

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
LABORATÓRIO DE ICTIOLOGIA E ICTIOPLÂNCTON**

RAPHAEL MARIANO MACIEIRA

**Aspectos da Ictiofauna do Sistema Estuarino dos
Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim, ES**

VITÓRIA

2005

RAPHAEL MARIANO MACIEIRA

Aspectos da Ictiofauna do Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim, ES

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do grau de bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof Dr Jean-Christophe Joyeux

VITÓRIA

2005

Aspectos da Ictiofauna do Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim, ES.

por

Raphael Mariano Macieira

Submetido como requisito parcial para a obtenção de grau de

Oceanógrafo

na

Universidade Federal do Espírito Santo

Outubro de 2005

© Raphael Mariano Macieira

Por meio deste, o autor confere ao Colegiado do Curso de Oceanografia e ao Departamento de Ecologia e Recursos Naturais da UFES permissão para reproduzir e distribuir cópias parciais ou totais deste documento de monografia para fins não comerciais.

Assinatura do autor
Curso de graduação em Oceanografia
Universidade Federal do Espírito Santo
23 de dezembro de 2005

Certificado por
Jean-Christophe Joyeux
Prof. Adjunto / Orientador
CCHN/DERN/UFES

Certificado por
Gilberto Fonseca Barroso
Prof. Adjunto / Examinador interno
CCHN/DERN/UFES

Certificado por
João Luiz Rosetti Gasparini
Prof. Associado / Examinador interno
CCHN/DERN/UFES

Aceito por
RDR Ghisolfi
Prof. Adjunto / Coordenador do Curso de Oceanografia
Universidade Federal do Espírito Santo
CCHN/DERN/UFES

Dedicatória

Este trabalho é dedicado aos meus pais, que são os maiores responsáveis pelas conquistas que obtive, pois sempre foram exemplos de persistência, dedicação e caráter.

Agradecimentos

Aos meus pais José e Sônia por serem pais maravilhosos e exemplo de pessoas.

A minha irmã Fernanda por fazer parte das pessoas que me apóiam e dão força para continuar.

Ao meu amor Ivie pelo carinho, amor, paciência e companheirismo.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram e compreenderam minhas ausências.

Aos meus orientadores Dr. Jean-Christophe Joyeux e João Luiz Gasparini pela amizade, confiança, momentos de alegria e pelos preciosos ensinamentos transmitidos, pelo que serei sempre grato. Foram e serão sempre insubstituíveis na minha vida profissional.

A Leandro P. Chagas meu amigo e companheiro de pesquisa pela amizade, paciência e presteza em me ensinar Cálculo e Física.

A Sergio R. Floeter que sempre me incentivou e apoiou durante esta jornada, compartilhando seus conhecimentos.

Aos amigos pesquisadores Alfredo Carvalho-Filho, Carlos Eduardo Leite Ferreira (Cadu), Ivan Sazima, James Van Tassell, Osmar Luiz Junior e Robson Tamar da Costa Ramos pelos valiosos ensinamentos.

Aos amigos do Laboratório de Ictioplâncton e Ictiologia, Bruno, Ligia, Rafael Oliveira, Leo, Caio, Thiony e Victor pela agradável convivência.

Aos amigos do Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, em especial a Wallace, pelo apoio e pelos momentos de alegria.

Aos amigos Eduardo R. S. de Almeida (Xuxa), Eduardo Costa Gomes, Ana Claudia, Karol Machado, Marcel e Caio Pimentel pela valiosa e indispensável ajuda nas saídas de campo.

Ao PADCT - Projeto do Milênio - Uso e Apropriação de Recursos Costeiros, Grupo Biodiversidade e Qualidade Ambiental pelo financiamento do projeto.

Ao IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis pela licença (02009.001875/03-08) de coleta de material biológico.

