> Menezes, 1987 | | | | | | | | 5 | | | 1 | 6 |
| | Chenuchidae | <i>Characidium</i> sp. | 22 | 24 | | | | 7 | 9 | 52 | 3 | 2 | 119 | |
| Erithrynidae | <i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794) | 2 | | 3 | | | | | 1 | | | | 6 | |
| Cichliformes | Cichlidae | <i>Australoheros capixaba</i> Ottoni, 2010 | 25 | | 4 | | | 22 | 27 | 1 | | 22 | 101 | |
| | | <i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824) | 16 | | 9 | | | 35 | 48 | 13 | 3 | 13 | 137 | |
| Cyprinodontiformes | Poeciliidae | <i>Poecilia vivipara</i> Bloch & Schneider, 1801 | 41 | 39 | 45 | | | 79 | 308 | 83 | 8 | 55 | 658 | |
| | | <i>Phalloceros ocellatus</i> Lucinda, 2008 | 2 | | | | 26 | | | | | | | 28 |
| Siluriformes | Auchenipteridae | <i>Trachelyopterus striatulus</i> (Steindachner, 1876) | | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| | Callichthyidae | <i>Corydoras nattereri</i> Steindachner, 1876 | | | | | | 6 | 9 | | | 1 | 16 | |
| | Heptapteridae | <i>Pimelodella lateristriga</i> (Lichtenstein, 1823) | | | | | | 6 | 1 | 1 | | | 3 | 11 |
| | | <i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824) | | | | | | 1 | 4 | | | | 4 | 9 |
| | Loricariidae | <i>Hypostomus scabriceps</i> (Eigenmann & Eigenmann 1888) | | | | | | 1 | 11 | | | | 2 | 14 |
| | | <i>Otothyris travassosi</i> Garavello, Britski & Schaefer, 1998 | 11 | | 1 | | | | | | | 1 | 2 | 15 |
| | Trichomycteridae | <i>Trichomycterus pradensis</i> Sarmento-Soares, Martins-Pinheiro, Aranda & Chamon, 2005 | | 58 | | | | | 4 | | 12 | 1 | 2 | 77 |
| Abundância | | | 143 | 121 | 82 | 6 | 199 | 252 | 546 | 166 | 17 | 209 | 1741 | |
| Riqueza | | | 9 | 3 | 6 | 1 | 4 | 13 | 14 | 8 | 6 | 16 | 21 | |

4.2 caracterização ambiental

Os pontos 1, 6, 7, 8, 9, 10 (Fig. 4), apresentam velocidade da água média (MED) e o leito ocupado por cascalho, pedras, areia, galhos e troncos. O ponto 1 apresenta maior concentração de cascalho, pedras e areia, tendo baixa proporção de galhos, troncos e folhas. O ponto 6 apresenta areia, galhos, troncos e folhas em maior concentração se comparado com cascalho e pedras. O ponto 7 apresenta areia e pedras em alta concentração; galhos, troncos, folhas e cascalhos em proporções menores. O ponto 8 apresenta muito cascalho e areia, mas é um ambiente com leito pobre em folhas, galhos e troncos. O ponto 9 tem na composição do leito uma boa proporção de pedras, galhos, troncos, folhas, areia, silte e terra, porém, o cascalho foi encontrado em pequena proporção. O ponto 10 é um ponto que apresenta mais areia do que galhos, cascalho, troncos e folhas. Em relação à velocidade da água, os pontos 3, 4, e 5 (Fig. 4) apresentam água parada (PAR) e leito ocupado por areia, pedras, galhos e troncos. O ponto 3 apresenta leito ocupado por folhas, galhos, troncos e matéria orgânica em maior proporção que areia e pedras. O ponto 4 apresentou muita areia e matéria orgânica em decomposição, tendo poucas pedras em seu leito. O ponto 5 apresentou matéria orgânica em decomposição, galhos e troncos em proporção elevada se comparada com a quantidade de areia e pedras. O ponto 2 (Fig. 4) é o único ponto que apresenta velocidade da água rápida (RAP), apresentando rochas, pedras e cascalho, ambos em alta concentração e baixa quantidade de areia. Já em relação à margem ocupada, os pontos 5 e 9 apresentam uma alta concentração de vegetação ocupada por árvores e arbustos. 1, 2, 3, 4, e 8 apresentaram margens ocupadas por árvores e arbustos em concentração moderada, já os pontos 6, 7 e 10 apresentam arbustos e gramíneas em suas margens, sendo consideradas margens mais “pobres” com concentração baixa de vegetação.



Figura 4: Pontos amostrados no rio Itaúnas/ES (continua).



Figura 4: Pontos amostrados no rio Itaúnas/ES.

A avaliação de integridade dos ambientes através do índice de integridade do hábitat (IIH) mostrou maiores valores nos pontos 2 (0,87), 4 (0,83) e 5 (0,81), indicando ambientes com menor alteração ambiental. Esses pontos estão localizados em ambientes com uma concentração razoável de mata ciliar. Já os menores valores foram apresentados nos pontos 10 (0,47), 3 (0,52), 7 (0,60) e o 6 (0,61), indicando ambientes com alteração ambiental (que podem ter sido influenciados pelo desmatamento, principalmente da mata ciliar). Já os pontos 1 (0,77), 8 (0,72), 9 (0,65) mostraram valores intermediários se comparados aos demais.

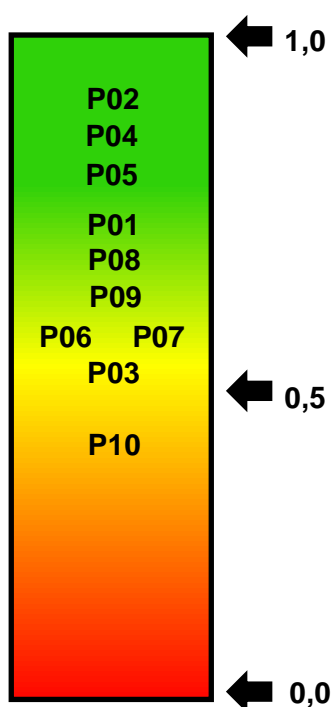


Figura 5: Representação do grau de conservação dos 10 pontos amostrados, através do índice de integridade do hábitat (IIH) de Nessimian *et al.* (2008).

4.3 Análises Ecomorfológicas

Foram analisados 746 indivíduos das 21 espécies coletadas, respeitando o tamanho acima de 15 mm e N amostral de 15 indivíduos por espécie/ponto. Desta forma, só foi possível analisar 12 espécies: *Astyanax cf. intermedius*, *Astyanax*

lacustris, *Hyphessobrycon bifasciatus*, *Moenkhausia vittata*, *Mimagoniates microlepis*, *Characidium* sp., *Leporinus copelandi*, *Poecilia vivipara*, *Australoheros capixaba*, *Geophagus brasiliensis*, *Corydoras nattereri* e *Trichomycterus pradensis*.

4.3.1 Relação Ecomorfológica e Distribuição no Hábitat

A análise de PCA, efetuada para verificar as relações ecomorfológicas e a distribuição dos atributos no hábitat ao longo da bacia do rio Itaúnas, identificou dois componentes principais (PC1 e PC2) que explicam juntos 61% da variação dos atributos. Os atributos com maior aderência ao PC1, que mais contribuíram para a distribuição das espécies, ou seja, que apresentam em si a maior porcentagem de variância explicativa, são: Altura Relativa (AR), Índice de Compreensão do Corpo (ICC) e Coeficiente de Finura (CF). Espécies que apresentaram valores mais negativos no PC1, fazem parte da ordem Siluriformes (*Corydoras nattereri*) em maneira inversamente proporcional às espécies que possuem corpo lateralmente achatado (*i. e.*: comprimido), como espécies da ordem Characiformes (*Astyanax lacustris*, *Astyanax* cf. *intermedius*, *Hyphessobrycon bifasciatus* e *Moenkhausia vittata*). A espécie com valor mais positivo no PC1 apresentou o corpo cilíndrico, como a espécie *Characidium* sp., por seu valor positivo na PCA, indica estar relacionado também às espécies *Mimagoniates microlepis*, *Poecilia vivipara* e *Leporinus copelandii*.

Em contrapartida, os atributos com maior aderência ao PC2 são índice de achatamento ventral (IAV) e a área relativa da nadadeira dorsal (ARND), ambos com valores negativos, correlacionam de maneira inversamente proporcional às espécies *Astyanax lacustris*, *Astyanax* cf. *intermedius*, *Hyphessobrycon bifasciatus*, *Moenkhausia vittata*, *Mimagoniates microlepis*, *Poecilia vivipara* e *Leporinus copelandii* (Fig. 6, Tab. 6).