Resumo

Foram coletadas 244 amostras, entre abril 2003 e julho 2004, em oito pontos amostrais distribuídos no Sistema Estuarino Rios Piraquê-açú (PA) e Piraquê-mirim (PM), sendo quatro pontos em cada braço, onde a zona demersal da coluna d'água foi ativamente amostrada utilizando uma rede do tipo trawl wing (balão). Os arrastos tiveram duração de $4,96 \pm 0,25$ minutos (média \pm desvio padrão) e foram replicados. Os parâmetros físico-químicos da água (temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade e oxigênio dissolvido (mg L^{-1})) foram medidos na sub-superfície (1 m) de cada estação amostral utilizando um multi-parâmetro. Os dados de turbidez da água (NTU) foram coletados utilizando um turbidímetro na superfície e no fundo (1,0 m). A profundidade (m) foi medida no início de cada arrasto utilizando um profundímetro manual. Os peixes capturados foram identificados até o menor nível taxonômico possível, enumerados, medidos e pesados. A abundância foi calculada como sendo o número de indivíduos por 1.000 m^2 . Um total de 10.815 peixes foi identificado no Sistema Estuarino, sendo distribuído por 104 taxa (38 famílias), 93 no Piraquê-açú e 78 no Piraquê-mirim. A abundância média para cada braço foi de $132,8 \pm 123,0$ no PA e $74,11 \pm 59,30$ ind./ 1.000m^2 no PM e a média do índice de diversidade de Shannon-Wiener foi de $0,85 \pm 0,47$ no PA e $0,74 \pm 0,42$ no PM. Os taxa mais abundantes foram *Eucinostomus* spp., *Cylichthys spinosus*, *Achirus lineatus*, *Lutjanus synagris*, *Symphurus tessellatus*, *Sphoeroides testudineus*, *A. declivis*, *Anchoviella lepidentostole*, *Stellifer rastrifer* e *S. greeleyi*. Também foram encontrados três indivíduos da espécie invasora *Butis koilomatodon* (Bleeker, 1879) (Pisces: Eleotridae), que é originária do indo-pacífico. De forma geral, o funcionamento desses dois rios para os 10 taxa mais abundantes (70% da abundancia total média) é similar em escala temporal (meses) e distinto em escala espacial (pontos). Portanto, a variação sazonal dos parâmetros bióticos (e.g. recrutamento, migração, predação) e abióticos (e.g. pluviosidade, temperatura, salinidade) ocorreria de forma parecida nos PA e PM. Assim, a conectividade entre os rios permite que cada taxa seja representado por uma única "população" cuja distribuição espacial em cada rio é regulada por fatores abióticos e bióticos diretos.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 – Mapa da Bacia de Drenagem dos Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim. Figura modificada de (BARROSO, 2004). 5
- Figura 02 – Foto do Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim localizado no município de Aracruz, ao norte do estado do Espírito Santo. 6
- Figura 03 – Localização dos pontos amostrais no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim. Figura modificada de (BARROSO, 2004). 7
- Figura 04 - Média (\pm erro padrão) por ponto amostral da profundidade e parâmetros ambientais no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim. Os pontos para cada rio (no eixo “x”) estão deslocados para melhor visualização. Os resultados do teste de Friedman entre os pontos de cada rio estão inseridos nos gráficos. NS = Não significante. 11
- Figura 05 - Análise de agrupamento utilizando o Índice de Bray Curtis, no método UPGMA, onde foram relacionados os pontos em função dos parâmetros físico-químicos (temperatura, salinidade, turbidez no fundo e superfície). A barra vertical evidencia o ponto de formação dos grupos. 12
- Figura 06 - Média (\pm erro padrão; muito pequenos na série histórica) mensal da pluviosidade diária na série histórica de 1947-2005 e no período de abril de 2003 à julho de 2004, do litoral de Santa Cruz, Aracruz, ES. 12
- Figura 07 - Média (\pm erro padrão) mensal dos parâmetros físico-químicos no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo “x”) estão deslocadas para melhor visualização. Os resultados dos teste de correlação de Spearman entre os rios ao longo do tempo (salinidade e temperatura $n = 52$; turbidez $n = 47$) estão inseridos nos gráficos, com exceção dos para o oxigênio dissolvido (ver Métodos). NS = Não significante. 13
- Figura 08 - Espécie invasora *Butis koilomatodon* (Bleeker, 1879) (Pisces: Eleotridae) encontrada no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim. Exemplar CI-UFES # 0058; fixado em solução de formol à 10 % e preservado em álcool 70 %. CT = 53 mm. Foto: Raphael M. Macieira. 14
- Figura 09 – Abundância média (\pm erro padrão) para as espécies que apresentaram diferenças significativas de abundancia (por 1.000 m²) entre os rios. As espécies estão dispostas em ordem alfabética. 15
- Figura 10 – Biomassa média (\pm erro padrão; g por 1.000 m²) das espécies que apresentaram diferenças significativas de biomassa entre os rios. 10

- Figura 11 - Média (\pm erro padrão) da abundância total (por 1.000 m²) e do índice de diversidade de Shannon-Wiener por ponto no estuário dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Os resultados do teste de Friedman (n = 13) entre os pontos de cada rio estão inseridos nos gráficos. NS = Não significativo. 20
- Figura 12 - Abundância média (\pm erro padrão) por ponto (por 1.000 m²) dos 10 taxa mais abundantes no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Os resultados do teste de Friedman (n = 13) entre os pontos de cada rio estão inseridos nos gráficos. NS = Não significativo. 22
- Figura 13 - Análise de agrupamento utilizando o Índice de Bray Curtis, no método UPGMA, onde foram relacionados os pontos em função da abundância média de cada taxa. As abundâncias foram transformadas através da função log (e). A barra vertical evidencia formação de três grupos. 23
- Figura 14 - Média por ponto (+ erro padrão) do comprimento total dos indivíduos capturados no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim. 24
- Figura 15 - Biomassa média (\pm erro padrão) por ponto (por 1.000 m²) dos 10 taxa mais abundantes no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Os resultados do teste de Friedman (n = 13) entre os pontos de cada rio estão inseridos nos gráficos. NS = Não significativo. 25
- Figura 16 - Média (\pm erro padrão) da abundância total (por 1.000 m²) e do índice de diversidade de Shannon-Wiener por mês no estuário dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Teste de correlação de Spearman's entre os rios ao longo do tempo (n = 52). NS = Não significativo. 26
- Figura 17 - Abundância média (\pm erro padrão) mensal (por 1.000 m²) dos 10 taxa mais abundantes no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Teste de correlação de Spearman entre os rios ao longo do tempo (n = 52). NS = Não significativo. 27
- Figura 18 - Média mensal (+ erro padrão) do comprimento total do indivíduos capturados no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim. 28
- Figura 19 - Análise de agrupamento utilizando o Índice modificado de similaridade de Morisita, no método UPGMA, onde foram relacionados os meses em função da abundância média de cada taxa. A barra vertical evidencia formação de grupos. (a) Piraquê-açú e (b) Piraquê-mirim. 30

Figura 20 - Biomassa média (\pm erro padrão) mensal (por 1.000 m²) dos 10 taxa 31
mais abundantes no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-mirim.
As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor
visualização. Teste de correlação de Spearman's entre os rios ao longo do
tempo (n = 52). NS = Não significativo.

Figura 21: Análise de agrupamento utilizando o coeficiente binário de Jaccard, 33
no método UPGMA, onde foram relacionados os locais em função da
dominância (70% da abundancia total média) ou não da família. BP_PR = Baía
de Paranaguá (Dados Milênio RECOS); RC_PA = Rio Curuçá (Dados Milênio
RECOS); BS_RJ = Baía de Sepetiba (ARAÚJO *et. al.*, 1998); BV_ES = Baía de
Vitória (CHAGAS, no prelo) e EPA_ES = Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-
açú e Piraquê-mirim.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Lista taxonômica e abundância média por 1.000 m² (\pm desvio padrão) da ictiofauna no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim. Tabela em ordem filogenética de famílias segundo Nelson (1994). *P*: probabilidade associada com o teste “U” de Mann-Whitney entre os dois rios; α = 0,05. (N = 121). NS = Não significante. 17

Sumário

1 - Padrões de Variação Espacial e Temporal da Ictiofauna no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim, ES.

Introdução	2
Objetivos	4
Material e Métodos	
<i>Área de Estudo</i>	5
<i>Amostragens</i>	6
<i>Processamento das amostras</i>	8
<i>Análises Estatísticas</i>	9
Resultados	
<i>Comparação morfológica e físico-química entre os rios</i>	10
<i>Composição ictiofaunística</i>	14
<i>Variações espaciais</i>	20
<i>Variações temporais</i>	26
Discussão	32
Conclusão	35
Referências	36

2 - First records of ambicoloration and morphological aberration in the sole *Achirus declivis* (Pleuronectiformes: Achiridae) and two other cases of color abnormalities in achirid soles from southeastern Brazil

Abstract	43
Scientific Note	44
Literature Cited	49

Introdução

Uma das maiores dificuldades no estudo da ictiofauna estuarina de regiões tropicais é determinar e quantificar os efeitos dos parâmetros ambientais na variação espaço-temporal da composição da comunidade, pois a interação sinérgica desses fatores é dada de forma diferenciada em cada local (BLABER, 2002). Sendo assim, até mesmo regiões estuarinas muito próximas podem ter padrões de funcionamento e distribuição completamente distintos. Outro aspecto a ser avaliado é a conectividade com outros ambientes da paisagem costeira (e.g praias arenosas, costões rochosos e recifes). Assim, as assembléias estuarinas podem apresentar similaridades de composição e estrutura com as comunidades de ambientes próximos (ECOUTIN *et al.*, no prelo; RAY, 2005; ABLE, 2005). A conectividade não depende somente das distâncias, mas também da presença de corredores e *stepping-stones*, os quais variam entre estuários (GILLANDERS, 2005).

As questões anteriormente mencionadas parecem estar melhor estudadas em estuários de regiões temperadas, onde as afinidades zoogeográficas e climáticas diferem muito das áreas tropicais (BLABER *et al.*, 1997). Portanto, a aplicação de conceitos e paradigmas provenientes de estudo realizados em estuários de regiões temperadas em áreas tropicais é contestável. Sendo assim, é fundamental o conhecimento mais aprofundado da ecologia dos peixes tropicais, particularmente de sua interação com o ambiente e do seu grau de dependência dos estuários e dos ecossistemas adjacentes (BLABER, 2002).

O presente estudo visou detectar variações espaço-temporal na estrutura da assembléia de peixes do Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim, Esses rios, que compartilham da mesma conexão com o Oceano Atlântico, sofrem, *a priori*, a mesma influência das massas de água costeira e estão igualmente suscetíveis às variações no recrutamento larval. Hipoteticamente, as diferenças encontradas na utilização dos dois rios são dependentes das suas características particulares e independentes de fatores bióticos como o recrutamento oriundo de áreas costeiras. Sendo assim, será possível fazer inferências sobre as migrações de caráter ontogenético, sobre a repartição de recursos entre as espécies e sobre a resposta da ictiofauna às diferenças ambientais de cada estuário. O conhecimento adquirido fornecerá uma base para estudos subseqüentes, que visem a manutenção

dos inúmeros serviços prestados pelo ecossistema e que avaliem o grau de importância dessa área na paisagem costeira (MOBERG & RÖNNBÄCK, 2003).

Objetivos

Objetivos gerais

- Descrever as variações temporais e espaciais da composição ictiofaunística no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim.

Objetivos específicos

- Determinar a composição ictiofaunística do Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim.
- Detectar variações espaço-temporal da abundância e biomassa dos 10 *taxa* mais abundantes.
- Associar variações espaciais e temporais da ictiofauna às mudanças espaciais ou sazonais nos parâmetros físico-químicos da água.