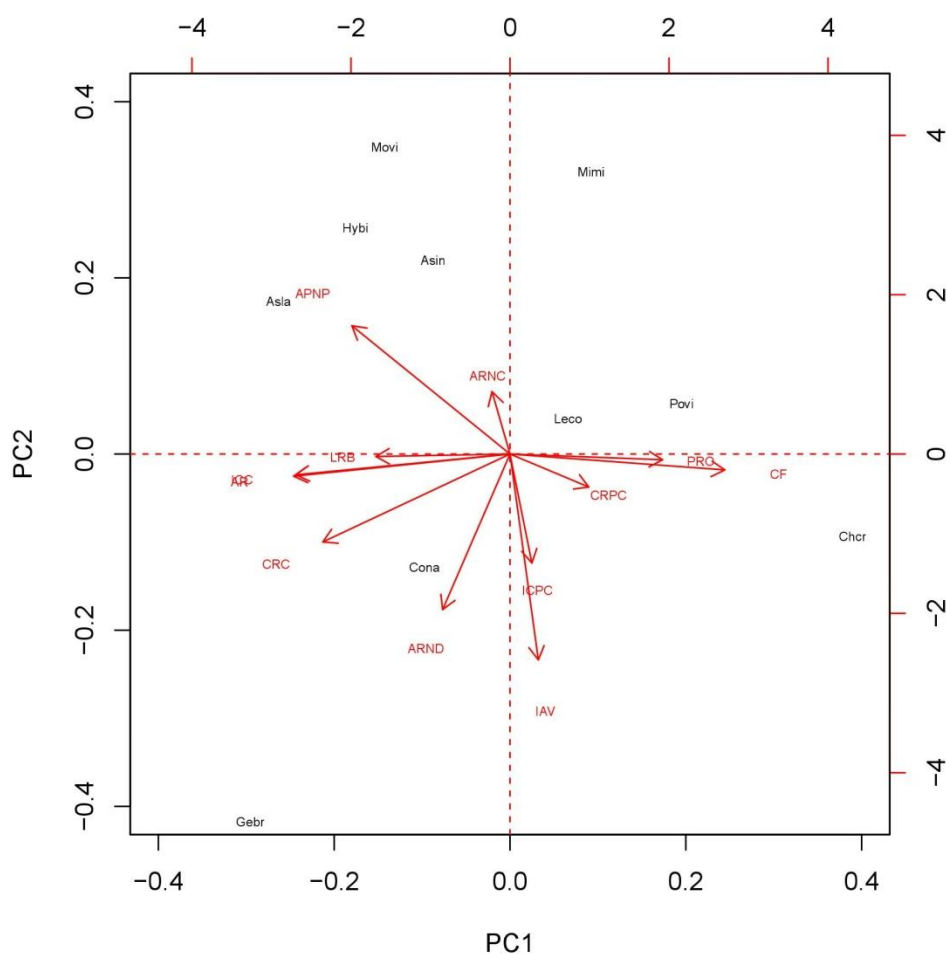


Figura 6: Projeção dos dois primeiros eixos da PCA das 12 espécies analisadas e os atributos ecomorfológicos distribuídos no espaço ecomorfológico. Asla – *Astyanax lacustris*; Asin - *Astyanax cf. intermedius*; Chcr – *Characidium* sp.; Cona - *Corydoras nattereri*; Hybi - *Hyphessobrycon bifasciatus*; Leco - *Leporinus copelandii*; Mimi - *Mimagoniates microlepis*; Movi - *Moenkhausia vittata*; Povi – *Poecilia vivipara*.

Tabela 6: Contribuição aos dois primeiros eixos da PCA dos 12 atributos ecomorfológicos das espécies analisadas. Em negrito os autovetores mais relevantes para a interpretação dos eixos significativos.

| Atributos | PC1 | PC2 |
|---|--------------------|--------------|
| Índice de Compressão do Corpo – ICC | -0.42627708 | -0.062964277 |
| Altura Relativa – AR | -0.43052139 | -0.067282554 |
| Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal – CRPC | 0.15682637 | -0.100060261 |
| Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal – ICPC | 0.04356116 | -0.330366770 |

| | | |
|---|-------------------|---------------------|
| Índice de Achatamento Ventral – IAV | 0.05639194 | -0.623881183 |
| Área Relativa da Nadadeira Dorsal – ARND | -0.13405848 | -0.471619499 |
| Aspecto Proporcional da Nadadeira Peitoral – APNP | -0.31465661 | 0.388943137 |
| Área Relativa da Nadadeira Caudal – ARNC | -0.03581296 | 0.189077129 |
| Comprimento Relativo da Cabeça – CRC | -0.37245206 | -0.266452344 |
| Posição Relativa dos Olhos-PRO | 0.30367712 | -0.017333876 |
| Largura Relativa da Boca - LRB | -0.26683840 | -0.007537695 |
| Coeficiente de Finura – CF | 0.42762244 | -0.048172201 |
| Proporção de variação % | 43,35 % | 18,60 % |
| Proporção Acumulada | 43,35% | 61,95 % |

4.3.2 Atributos Ecomorfológicos Importantes por espécie

Foram analisadas 11 espécies por PCA separadamente, onde foram utilizados os valores brutos dos atributos coletados em cada ponto. Somente a espécie *Mimagoniates microlepis* não foi utilizada nessa análise, pois ela só foi encontrada no ponto 5. As espécies *Astyanax cf. intermedius*, *Hyphessobrycon bifasciatus*, *Moenkhausia vittata*, *Leporinus copelandi*, *Poecilia vivipara*, *Australoheros capixaba*, *Geophagus brasiliensis* e *Trichomycterus pradensis* apresentam o atributo Altura Relativa (AR) com maior aderência ao PC1, sugerindo que este atributo está relacionado à distribuição dessas espécies no ambiente, uma vez que apresenta a maior variância explicativa para a distribuição. Quando analisadas todas as espécies juntas, o atributo AR também se mostrou importante (Fig. 06), sendo o de maior variância explicativa, como observado na análise dessas espécies individualmente. Isso mostra que as espécies apresentam um padrão ecomorfológico comum e variável, que pode estar relacionado a diferentes fatores, tais como velocidade da água, posição ocupada na coluna d'água, interação com outros indivíduos e até mesmo com seus recursos alimentares (Casatti & Castro 2006, Oliveira *et al.*, 2010, Roa-Fuentes, 2011). As demais espécies apresentaram outros atributos mais aderentes ao PC1, que são Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal (CRPC) para *Characidium* sp., Índice de Compreensão do Corpo (ICC) para *Corydoras nattereri* e o Coeficiente de Finura (CF) para *Astyanax lacustris*. É possível perceber que o ICC e o CF também são atributos importantes na análise da relação ecomorfológica. Os

atributos com maior aderência ao PC2 para cada espécie são Área Relativa da Nadadeira Caudal (ARNC) para *Australoheros capixaba*, *Astyanax cf. intermedius*, *Moenkhausia vittata* e *Poecilia vivipara*; Posição Relativa dos Olhos (PRO) para *Characidium sp.* e *Leporinus copelandii*; Comprimento Relativo da Cabeça (CRC) para *Geophagus brasiliensis* e *Astyanax lacustris*; Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal (CRPC) para *Hyphessobrycon bifasciatus*, Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal (ICPC) para *Corydoras nattereri* e Área Relativa da Nadadeira Dorsal (ARND) para *Trichomycterus pradensis*. Esses resultados estão na Tab. 7.

Tabela 7: Atributos que apresentam maior aderência ao PC1 e PC2 respectivamente, por espécie. Os atributos e espécies que estão em destaque mostram o atributo altura relativa, que se mostra “importante” para a distribuição das espécies nos pontos mostrados.

| Espécie | Maior aderência ao PC1 | Maior aderência ao PC2 |
|--|--|--|
| <i>Astyanax cf. intermedius</i> | Altura Relativa | Área Relativa da Nadadeira Caudal |
| <i>Astyanax lacustris</i> | Coeficiente de Finura | Comprimento Relativo da Cabeça |
| <i>Hyphessobrycon bifasciatus</i> | Altura Relativa | Comprimento Relativo do Pedúnculo caudal |
| <i>Moenkhausia vittata</i> | Altura Relativa | Área Relativa da Nadadeira Caudal |
| <i>Characidium sp.</i> | Comprimento relativo do pedunculo caudal | Posição Relativa da Boca |
| <i>Leporinus copelandi</i> | Altura Relativa | Posição Relativa dos Olhos |
| <i>Poecilia vivipara</i> | Altura Relativa | Área Relativa da Nadadeira Caudal |
| <i>Australoheros capixaba</i> | Altura Relativa | Área Relativa da Nadadeira Caudal |
| <i>Geophagus brasiliensis</i> | Altura Relativa | Comprimento Relativo da Cabeça |
| <i>Corydoras nattereri</i> | Índice de compressão do corpo | Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal |
| <i>Trichomycterus pradensis</i> | Altura Relativa | Área Relativa da Nadadeira Dorsal |

Para verificar possíveis semelhanças ecomorfológicas em relação às assembleias de peixes também foi realizada uma PCA, que identificou dois componentes principais (PC1 e PC2) que explicam juntos 67,09% da variação dos atributos. Os resultados mostram que as espécies nectônicas (N) e “mistas” (M) (espécies que vivem em ambientes nectônicos e bentônicos) formam um claro agrupamento ecomorfológico, enquanto as espécies classificadas como de superfície (S) e bentônicas (B) também formaram agrupamentos, embora menos evidentes, como pode ser observado no gráfico da Fig. 7.