Material e Métodos

Área de Estudo

O estuário dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim está localizado no município de Aracruz, ao norte do estado do Espírito Santo. Seu formato assemelha-se à consoante “Y”, onde o Rio Piraquê-açu forma o braço norte e o Piraquê-mirim forma o braço sul. A zona onde ocorre a união desses dois rios está diretamente conectada ao Oceano Atlântico. O braço sul possui uma pequena bacia de drenagem (69,42 km²) e tem características físico-químicas relativamente estáveis, gerando padrões pouco estratificados. O braço norte apresenta maior variação dos parâmetros (ambientais) físico-químicos devido ao maior aporte continental (área de drenagem = 378,69 km²) (Barroso, 2004) (Figura 1).

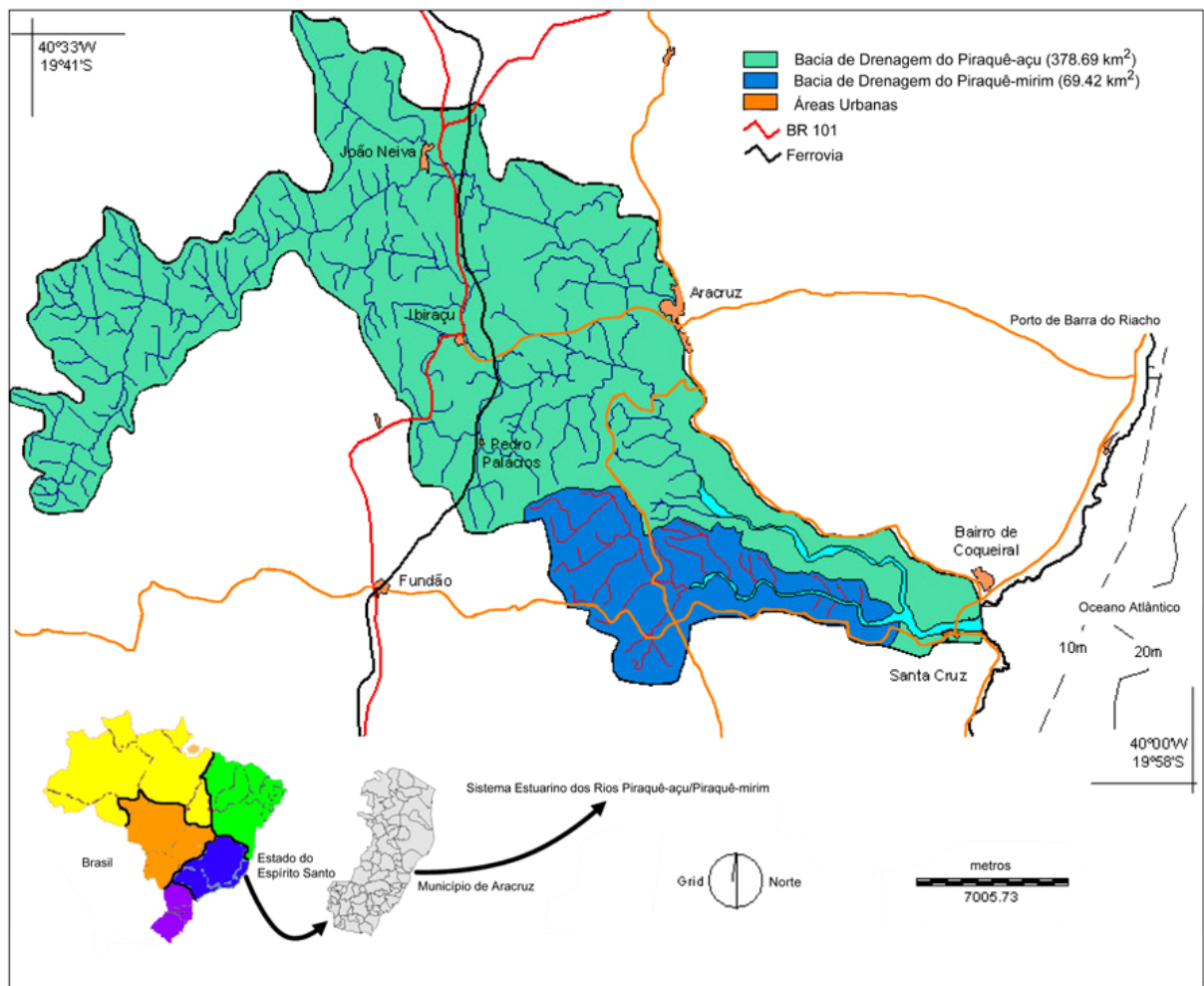


Figura 01 – Mapa da Bacia de Drenagem dos Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim. Figura modificada de BARROSO, 2004.

A área de manguezal possui aproximadamente 12,3 km² (Barroso, 2004) e a floresta é composta basicamente por *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue branco) e *Avicennia schaueriana* (mangue preto) (Figura 02).



Figura 02 – Foto do Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim localizado no município de Aracruz, ao norte do estado do Espírito Santo.

Amostragens

Foram coletadas 244 amostras, entre abril 2003 e julho 2004, em oito pontos amostrais distribuídos nos Rios Piraquê-açú (PA) e Piraquê-mirim (PM), sendo quatro pontos em cada braço; o ponto 1 localizava-se mais a montante e o ponto 4 mais a jusante (Figura 03). As campanhas foram realizadas em períodos de maré de quadratura. E a ordem de amostragens dos pontos foi pseudo aleatória.

A zona demersal da coluna d'água foi ativamente amostrada utilizando uma rede do tipo trawl wing (balão), com 8,62 m de tralha superior e 10,43 m de tralha inferior, malha de 13 mm nas mangas e barriga e de 5 mm no saco. Os arrastos

tiveram duração aproximada de $4,96 \pm 0,25$ minutos (média \pm desvio padrão) e foram replicados. O comprimento do arrasto (m) foi medido com um GPS (modelo Garmin 12). Para isto, as coordenadas geográficas (Latitude e Longitude) foram adquiridas a cada minuto de arrasto e foram somadas as distâncias em linha reta entre posições adjacentes. As características da água, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade e oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), foram medidas na sub-superfície (1 m) de cada estação amostral utilizando-se um multi-parâmetro (modelo YSI-85). A profundidade (m) foi medida no início de cada arrasto utilizando um profundímetro manual (Speedtech SM-5). Os dados de turbidez da água (NTU) foram determinados utilizando um turbidímetro (modelo LaMotte 2020) na superfície e no fundo (1,0 m).

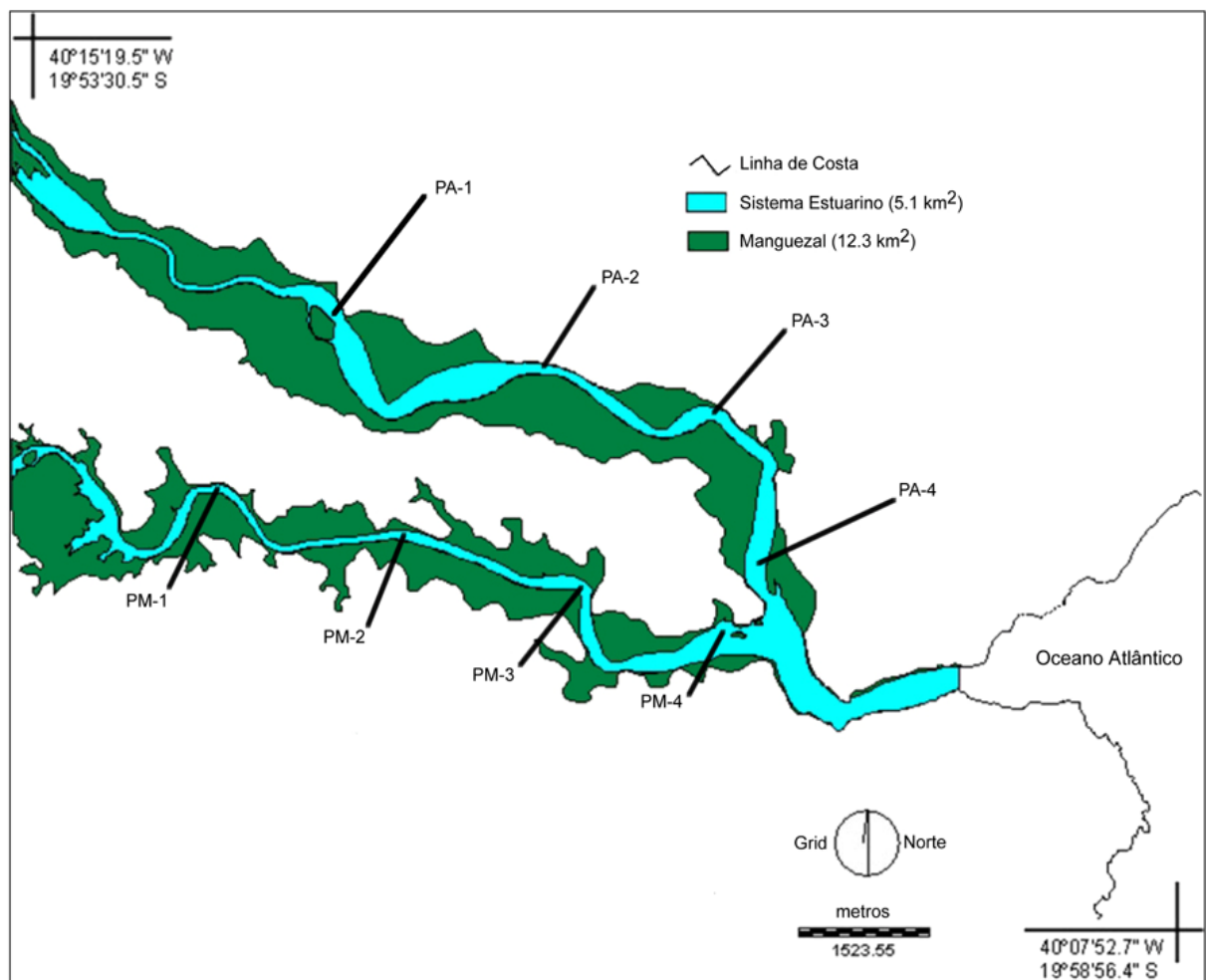


Figura 03 – Localização dos pontos amostrais no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim. Figura modificada de BARROSO, 2004.