Os peixes nectônicos são aqui constituídos por espécies exclusivamente da família Characidae. Os mistos são exclusivos da família Cichlidae (*Australoheros capixaba* e *Geophagus brasiliensis*). Os de superfície, constituídos por *Poecilia vivipara* e *Mimagoniates microlepis*, exploram principalmente a superfície da coluna da água. Os bentônicos são constituídos por espécies pertencentes às famílias Crenuchidae e Trichomycteridae, sendo compostas principalmente por animais de corpo cilíndrico.

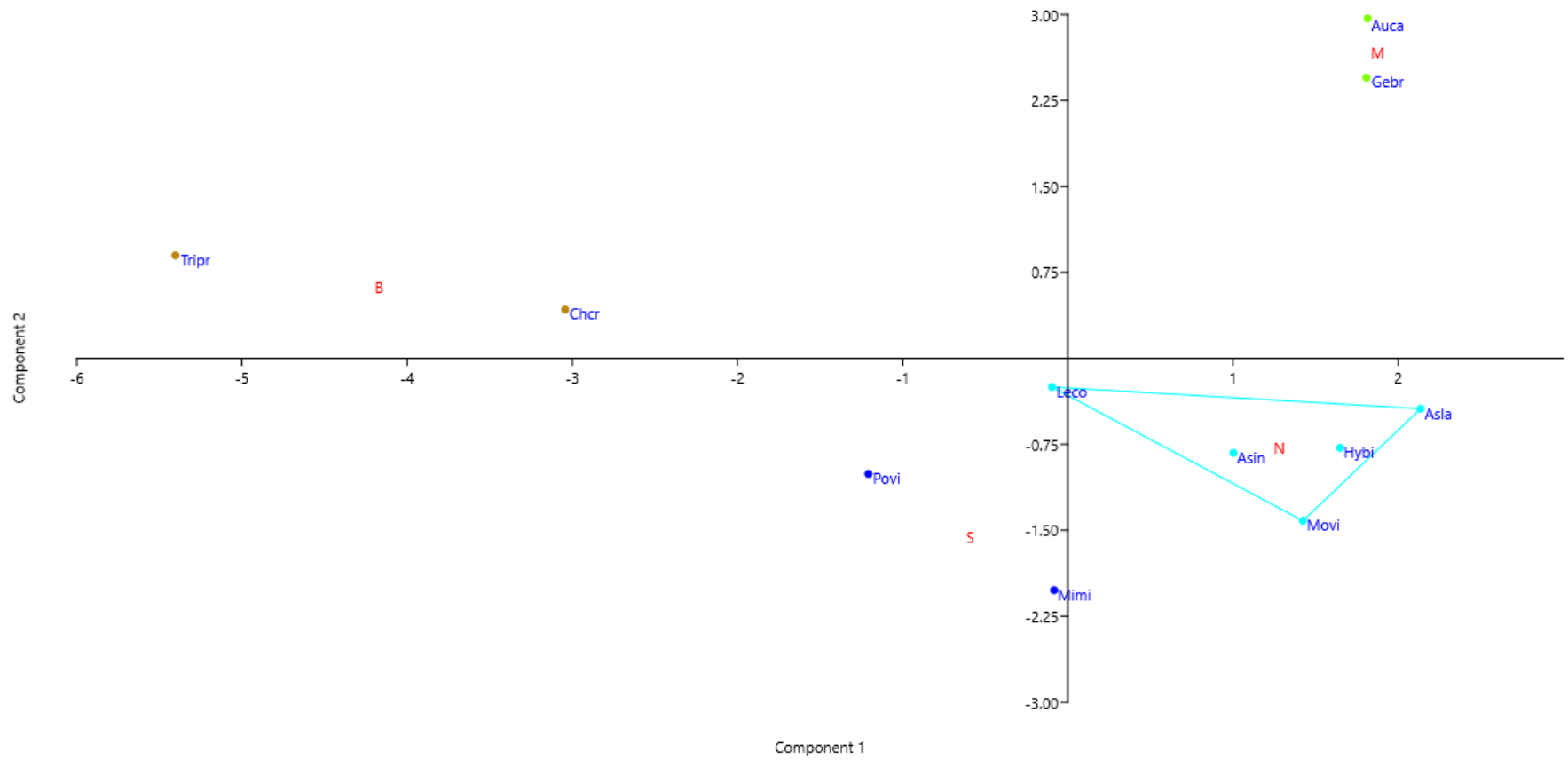


Figura 7: Análise de PCA envolvendo a comunidade de peixes. B = Bentônicos, S = Superfície, N = Nectônicos, M = Mistos.

4.3.3 Relação entre ambiente (IIH) e os Atributos Ecomorfológicas

As espécies que apresentaram correlação significativa entre os atributos e a integridade ambiental (IIH) estão na Tab. 8. *Trichomycterus pradensis* e *Mimagoniates microlepis* apresentaram correlação positiva com todos os atributos ecomorfológicos e o IIH, provavelmente devido a essas espécies serem encontradas somente em alguns pontos. Por serem todas correlações positivas, à medida que os valores do IIH aumentem, os desses atributos tendem a aumentar também. As espécies consideradas mais generalistas, como *Astyanax intermedius*, *Geophagus brasiliensis*, *Hyphessobrycon bifasciatus*, *Geophagus brasiliensis*, *Moenkhausia vitata* e *Poecilia vivipara*, apresentaram somente três correlações, conforme apresentado na Tab. 8. Já as espécies *Astyanax lacustris*, *Australoheros capixaba* e *Characidium* sp. apresentaram um número intermediário de correlações significativas. *A. lacustris* apresentou correlação com o ICC (Índice de Compreensão do Corpo), CRPC (Comprimento Relativo do Penduculo caudal), PRO (Posição Relativa dos Olhos), ambos positivos. Já os atributos ARND (Área Relativa da Nadadeira Dorsal), ARNC (Área Relativa da Nadadeira Caudal), CRC (Comprimento Relativo da Cabeça) e LRB (Largura Relativa da Boca), apresentam correlação negativa, ou seja, os valores desses atributos tendem à diminuir com o aumento do IIH.

Australoheros capixaba apresentou somente uma correlação positiva, com o atributo CF (Coeficiente de Finura), e três correlações negativas com os atributos AR (Altura Relativa), CRC (Comprimento Relativo da Cabeça) e IAV (Índice de Achatamento Ventral). Para *Characidium* sp. foram quatro correlações apresentadas, sendo duas positivas, IAV (Índice de Achatamento Ventral) e ARND (Área Relativa da Nadadeira Dorsal), e duas negativas, ARNP (Área Relativa da Nadadeira Peitoral) e CRC (Comprimento Relativo da Cabeça).

Tabela 8: Correlação dos atributos com o índice de integridade de hábitat - IIH. Os atributos que estão em destaque apresentam correlação significativa.

| Espécies | Atributos | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | ICC | AR | CRPC | ICPC | IAV | ARND | ARNP | ARNC | CRC | PRO | LRB | CF |
| <i>Astyanax lacustris</i> | ICC | AR | CRPC | ICPC | IAV | ARND | ARNP | ARNC | CRC | PRO | LRB | CF |
| | 0,306674 | 0,139213 | 0,462933 | -0,060833 | 0,020947 | -0,521289 | 0,019939 | -0,298532 | -0,327693 | 0,534379 | -0,342602 | 0,114379 |
| <i>Hyphessobrycon bifasciatus</i> | ICC | AR | CRPC | ICPC | IAV | ARND | ARNP | ARNC | CRC | PRO | LRB | CF |
| | 0,160113 | 0,187853 | -0,129397 | 0,185193 | -0,005605 | -0,123294 | 0,194099 | -0,312818 | 0,059432 | 0,654287 | 0,093754 | -0,133437 |
| <i>Astyanax cf. intermedius</i> | ICC | AR | CRPC | ICPC | IAV | ARND | ARNP | ARNC | CRC | PRO | LRB | CF |
| | -0,215380 | -0,218905 | -0,008736 | -0,299966 | -0,287689 | 0,002230 | -0,057397 | -0,209459 | 0,097493 | -0,131210 | 0,053361 | 0,213940 |
| <i>Trichomycterus pradensis</i> | ICC | AR | CRPC | ICPC | IAV | ARND | ARNP | ARNC | CRC | PRO | LRB | CF |
| | 0,650424 | 0,650539 | 0,611043 | 0,653955 | 0,658788 | 0,663924 | 0,565711 | 0,647922 | 0,669248 | 0,635257 | 0,673424 | 0,635002 |
| <i>Characidium sp.</i> | ICC | AR | CRPC | ICPC | IAV | ARND | ARNP | ARNC | CRC | PRO | LRB | CF |
| | -0,000397 | -0,096558 | 0,168868 | -0,053668 | 0,331008 | 0,395167 | -0,456300 | -0,021724 | -0,257910 | -0,168987 | -0,208504 | 0,072269 |
| Poecilia vivipara | ICC | AR | CRPC | ICPC | IAV | ARND | ARNP | ARNC | CRC | PRO | LRB | CF |
| | -0,127237 | -0,171132 | 0,082909 | -0,037313 | 0,305519 | 0,285485 | -0,180579 | 0,081596 | -0,372239 | -0,056934 | 0,053121 | 0,195010 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| <i>Geophagus brasiliensis</i> | | | | | | | | | | | | |
| | ICC | AR | CRPC | ICPC | IAV | ARND | ARNP | ARNC | CRC | PRO | LRB | CF |
| | -0,165571 | -0,196569 | 0,134301 | 0,093423 | -0,293518 | -0,213710 | 0,038738 | -0,110374 | -0,130312 | 0,150849 | 0,054386 | 0,218854 |
| <i>Australoheros capixaba</i> | | | | | | | | | | | | |
| | ICC | AR | CRPC | CF | LRB | PRO | CRC | ARNC | APNP | ARND | IAV | ICPC |
| | -0,214351 | -0,269369 | 0,049618 | 0,295975 | 0,167727 | -0,107275 | -0,227346 | -0,065678 | 0,093080 | 0,159152 | -0,273834 | -0,107206 |
| <i>Mimagoniates microlepis</i> | | | | | | | | | | | | |
| | ICC | AR | CRPC | ICPC | IAV | ARND | APNP | ARNC | CRC | PRO | LRB | CF |
| | 0,997877 | 0,997056 | 0,988487 | 0,934029 | 0,988866 | 0,994988 | 0,876758 | 0,991287 | 0,997612 | 0,972924 | 0,998003 | 0,994463 |
| <i>Moenkhausia vittata</i> | | | | | | | | | | | | |
| | ICC | AR | CRPC | ICPC | IAV | ARND | APNP | ARNC | CRC | PRO | LRB | CF |
| | 0,252922 | 0,252840 | 0,239953 | 0,405753 | 0,254938 | 0,251125 | 0,234976 | 0,252751 | 0,247832 | 0,274083 | 0,239373 | 0,256992 |

O ordenamento dos atributos com a velocidade da corrente identificou os atributos AR (Altura Relativa), ICC (Índice de Compreensão do Corpo) e CRC (Comprimento Relativo da Cabeça) mais aderentes ao PC1, todos com valores negativos, que apresentam maior relação com a diminuição da velocidade, indicando que a medida que a velocidade aumenta os atributos tendem a diminuir seus valores. O atributo CF (Coeficiente de Finura) também mostrou maior aderência ao primeiro eixo do PCA, porém com valor positivo.

No componente 2 (eixo PC2) temos maior aderência dos atributos ICPC (Índice de Compreensão do Pedúnculo Caudal) e CRPC (Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal) (ambos positivos) que estão mais relacionados à velocidade da corrente. Já no componente 3 (eixo PC3) os atributos ARND (Área Relativa da Nadadeira Dorsal) e IAV (Índice de Achatamento Ventral) mostram valores negativos.

Tabela 9: Contribuição dos três primeiros eixos da PCA do ordenamento dos atributos ecomorfológicos à velocidade da corrente. Em itálico estão os autovetores mais relevantes para a interpretação dos eixos significativos.

| Atributos | PC1 | PC2 | PC3 |
|------------------------|----------------|---------------|---------------|
| ARND | -0.1996 | 0.0596 | -0.556 |
| IAV | -0.0393 | 0.2202 | -0.532 |
| CF | 0.42178 | 0.0055 | -0.149 |
| ICPC | -0.0451 | 0.5551 | -0.1 |
| CRC | -0.4103 | 0.1611 | -0.095 |
| PRO | 0.24059 | 0.1624 | -0.037 |
| ICC | -0.4497 | 0.0154 | 0.0316 |
| AR | -0.4556 | 0.0243 | 0.0341 |
| LRB | -0.2731 | 0.2717 | 0.2328 |
| ARNC | 0.02144 | 0.3213 | 0.2961 |
| CRPC | 0.17021 | 0.5637 | 0.311 |
| APNP | -0.1966 | -0.303 | 0.3528 |
| Proportion of variance | 0.3791 | 0.1248 | 0.1222 |
| Cumulative proportion | 0.3791 | 0.5039 | 0.6261 |

5 DISCUSSÃO

Os padrões ecomorfológicos apresentam uma relação entre os atributos morfológicos e o hábitat das espécies estudadas.

As análises de PCA identificaram os atributos Altura Relativa (AR), Índice de Compreensão do Corpo (ICC), e Coeficiente de Finura (CF), como atributos importantes na estruturação ecomorfológica da comunidade de peixes nos ambientes estudados da bacia do rio Itaúnas. Enquanto os valores médios de cada atributo apresentaram relativa semelhança, quando analisados por espécie, o AR se mostrou um atributo importante para a maioria das espécies estudadas. Este resultado pode indicar que nos locais onde foi realizado o estudo, cujos ambientes possuem em geral pouca heterogeneidade (como na maior parte da bacia do rio Itaúnas), as espécies provavelmente compartilham um padrão ecomorfológico comum (Roa-Fuentes, 2011) e generalizado na bacia, provavelmente selecionado pela perda das características originais dos hábitats (e possivelmente de espécies mais exigentes), a qual influencia diretamente nos aspectos funcionais relacionados com a porção da coluna da água em que as espécies utilizam e com os recursos dos quais se alimentam. Isto vem sendo corroborado por trabalho realizado concomitantemente com este, nos mesmos pontos e com as mesmas espécies, cujos resultados vêm mostrando que as espécies estão se alimentando de forma similar (A. P. Bôa, comunicação pessoal). Este padrão de alimentação e atributos similares tem sido identificado em diversas comunidades de peixes de ambientes continentais alterados (Gatz, 1979; Watson & Balon, 1984; Wikramanayake, 1990; Casatti & Castro, 2006; Oliveira *et al.*, 2010; Roa-Fuentes, 2011).

Quando as espécies foram analisadas separadamente, destacou-se o atributo Altura Relativa - AR, sendo o que apresentou a maior variação para a maioria das espécies. A Altura Relativa pode garantir uma melhor manobra na coluna d'água, possibilitando que as espécies se alimentem e se posicionem em todos os níveis do estrato de água (Barreto, *et al.*, 2005), como observado em *Geophagus brasiliensis* e *Australoheros capixaba*. Este atributo está inversamente relacionado com ambientes de hidrodinamismo elevado e diretamente relacionado com a capacidade da espécie em realizar deslocamentos verticais (Gatz, 1979), como é o caso das espécies *Astyanax cf. intermedius*, *Hyphessobrycon bifasciatus*,

Moenkhausia vittata e *Leporinus copelandi*. Também vale mencionar o atributo Coeficiente de Finura - CF no primeiro eixo da PCA, que se mostrou importante para *Astyanax lacustris*, uma vez que esta característica indica um corpo eficiente para o nado, levando à diminuição na força de arrasto e a um bom desempenho hidrodinâmico, por conseguinte (Ohlberger *et al.*, 2006). Esse fato pode justificar o que foi observado em campo, onde a espécie só foi encontrada em ambientes de velocidade média.

O ambiente se encontra degradado e muito homogeneizado, o que explicaria o fato de o atributo AR possuir grande importância para a maioria das espécies e ambientes, por outro lado, o atributo CF passa a ser importante somente para espécies que necessitam de velocidade alta da correnteza, como *Characidium* sp. indicando peixes com bom nado ativo, o que é necessário para esses tipos de locais. Ao analisar as espécies por agrupamentos em guildas de hábitat, a dos nectônicos, composta exclusivamente por membros da ordem Characiformes, foi determinada por morfotipos que apresentaram boca em posição terminal, corpo e pedúnculo caudal comprimido (*i. e.*: achatados lateralmente). Estas características estão relacionadas com a ocupação de hábitats, com correnteza média e com a ocupação de diferentes setores nas dimensões longitudinais e laterais da coluna da água (Watson & Balon, 1984).

Por outro lado, a guilda dos peixes bentônicos foi composta por *Trichomycterus pradensis* (Siluriformes) e *Characidium* sp. (Chariformes), táxons que apresentam corpo cilíndrico relativamente baixo e boca em posição subterminal inferior em *T. pradensis* e terminal em *Characidium* sp. As semelhanças identificadas no corpo dos indivíduos desses táxons sugerem seu grande relacionamento às características do ambiente no qual foram encontradas, uma vez que tanto *T. pradensis* como *Characidium* sp. foram encontradas nos mesmos pontos, convivendo com as mesmas pressões ambientais. As características do corpo podem estar relacionadas com o nado próximo ao fundo ou para permitir uma melhor locomoção sobre o substrato (Gatz, 1979), além de facilitar a alimentação de itens encontrados nessa porção do hábitat (Casatti & Castro, 2006), o que facilita a ocupação destes ambientes do riacho por estas espécies. Por outro lado, as diferenças encontradas na posição da boca, podem estar associadas ao compartilhamento de nichos que essas espécies realizam, já que possibilitaria

que consumissem alimentos distintos no mesmo habitat, e isto é uma forma de evitar a competição entre estas espécies.