Devido a problemas logísticos a turbidez foi medida em datas diferentes das amostragens biológicas. Para a variação temporal da turbidez foi realizada uma

média dos valores de superfície e de fundo. Os dados de oxigênio dissolvido (OD) parecem não ser confiáveis devido ao defeito apresentado pelo multi-parâmetro em algumas coletas. Portanto, os valores de O.D. devem ser analisados com cautela, não sendo considerado nas análises estatísticas.

Os dados pluviométricos do litoral de Santa Cruz, em Aracruz – ES, foram obtidos no Sistema de Informações Hidrográficas da Agência Nacional das Águas (<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/>) para a estação 1940002 (19° 57' 23" S, 40° 09' 17" W). A série histórica de dados pluviométricos estava disponível de 1947 a 2005.

Processamento das amostras

Os peixes capturados foram identificados até o menor nível taxonômico possível, enumerados, medidos (Comprimento Total – CT) e pesados (Peso Total). Devido a três eventos de falta de energia elétrica, que comprometeram a conservação de parte das amostras, apenas 4.646, dos 10.815 peixes coletados, foram medidos e pesados ao mesmo tempo. A área de arrasto foi calculada a partir do comprimento do arrasto, com largura de abertura da rede estimada em 2,5 m. A abundância foi calculada como sendo o número de indivíduos por 1.000 m². Devido a problemas técnicos no início do projeto, as três primeiras campanhas foram descartadas em análises estatísticas pareadas. Sendo assim, essas 3 amostragens foram utilizadas apenas para a elaboração da tabela de *taxa*.

Para identificação dos peixes foram utilizados os seguintes manuais gerais de identificação: CARVALHO-FILHO (1999), DAWSON e VARI (1982), FIGUEIREDO (1977), FIGUEIREDO e MENEZES (1978, 1980 e 2000), FROESE e PAULY (2005), HUMANN e DELOACH (2002), MENEZES e FIGUEIREDO (1980 e 1985), MOURA *et al.*, (2001), ROSS e RHODE (2004) e SZPILMAN (2000). Para inferências sobre hábitos alimentares utilizou-se COUTO (2005), ODUM e HEALD (1972), e RANDALL (1967).

Análises Estatísticas

As diferenças na abundância de cada *taxon* (n = 62 no PA e n = 59 no PM), no índice de Shannon-Wiener (n = 52), na profundidade (n = 101 no PA e n = 104 no PM), na salinidade (n = 52), na turbidez (n = 102) e na temperatura (n = 52) entre os dois rios foram testadas pelo teste não-paramétrico “U” de Mann-Whitney para dados não-pareados. Foram testadas as diferenças de temperatura, salinidade, turbidez, abundância, biomassa e diversidade de Shannon-Wiener entre os pontos de cada rio utilizando o teste de não-paramétrico de Friedman para dados pareados (com reamostragem Monte Carlo "10.000" runs; graus de liberdade = 3) (Zar, 1999).

O teste não-paramétrico de Spearman foi utilizado para correlacionar as variações temporais de temperatura, salinidade, turbidez, abundância, biomassa e diversidade de Shannon-Wiener entre os rios. Para todos os testes utilizou-se $\alpha = 0,05$.

Foram realizadas análises de agrupamento (cluster; método UPGMA) usando o índice de Bray-Curtis (distância) e o índice modificado de Morisita (similaridade), para agrupar pontos (análise de caráter espacial) ou meses (análise de caráter temporal). Para obtenção dos clusters e as matrizes foi utilizado o programa MVSP 3.12c (Kovac Computing Services, 1985-2000). O teste de Mantel foi utilizado para correlacionar as matrizes de similaridade de Morisita elaboradas para cada rio (BONNET & VAN DE PEER, 2002).

Resultados

Comparação morfológica e físico-química entre os rios

A profundidade foi uma característica morfológica analisada e mostrou-se significativamente diferente entre os rios ($p \leq 0,001$), sendo o PM mais profundo que o PA. Entre os pontos do PM a profundidade decresceu significativamente de montante à jusante, ao contrário do PA, onde ocorreu um aumento significativo de montante para a jusante (Figura 03). Ao longo dos pontos amostrais de cada rio, notou-se uma variação inter e intrafluvial das características físico-químicas da água. Entretanto, as diferenças das médias de temperatura, salinidade e turbidez da água não foram significativamente diferentes entre os rios PA e PM. De forma geral, o PM apresentou maiores valores de salinidade quando comparado ao PA. Nos dois rios houve um aumento da salinidade em direção ao mar, mas somente no PA houve diferenças significativas entre os pontos. A temperatura variou pouco entre os pontos e o oxigênio dissolvido, provavelmente devido ao mal funcionamento do multi-parâmetro, não apresentou um padrão bem definido (Figura 04). A turbidez na superfície e no fundo mostrou-se mais elevada nos pontos PA-2, PM-2 e PM-3, mas essas diferenças só foram significativas para os dados de turbidez no fundo.