A guilda dos peixes que vivem em diferentes setores na coluna d'água, classificada como "mistos", contém todos seus integrantes pertencentes à família Cichlidae, sendo constituída por peixes que apresentam corpo alto, grandes nadadeiras, com pedúnculo caudal alto e comprimido, o que indica que esses peixes tenham preferência por ambientes de pouca correnteza (Watson & Balon, 1984), como observado no presente estudo.

A guilda das espécies que ocupam a superfície da coluna d'água, classificada como de "superfície", é composta por *Mimagoniates microlepis* (Characiformes) e *Poecilia vivipara* (Cyprinodontiformes). *P. vivipara* apresenta boca subterminal superior, corpo relativamente comprimido e pedúnculo caudal deprimido, sendo uma espécie que não demonstra preferência clara por itens alimentares e hábitat (Ventura, 2015). Já *M. microlepis* também apresenta boca em posição subterminal superior, mas com o corpo comprimido típico dos Characiformes, sendo uma espécie que apresenta preferência pela superfície e presença de sombreamento (Aranha *et al.*, 1998), demonstrando oportunismo na escolha dos itens alimentares, preferencialmente os alóctones que caem na superfície da água (insetos terrestres) e larvas aquáticas de insetos (Otto, 2006; Gonçalves, 2012). O ponto onde se encontra a espécie foi observado uma quantidade considerável de mosquitos o que justifica o resultado apresentado.

A análise de PCA entre as espécies e o ambiente identificou o Coeficiente de Finura como um atributo importante na estruturação ecomorfológica das espécies *Characidium* sp. e *Trichomycterus pradensis*. Esses dois táxons formaram um agrupamento, com espécies apresentando uma morfologia que indica maior propulsão, mas com maior arrasto sobre a capacidade de nado (Keast & Webb, 1966). Essas são espécies consideradas bentônicas que tendem a apresentar o nado descontínuo, com suas nadadeiras proporcionando equilíbrio, para pousar no fundo como em *Characidium* (Baumgartner, *et al.*, 2012), ou permanecer nas frestas como em *Trichomycterus* (Roldi *et al.*, 2011). Talvez estas sejam características que estejam relacionadas ao fato de ambas espécies normalmente terem sido encontradas em ambientes com velocidade média a alta, também esta

característica funcional pode sustentar a hipótese de que possam consumir itens levados pela corrente e que se fixam no substrato, como algas e insetos aquáticos em riachos. Essas duas espécies vivem em contato direto com o substrato (Baumgartner, *et al.*, 2012, Rondi *et al.* 2011) e tendem a ser mais seletivas a ele, se comparado com as espécies que vivem na superfície ou no meio da coluna d'água, o que é esperado, pois estas podem apresentar adaptações morfológicas e comportamentais mais relacionadas ao substrato. Esta seletividade aumenta o padrão de exigência ambiental, o que justificaria o fato dessas espécies terem sido registradas somente em alguns pontos da bacia.

O rio Itaúnas não apresentou heterogeneidade de substrato na maioria dos ambientes analisados, o que dificulta a possibilidade de utilização do espaço pelas espécies (Barreto, *et al.*, 2005), e assim a maioria delas ocupa os mesmos ambientes e estão sujeitas às mesmas pressões ambientais. A disponibilidade de substratos heterogêneos que permitam a ocupação diferenciada em substratos preferenciais é de extrema importância para os peixes (Paula, 2010), pois aumenta a qualidade ambiental e possibilita a ocorrência de maior diversidade de espécies, sendo fundamental nas ações de conservação para a bacia do rio Itaúnas.

A vegetação da margem é muito alterada e homogênea, a maioria das margens dos pontos estudados apresentou gramíneas e pequenas árvores. A presença de mata ciliar é importante, pois influencia na disponibilidade espacial e temporal dos recursos alimentares e na criação de micro-habitats através das folhas e galhos caídos na água e até mesmo pelo fornecimento de matéria orgânica (Boyle & Horn, 2006). Devido ao rio quase não possuir mais vegetação marginal, acaba acarretando dificuldades no acesso aos alimentos de origem alóctone (terrestre), o que afeta consideravelmente a estrutura trófica e os locais de preferência dos peixes na coluna d'água (Pusey & Arthington, 2003). A zona vegetada possui uma variedade de invertebrados que servem de alimento para os peixes (Vaz, *et al.*, 2018) e possibilita que eles não tenham de se deslocar para buscar seu alimento em outros locais (Uieda & Motta, 2007), como no meio da coluna d'água ou no substrato e até mesmo migrando para outras áreas em que não estão em seu ótimo ecológico.

Foi verificado que quando testada a correspondência dos atributos com o padrão de velocidade água (lenta, média ou rápida), houve o agrupamento do atributo Coeficiente de Finura – CF com a velocidade da água. Esse atributo está correlacionado com espécies que apresentam preferência por ambientes com corredeiras (velocidade alta) (Roa-Fuentes, 2011). Esse resultado é relevante, pois indica que as espécies que apresentam essa característica funcional estão localizadas em ambientes com velocidade alta, como *Characidium* sp., por ex. Entretanto, como esta espécie ainda não foi descrita, a diferença encontrada também pode estar relacionada à possibilidade de haver mais de uma espécie do gênero na bacia, o que ainda precisa ser mais bem compreendido, ressaltando-se que esta é uma das regiões do estado menos estudadas (Sarmiento-Soares, 2012) e cujos estudos ictiofaunísticos ainda insipientes. Este fato reforça a importância da preservação desses locais na sobrevivência das espécies com esses padrões ecomorfológicos, visto que ambientes com corredeiras são (ou estão) raros no rio Itaúnas (Gomes, 2017), o que justifica o fato de se encontrar poucas espécies que apresentam grande importância do atributo CF neste estudo, já que são poucos os locais com corredeira. A perda dos ambientes com velocidade elevada se deve em grande parte ao intenso assoreamento que o rio vem sofrendo e com a perda de sua vegetação natural (ANA, 2009; AGERH, 2018). Com a perda paulatina desses ambientes pela alteração ambiental, pode estar havendo um processo artificial de “seleção de formato”, o que pode ser uma das causas de diminuição de diversidade morfológica das espécies, levando, por conseguinte a um processo de extinção seletiva e empobrecimento da comunidade de peixes da bacia do rio Itaúnas.

A análise de correlação dos atributos com os descritores ambientais evidencia que a espécie *Mimagoniates microlepis* apresenta correlação positiva com todos os atributos relacionados com a condição estrutural do hábitat, possivelmente por ser uma espécie especialista que tende a sofrer mais com as alterações ambientais. Assim, essa correlação resulta em uma concordância das características morfológicas da espécie que podem ser suscetíveis ao ambiente, sendo mais vulneráveis às mudanças físicas do hábitat (Ribeiro, *et al.*, 2016). A espécie *Trichomycterus pradensis* também apresentou correlação positiva com todos os atributos, porém acredita-se que seja devido a sua ocorrência limitada,

pois necessita de características específicas de hábitat, como substrato heterogêneo. Já as espécies *Hyphessobrycon bifasciatus*, *Astyanax* cf. *intermedius* e *Poecilia vivipara* apresentaram somente três correlações entre os 12 atributos testados, possivelmente por serem espécies mais generalistas. As espécies *H. bifasciatus* e *A. intermedius* são da mesma ordem e mostram um padrão morfológico semelhante, apresentando o atributo Altura Relativa – AR, como o mais importante, e provavelmente por essa razão apresentaram baixa correlação entre os atributos e o IIH (Montaña & Winemiller, 2010). Estes resultados sugerem que as espécies encontradas em um maior número de pontos apresentam baixa correlação entre os atributos e o IIH, já as espécies encontradas em um menor número de pontos ou em somente um, mostraram maior correlação entre atributo e integridade ambiental.

Em praticamente todos os pontos foi observado um domínio de poucas espécies (= “formas”) como, por exemplo: *Poecilia vivipara*, *Geophagus brasiliensis* e *Astyanax* cf. *intermedius*. Vale ressaltar também a redução da ocorrência de espécies que anteriormente eram encontradas no morfoespaço (espaço do nicho que é ocupado por uma assembléia local) e atualmente não mais o são, como por exemplo, a espécie *Mimagoniates microlepis* que foi encontrada em somente um ponto e anteriormente era encontrada em outros locais (Gomes, 2017), bem como as espécies *Mimagoniates sylvicola* (Sarmiento-Soares & Martins-Pinheiro, 2006; Gomes, 2017) e *Rachoviscus graciliceps* (Sarmiento-Soares & Martins-Pinheiro, 2006), duas espécies que constam da lista oficial das espécies ameaçadas de extinção, respectivamente nas Categorias Vulnerável e Em Perigo (MMA, 2014). A mais importante característica destas espécies é a dependência da floresta, pois é desse local que retiram boa parte de sua alimentação, como os insetos terrestres (Otto, 2006; Barrella *et al.* 2001). Deste modo, o desaparecimento da mata ciliar tende a intervir de forma negativa nos indivíduos que dependem de alimentos de origem alóctone (Neves, *et al.*, 2016) devido à perda de vegetação da margem, o que limita o acesso a esse tipo de alimento. Esses padrões revelam que a morfologia tem refletido os aspectos de uso do hábitat e possivelmente pode estar associada aos hábitos alimentares das espécies (Manzoni, *et al.*, 2010).

As margens dos corpos d'água nos pontos estudados são utilizadas frequentemente para pastagem, plantações de eucalipto, pimenta do reino, cana de açúcar e mamão. Na maioria dos pontos não há presença de cobertura vegetal significativa e o solo é basicamente seco, com presença predominante de areia. Essas são características que favorecem o assoreamento (Casatti, *et al.* 2006), o que é confirmado pelo que já se observa na bacia. Os solos arenosos e sem presença de mata ciliar são mais suscetíveis à erosão por escoamento superficial (Cunha & Guerra 1998; Casatti, *et al.* 2006), podendo assim diminuir os microhábitats utilizados pelos peixes. Muitos peixes de água doce apresentam preferências por microhábitats ligados à velocidade da água, profundidade e substrato rico (Lamouroux *et al.*, 1999; Leal *et al.*, 2011), as características morfológicas e a história ecológica das espécies também determinam seu local e suas habilidades para lidar com as condições ambientais locais (Blanck *et al.*, 2007).

A maioria dos ambientes estudados possui poucas diferenças em termos de substrato, velocidade, vegetação e mesmo ITH, mas foi observada visualmente uma distinção ambiental entre os pontos 2 e 5 e os demais, pois o ponto 2 apresenta velocidade alta, substrato composto basicamente por pedras, rochas e areia, enquanto o ponto 5 apresenta um ambiente com presença de mata ciliar, água mais fria (quando foi possível medir, chegou a 18°C) e substrato com alta concentração de matéria orgânica em decomposição e areia. Os padrões encontrados nos pontos 2 e 5, não são comuns na bacia do Itaúnas. Possivelmente esse padrão observado seja responsável pela ocorrência de *Mimagoniates microlepis* somente no ponto 5 e a maior abundância de *Characidium* sp. e *Trichomycterus pradensis* no ponto 2.

É difícil isolar os efeitos das condições físicas do ambiente (vegetação da margem, substrato e velocidade) dos efeitos antrópicos sobre o ambiente, e como isso influenciaria na distribuição das espécies (Lamouroux *et al.* 1999). Na maioria dos pontos analisados o substrato se mostrou homogêneo de forma geral. Segundo Jackson (2001), é importante um substrato que apresente heterogeneidade, como presença de rochas e pedras (somente alguns pontos apresentaram essa característica). Rios que sofrem com o assoreamento apresentam geralmente um substrato cada vez mais homogêneo sendo

constituído basicamente por partículas mais finas, como areia (Casatti, *et al.*, 2006), que é o caso da bacia do rio Itaúnas.

Devido aos impactos que o rio vem sofrendo ao longo dos anos, os microhábitats vêm sendo perdidos e a fauna de peixes tem se simplificado (Almeida, 2016), o que aparentemente vem se refletindo na morfologia pela redução ou mesmo eliminação de formas mais especializadas, como por exemplo a forma de corpo deprimido (*e. g.*: cascudos). Como a morfologia está diretamente ligada ao uso do hábitat e ao nicho, a alteração dos hábitats pode afetar diretamente as espécies (Gatz, 1979), o que parece estar sendo observado na bacia do rio Itaúnas, já que as espécies de corpo deprimido, que são geralmente as espécies pertencentes aos da ordem Siluriformes, foram encontradas em menor número quando comparadas às demais, pois esses indivíduos apresentam preferência por ambientes com substrato heterogêneo. Os ambientes mais heterogêneos têm interferência no padrão de distribuição das espécies, o que influencia diretamente a biodiversidade do ecossistema (Teresa & Casatti, 2013) e a composição da comunidade. A espécie encontrada em maior abundância na bacia foi *Poecilia vivipara*, e se acredita que a dominância desta espécie seja favorecida por respostas adaptativas à hipoxia (Kramer & Mehegan, 1981) e à capacidade de sobreviver em ambientes com baixa qualidade estrutural do hábitat (Ventura, 2015).

Apesar das espécies estudadas fazerem parte da mesma bacia, e a bacia possuir ambientes muito semelhantes (mas não iguais), foram observadas diferentes comunidades em cada ponto, fato que provavelmente se deve às diferenças ambientais locais e às interações inter e intraespecíficas que provavelmente determinam as espécies que farão parte da comunidade (Jackson *et. al.*, 2001). Entretanto, a urbanização e o desmatamento próximos a áreas de ecossistemas aquáticos têm o potencial de provocar alterações na qualidade da água (Abreu e Cunha, 2015), diminuição de espécies seletivas (como seria o caso de *Mimagoniates microlepis*, *Acentronichthys leptos*, *Mimagoniates sylvicola* e *Rachoviscus graciliceps* (Sarmiento-Soares, 2012; Gomes, 2017), e aumento das mais tolerantes (Alexandre *et al.*, 2010), como a alta dominância de *Poecilia vivipara*, *Geophagus brasiliensis* e *Astyanax cf. intermedius* observada neste estudo. Somando-se a isso, a elevada concentração de nutrientes e

contaminantes como esgoto e agrotóxicos (AGERH, 2018), sugere estar gerando consequências à bacia hidrográfica e conseqüentemente também teria potencial para alterar a distribuição de espécies (Meyer *et al.*, 2005).

A bacia apresentou um padrão de espécies mais generalistas e características ecomorfológicas semelhantes, como por exemplo, o atributo AR aparecendo como importante para a maioria das espécies das comunidades estudadas. Assim, o padrão mais generalizado encontrado pode estar indicando que o ambiente esteja passando por uma possível perda de habitats devido às pressões antrópicas (Rahel, 2002; Roa-Fuentes, 2011), o que está diretamente associado ao mal estado de conservação da bacia do rio Itaúnas (AGERH, 2018), com sinais de assoreamento, ausência da mata ciliar e poluição.

6 CONCLUSÕES

De modo geral, os atributos ecomorfológicos se mostram relacionados à integridade ambiental, e assim é possível pressupor as espécies da ictiofauna que farão parte da comunidade do riacho de acordo com suas características ambientais, de modo que esses habitats devem ser preservados ou restaurados para garantir a permanência dessas espécies na bacia e a volta de espécies que existiam anteriormente.

O mal estado de conservação da bacia do rio Itaúnas parece explicar o padrão de espécies generalistas e atributos ecomorfológicos semelhantes observados, indicando que o local pode estar sofrendo com a degradação de habitats devido às pressões antrópicas, como desmatamento e assoreamento.

7 REFERÊNCIAS

Abreu & Cunha, 2015. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari. *Biota Amazônica*. v. 5, n. 2, p. 119-131.

AGERH – Agência Estadual de Recursos Hídricos. 2018. Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na bacia hidrográfica do rio Itaúnas.

Disponível

em:

<https://agerh.es.gov.br/cbh-itaunas>. Acesso em Setembro de 2018.

Almeida, C. A. C. 2016. Impactos da ação humana sobre a ictiofauna do Rio Capibaribe: percepção, degradação e conservação. Tese (Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ANA – Agência Nacional de Águas. 2009. Bacias hidrográficas do Atlântico Sul – trecho leste. Sinopse de informações do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Sergipe. In: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – CD nº 4. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/doc/BHASLeste/index.htm>. (Acesso em Setembro de 2017).

Aranha, J.M.R.; D.F. Takeuti & T. Yoshimura. 1998. Hábitat use and food partitioning of the fishes in the Mergulhão stream (coastal stream of Atlantic Forest, Brazil). *Revista de Biologia Tropical*, San José, 46(4): 951-959.

Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder & J.B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, 2nd edition. EPA 841-B-99-002. U. S. Environmental Protection Agency; Office of Water, Washington, DC.

Barreto, A. P.; Aranha, J. M. R. 2005. Assembleia de peixes de um riacho da Floresta Atlântica: composição e distribuição espacial (Guaraqueçaba, Paraná, Brasil). *Acta Scientiarum Biological Sciences*, v.27, n.2, p153-160.