O padrão, já esperado, de salinidade demonstra claramente o efeito da mistura entre as águas continentais e oceânicas, que gera um gradiente de salinidade. O fato do PA possuir uma maior bacia de drenagem explica o significativo gradiente de salinidade encontrado. A temperatura não variou de forma significativa ao longo dos pontos, tal estabilidade deve-se ao fato das variações sazonais do clima atuarem de forma similar em toda região (oceano, estuário e rios). Os padrões de turbidez da água, na superfície e no fundo, variaram de forma similar nos dois rios, sendo que os maiores valores foram encontrados nos pontos 2 e 3 de cada rio (exceto para o ponto PA-3 fundo), o que indica a zona de turbidez máxima do estuário. Entretanto, apenas os valores de turbidez no fundo foram significativamente diferentes entre os pontos, principalmente no PM, que possui menor bacia de drenagem e sofre maior influência do regime de marés.

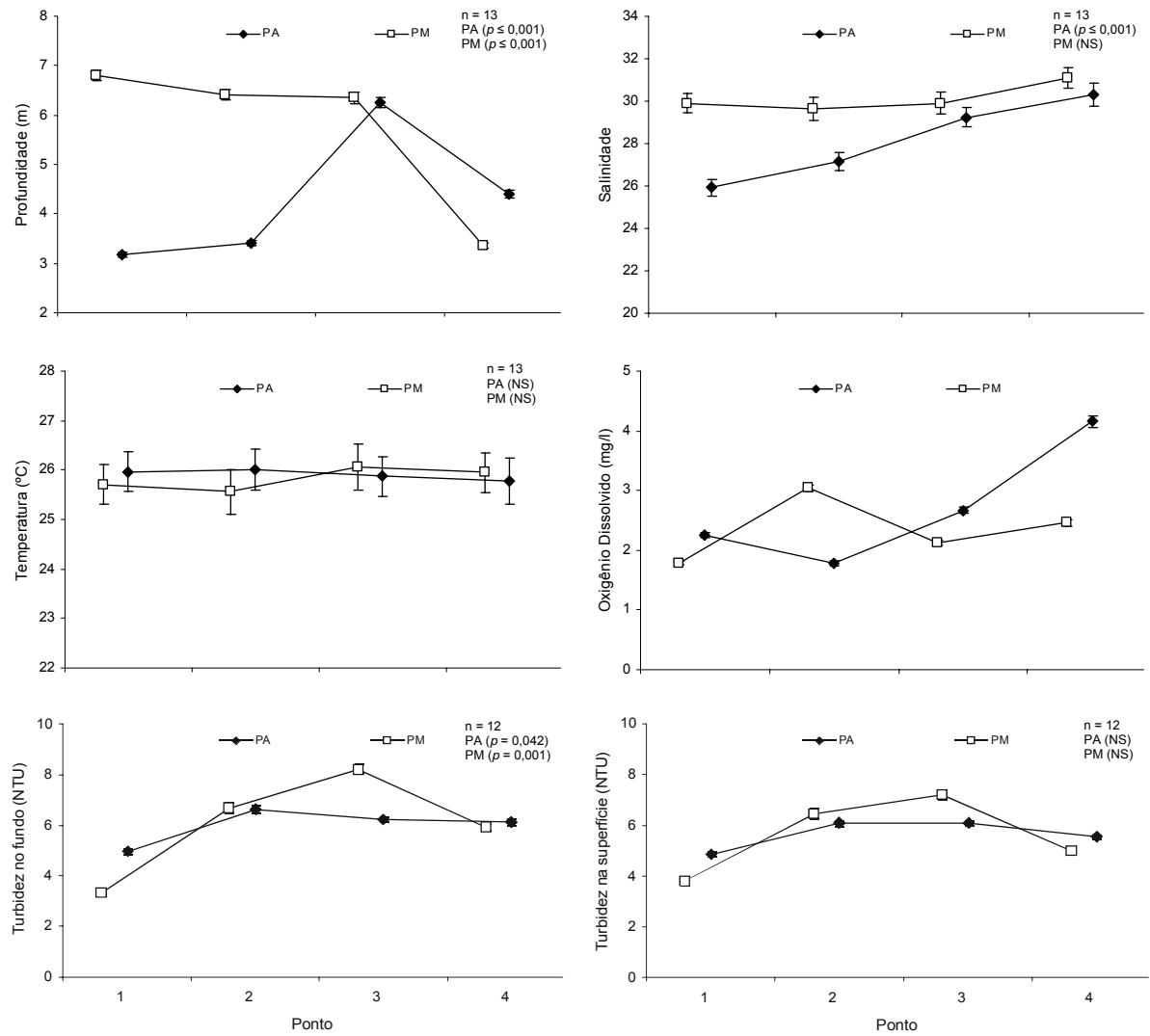


Figura 04 - Média (\pm erro padrão) por ponto amostral da profundidade e parâmetros ambientais no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim. Os pontos para cada rio (no eixo "x") estão deslocados para melhor visualização. Os resultados do teste de Friedman entre os pontos de cada rio estão inseridos nos gráficos, com exceção do oxigênio dissolvido (ver Métodos). NS = Não significativo.

A análise de agrupamento sugere que os pontos PA-1 e PM-1 possuem características semelhantes devido à maior concentração de água fluvial. Os demais pontos, principalmente os PA-4 e PM-4, apresentam características similares devido à proximidade entre eles e à entrada do estuário, razão pela qual sofrem influência semelhante das águas costeiras (Figura 05).