Barreto, A. P.; Aranha, J. M. R. 2006. Alimentação de quatro espécies de Characiformes em um riacho da Floresta Atlântica, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23 (3): 779-788.

Baumgartner, G., Pavanelli C. S., Gasparetto, A. B., Frana, V. A. 2012. Peixes do baixo rio Iguaçu. Maringá: Eduem. Characiformes. pp. 57-100.

Beaumord, A.C. & Petrere Jr, M. 1994. Comunidades de peces del rio Manso, Chapada dos Guimarães, MT, Brasil. *Acta Biologica Venezuelica*, 15(2): 21-35.

- Begon, M.; Townsend, C.R. Harper, J. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Oxford: Blackwell, 4^o Edição.
- Block, W.M., L.A. Brennan & R.J. Gutiérrez. 1991. Ecomorphological relationships of a guild of ground-foraging birds in northern California, USA. *Oecologia*.
- Boyle, K.S. & M.H. Horn. 2006. Comparison of feeding guild structure and ecomorphology of intertidal fish assemblages from central California and central Chile. *Marine Ecology Progress Series*, 319: 65-84.
- Bührnheim, C.M. & Cox-Fernandes, C. 2003. Structure of fish assemblages in Amazonian rain-forest streams: effects of habitats and locality. *Copeia*, 2: 255-262.
- Casatti, L. & R.M.C. Castro. 2006. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 4(2): 203-214.
- Casatti, L., Ferreira, C.P. & Carvalho, F.R. 2009. Grass-dominated stream sites exhibit low fish species diversity and dominance by guppies: an assessment of two tropical pasture river basins. *Hydrobiologia*, 632: 273-283.
- Chakrabarty, P. 2005. Testing about morphological diversity in Cichlids of lakes Malawi and Tanganyika. *Copeia*, 2005(2): 359-373.
- Diaz, S. & Cabido, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecol. Evol.* 16(8):646-655.
- Gatz, A. J. 1979. Ecological morphology of freshwater stream fishes. *Tulane Studies in Zoology and Botany* 21(2):91-124.
- Gonçalves, C. S. 2012. Distribuição e alimentação de peixes em riachos costeiros de Mata Atlântica, sudeste do estado de São Paulo. Tese de doutorado.
- Gomes, T. S., 2017. Caracterização ictiológica e ambiental da bacia do rio itaúnas, ES. Monografia do Curso de Ciências Biológicas. UFES, São Mateus.
- Gorman, O.T.; Karr, J. R. 1978. Habitats structure and stream fish communities. *Ecology*, Washington, v. 59, p. 507-515.

- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Jackson, J. B.C., *et al.* 2001. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science, New Series*, Vol. 29, pp. 629-638.
- Karr, J.R. & F.C. James. 1975. Eco-morphological configurations and convergent evolution in species and communities. Pp. 258-291, In: Cody, M.L. & J.M.
- Keast, A. & D. Webb. 1966. Mouth and body form relative to feeding ecology in the fish fauna of a small lake, Lake Opinicon, Ontario. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 23: 1845-1874.
- Lamouroux, N., H. Capra, M. Pouilly, and Y. Souchon. 1999. Fish habitat preferences at the local scale in large streams of southern France. *Freshwater Biology* 42:673–687.
- Leal, C., N. Junqueira & P. Pompeu. 2011. Morphology and habitat use by fishes of the Rio das Velhas basin in southeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 90: 143-157.
- Lowe-McConnell, R.H. 1975. *Fish Communities in Tropical Freshwaters. Their Distribution, Ecology and Evolution*. Longman, London, 337 p.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2014. Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçadas de Extinção. Portaria nº 43, de 31 de janeiro de 2014. Imprensa Nacional.
- Manzoni, R., Moraes, M., Rezende, C.F., & Miranda, J.C. 2010. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto rio Tocantins, Goiás, Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, 100(2):162-168.
- Montana C., G, Winemiller K.,O. 2010. Local-scale habitat influences morphological diversity of species assemblages of cichlid fishes in a tropical floodplain river. *Ecology of Freshwater Fish*.
- Motta, P.J., S.F. Norton & J.J Luczkovich. 1995. Perspectives on the ecomorphology of bony fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 44: 11-20.

- Motta, P.J.; Kotrschal, K.M. 1992. Correlative, experimental, and comparative evolutionary approaches in ecomorphology. *Neth. J. Zool.* 42(2-3): 400-415.
- Neves, R. C; Teresa, F. B.; Zeni, J. O. 2016. Influência do desmatamento sobre a alimentação de uma espécie de peixe generalista. *Anal do III Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG.*
- Nessimian J. L., E. M. Venticinque, J. Zuanon, P. D. Marco, M. Gordo, L. Fidelis, J. D. Batista & L. Juen. 2008. Land use, hábitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 614:117-131.
- Oliveira, E.F., E. Goulart, L. Breda, C.V. Minte-Vera, L.R.S. Paiva & M.R. Vismara. 2010. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. *Neotropical Ichthyology*, 8(3): 569-586.
- Otto, G. 2006. Ecologia trófica de duas espécies de *Mimagoniates* (Characiformes: Characidae: Glandulocaudinae) em riachos de restinga na ilha de São Francisco – SC. Dissertação de Mestrado.
- Paula, F. R. 2010. Diversidade das comunidades de peixes de riachos em função da estrutura da paisagem em microbacias da bacia do rio Corumbataí, SP. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro.
- PERH/ES – Plano de recursos hídricos do Espírito Santo. 2017. Disponível em: <https://perh.es.gov.br/Not%C3%ADcia/sociedade-da-bacia-do-rio-itaunas-participa-de-debate-sobre-recursos-hidricos>. Acesso: Janeiro, 2018.
- 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(6):1137-1158
- Pusey, B.J & A.G. Arthington, 2003. Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review. *Marine and Freshwater Research*, 54: 1-16.

Ribeiro, M. D., Teresa B. F., Casatti, L. 2016. Use of functional traits to assess changes in stream fish assemblages across a habitat gradient. *Neotropical Ichthyology*, 14(1).

Roa-Fuentes, Camilo Andrés. 2011. Estrutura ecomorfológica e trófica de peixes de riachos: comparação entre ambientes com diferentes graus de conservação e entre bacias hidrográficas. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São Paulo.

Rondi, M.M.C; Sarmiento-Soares, L. M; Pinheiro, R.F.M; e Lopes, M. M. 2011. Os *Trichomycterus* das drenagens fluviais no Espírito Santo, Sudeste do Brasil (Siluriformes: Trichomycteridae). *Sociedade Brasileira de Ictiologia*, Nº 103.

Sarmiento-Soares, L. M. & R. F. Martins-Pinheiro. 2006. *Rachoviscus graciliceps* (Characidae: Incertae Sedis) sobrevivente nos pequenos riachos do extremo sul da Bahia, Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia*, João Pessoa, nº85.

Sarmiento-Soares, L. M. & R. F. Martins-Pinheiro. 2012. A fauna de peixes nas bacias do norte do Espírito Santo, Brasil. *Sitientibus série Ciências Biológicas*, 12: 27-52.

Sampaio, A. L. A. & Goulart, E. 2011. Ciclídeo neotropicais: ecomorfologia trófica. *Oecologia Australis* 15(4): 775-798.

Santos, A. B. I.; Camilo, F. L.; Albieri R. J.; Araujo F. G. 2011. Morphological patterns of five fish species (four characiforms, one perciform) in relation to feeding habits in a tropical reservoir in south-eastern Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*,, p. 1-5

Schneider, K.N. & Winemiller, K.O. 2008. Structural complexity of woody debris patches influences fish and macroinvertebrate species richness in a temperate floodplain- river system. *Hydrobiologia*, 610: 235-244.

Sterz, C., Roza-Gomes, F. M., Rossi, E. M., 2011. Análise microbiológica e avaliação de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água do Riacho Capivara, município de Mondaí, SC.

Teresa, F. B. & L. Casatti. 2010. Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5: 444-453.

Uieda, V. S., & Motta, R. L. 2007. Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review. *Acta Limnologica Brasiliensia* 19, 15-30.

Vaz, A. A; Stefani, M. S; Smith, W. S. 2018. Assembleia de peixes em um riacho tropical e os recursos alimentares explorados sob influência de mata ripária com presença de *Eucalyptus grandis*. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources* 6(1) 61-73.

Ventura, L. C. 2015. O efeito da salinidade em *Poecilia vivipara* bloch & schneider 1801 (poeciliidae): explorando as variações no provisionamento materno e outras táticas reprodutivas. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Watson, D.J. & E.K. Balon. 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *Journal of Fish Biology*, 25: 371-384.

Webb, P.W. 1977. Effects of median-fin amputation on fast-start performance of rainbown trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of Experimental Biology*, 68: 123-135.

Willis, S.C., K.O. Winemiller & H. López-Fernández. 2005. Hábitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river. *Oecologia*, 142: 284-295.

Winemiller, K.O., 1991. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. *Ecological Monographs*, vol. 61, no. 4, pp. 343-365.

Wikramanayake, E.D. 1990. Ecomorphological and biogeography of a tropical stream fish assemblage: Evolution of assemblage structure. *Ecology*, 71: 1756-1764.

ANEXOS

Anexo 1: Índice de Integridade de Hábitat (IHH), (Nessimian *et al.*, 2008)

| Padrão de uso da terra além da zona ripária: | |
|--|---|
| Floresta primária contínua / fragmento de 1.000.000 m ² / fragmento 100.000m ² | 6 |
| Floresta secundária alta/Floresta secundária mista | 5 |
| Floresta secundária baixa | 4 |
| Pastagem | 3 |
| Culturas perenes | 2 |
| Culturas de ciclo curto / solo exposto | 1 |

| Largura da mata ciliar: | |
|---|---|
| Floresta contínua | 6 |
| Floresta com largura entre 30 e 100 m | 5 |
| Floresta com largura entre 5 e 30 m | 4 |
| Floresta com largura entre 1 e 5 m | 3 |
| Floresta ripária ausente, mas com algumas espécies arbustivas e árvores pioneiras | 2 |
| Mata ciliar e vegetação arbustiva ausentes | 1 |

| Integralidade da mata ciliar: | |
|--|---|
| Mata ciliar intacta, sem pausas na vegetação | 4 |
| Interrupções ocorrendo em intervalos de 50 m | 3 |
| Pausas frequentes com erosões e machas a cada 50 m | 2 |
| Profundamente marcado por erosões ao longo de todo o seu comprimento | 1 |

| Vegetação da zona ripária a menos de 10 m de canal: | |
|---|---|
| Mais de 90% da densidade de plantas constituída por árvores não pioneiras ou arbustos | 4 |
| Misto de espécies pioneiras e árvores maduras | 3 |
| Misto de gramíneas, árvores pioneiras esparsas e arbustos | 2 |
| Gramíneas e alguns arbustos | 1 |

continua

Dispositivos de retenção:

| | |
|--|---|
| Canal com pedras e/ou troncos velhos firmemente fixados no local | 4 |
| Rochas e/ou trocos presentes, mas cobertos com sedimento | 3 |
| Dispositivos de retenção soltos, que se movem com o fluxo | 2 |
| Canal com areia e poucas obstruções | 1 |

Sedimentos do Canal:

| | |
|--|---|
| Pouco ou nenhum alargamento do canal resultante do acúmulo de sedimentos | 4 |
| Algumas pedras e pouco silte | 3 |
| Sedimento formado por pedras; areia e silte comuns | 2 |
| Canal com presença de ilhas ou com fluxo alterado | 1 |

Estrutura do banco:

| | |
|--|---|
| Bancos pouco visíveis | 5 |
| Bancos estáveis, formados por rochas e solo firme, apresentando gramíneas, arbustos ou raízes de árvores | 4 |
| Bancos firmes, mas nem sempre mantidos por gramíneas e arbustos | 3 |
| Bancos de terra solta mantidos por uma camada esparsa de gramíneas e arbustos | 2 |
| Bancos instáveis, facilmente alteráveis, com terra solta ou areia | 1 |

Erosão:

| | |
|---|---|
| Pouca, não evidente ou restrita a áreas com apoio da raiz | 4 |
| Somente em curvas e estreitamentos | 3 |
| Frequente, erosão das margens e raízes | 2 |
| Erosão severa ao longo do canal, queda de bancos | 1 |

Leito do rio:

| | |
|---|---|
| Fundo de pedra de vários tamanhos, interstícios evidentes | 4 |
| Fundo de pedras que se movem com facilidade, com pouco silte | 3 |
| Fundo de silte, cascalho e areia, estável em alguns lugares | 2 |
| Fundo instável e uniforme de areia e silte, substrato rochoso ausente | 1 |

Continua

| Corredeiras e piscinas, ou meandros: | |
|---|---|
| Distintos, ocorrendo em intervalos de 5-79 de largura | 4 |
| Irregularmente espaçados | 3 |
| Piscinas longas separam corredeiras curtas, meandros ausentes | 2 |
| Meandros e corredeiras/piscinas ausentes | 1 |

| vegetação aquática: | |
|--|---|
| Quando presente, consiste de musgos e manchas de algas | 4 |
| Algas dominantes em piscinas, plantas vasculares ao longo da borda | 3 |
| Tapetes de algas presentes, algumas plantas vasculares, poucos musgos | 2 |
| Tapetes de algas cobrem a parte inferior, plantas vasculares dominam o canal | 1 |

| Detrito: | |
|---|---|
| Consistindo principalmente de folhas e madeira, sem sedimento | 5 |
| Consistindo principalmente de folhas e madeira, com sedimento | 4 |
| Poucas folhas e madeira, detritos orgânicos, com sedimento | 3 |
| Sem folhas, galhos e troncos, matéria orgânica fina e grossa, com sedimento | 2 |
| Sedimento anaeróbico fino, sem matéria orgânica grossa | 1 |

Anexo 2: Média dos 12 atributos ecomorfológicos das espécies analisadas para a bacia do Rio Itaúnas, Espírito Santo, Brasil.

| | ICC | AR | CRPC | ICPC | IAV | ARND | APNP | ARNC | CRC | PRO | LRB | CF |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Astyanax lacustris</i> | 0,2974 | 0,3722 | 0,0819 | 3,6869 | 0,5593 | 0,0552 | 3,2952 | 0,1657 | 0,293 | 0,351 | 0,0943 | 1,4666 |
| <i>Leporinus copelandi</i> | 0,2261 | 0,2818 | 0,0853 | 4,2621 | 0,5569 | 0,0744 | 2,6218 | 0,1985 | 0,3026 | 0,5883 | 0,0714 | 1,696 |
| <i>Hyphessobrycon bifasciatus</i> | 0,296 | 0,3676 | 0,0717 | 3,6796 | 0,5331 | 0,0679 | 3,2403 | 0,1683 | 0,262 | 0,3978 | 0,0765 | 1,481 |
| <i>Astyanax intermedius</i> | 0,2612 | 0,3229 | 0,0909 | 4,2809 | 0,5324 | 0,0553 | 3 | 0,1726 | 0,2641 | 0,3889 | 0,0802 | 1,5882 |
| <i>Trichomycterus pradensis</i> | 0,111 | 0,1274 | 0,1452 | 4,6487 | 0,6066 | 0,0644 | 1,505 | 0,1357 | 0,1833 | 0,6361 | 0,0757 | 2,5741 |
| <i>Characidium sp.</i> | 0,1461 | 0,1754 | 0,1315 | 3,8232 | 0,5926 | 0,0986 | 2,1915 | 0,1682 | 0,2086 | 0,4567 | 0,0459 | 2,077 |
| <i>Poecilia vivipara</i> | 0,2016 | 0,25 | 0,3823 | 5,1703 | 0,5561 | 0,0402 | 2,4049 | 0,2246 | 0,2504 | 0,4893 | 0,0861 | 1,7987 |
| <i>Geophagus brasiliensis</i> | 0,3077 | 0,3886 | 0,126 | 4,2866 | 0,633 | 0,1203 | 2,8197 | 0,1666 | 0,3509 | 0,3922 | 0,0958 | 1,4315 |
| <i>Australoheros capixaba</i> | 0,3426 | 0,433 | 0,1031 | 5,983 | 0,6005 | 0,1244 | 2,3887 | 0,16 | 0,3644 | 0,3838 | 0,0798 | 1,3547 |
| <i>Mimagoniates microlepis</i> | 0,1956 | 0,2503 | 0,0775 | 4,5358 | 0,5199 | 0,0445 | 2,663 | 0,2109 | 0,2357 | 0,3798 | 0,0749 | 1,7714 |
| <i>Moenkhausia vittata</i> | 0,2714 | 0,3384 | 0,0769 | 3,2166 | 0,5161 | 0,069 | 3,3077 | 0,1753 | 0,2759 | 0,5053 | 0,0892 | 1,541 |
| <i>Corydoras nattereri</i> | 0,2348 | 0,3098 | 0,1155 | 3,0153 | 0,5772 | 0,15 | 2,0573 | 0,2318 | 0,2676 | 0,3226 | 0,0909 | 1,5843 |

ICC: Índice de Compreensão do corpo; **AR:** Altura Relativa; **CRPC:** Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal; **ICPC:** Índice de compreensão do Pedúnculo Caudal; **IAV:** Índice de Achatamento Ventral; **ARND:** Área Relativa da Nadadeira Dorsal; **APNP:** Área Proporcional da Nadadeira Peitoral; **ARNC:** Área Relativa da Nadadeira Caudal; **CRC:** Comprimento Relativo da Cabeça; **PRO:** Posição Relativa dos Olhos; **LRB:** Largura Relativa da Boca; **CF:** Coeficiente de Finura.

Anexo 3: Espécies de peixes coletadas no rio Itaúnas. Fotos: Costa, L.P.