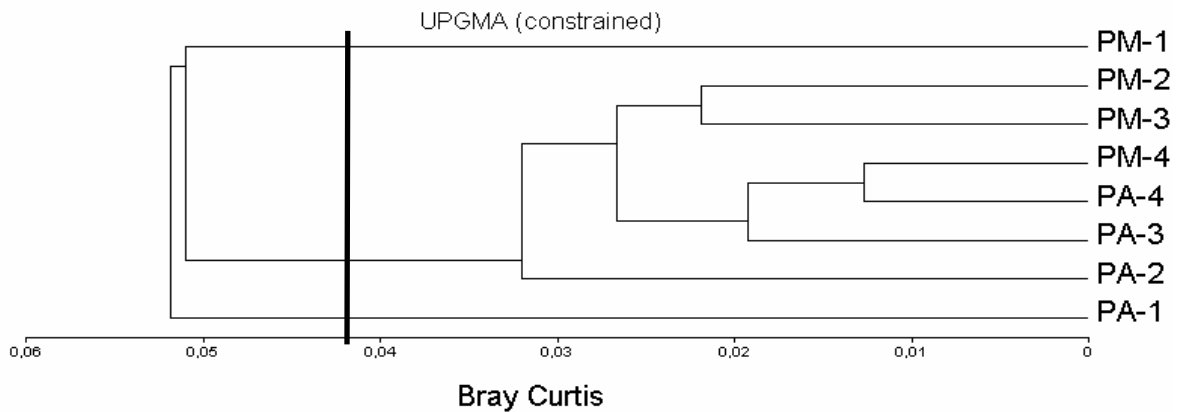


Figura 05 - Análise de agrupamento utilizando o Índice de Bray Curtis, no método UPGMA, onde foram relacionados os pontos em função dos parâmetros físico-químicos (temperatura, salinidade, turbidez no fundo e superfície). A barra vertical evidencia o ponto de formação dos grupos.

Os valores de pluviosidade diária observados entre os anos de 1947 – 2005, sugerem a formação de um período seco (menor pluviosidade), que inclui os meses de abril a setembro, e um período mais úmido, que inclui os meses de outubro a março. Comparado ao padrão histórico, o ano amostral (2003/2004) apresentou valores atípicos, onde o período úmido foi de janeiro a abril, e o restante dos meses (exceto abril/2003 e julho/2004) foram mais secos que a média histórica (Figura 06).

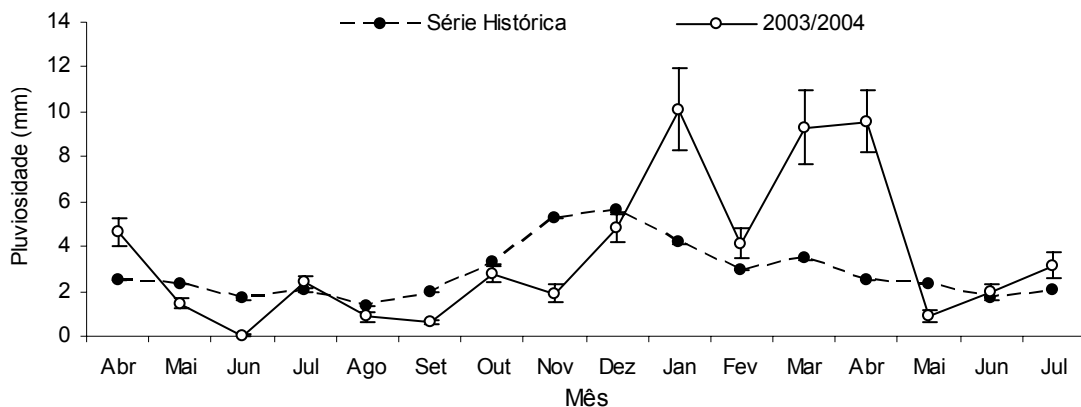


Figura 06 - Média (\pm erro padrão; muito pequenos na série histórica) mensal da pluviosidade diária na série histórica de 1947-2005 e no período de abril de 2003 à julho de 2004, do litoral de Santa Cruz, Aracruz, ES.

As variações sazonais das características físico-químicas da água dos rios PA e PM aparentemente ocorrem de forma similar ao longo dos meses e os padrões dos rios foram intimamente correlacionados (o período testado foi de julho de 2003 a julho de 2004) (Figura 07). Tal fato sugere que, mesmo funcionando de forma diferenciada, os rios respondem de forma similar, ainda que não igual, às variações sazonais do clima local.

A baixa pluviosidade no ano de 2003 fez com que os valores de salinidade se mantivessem altos até a chegada do período úmido. A variação temporal da salinidade ratifica a hipótese de que o período amostral escolhido representa um ano atípico em termos pluviométricos. Da mesma forma, o padrão de turbidez da água parece associado às chuvas, onde os valores mais altos foram encontrados de julho a novembro de 2003 e fevereiro a maio de 2004. O pequeno deslocamento entre o padrão de pluviosidade e o padrão de turbidez talvez se deva ao fato de que os processos de escoamento e de infiltração da água da chuva, que ocasionam no aumento da turbidez, sejam mais lentos. A temperatura, ao contrário, parece não ter relação direta com a pluviosidade e talvez seja mais influenciada pela quantidade de insolação e a presença de frentes frias (Figura 07).

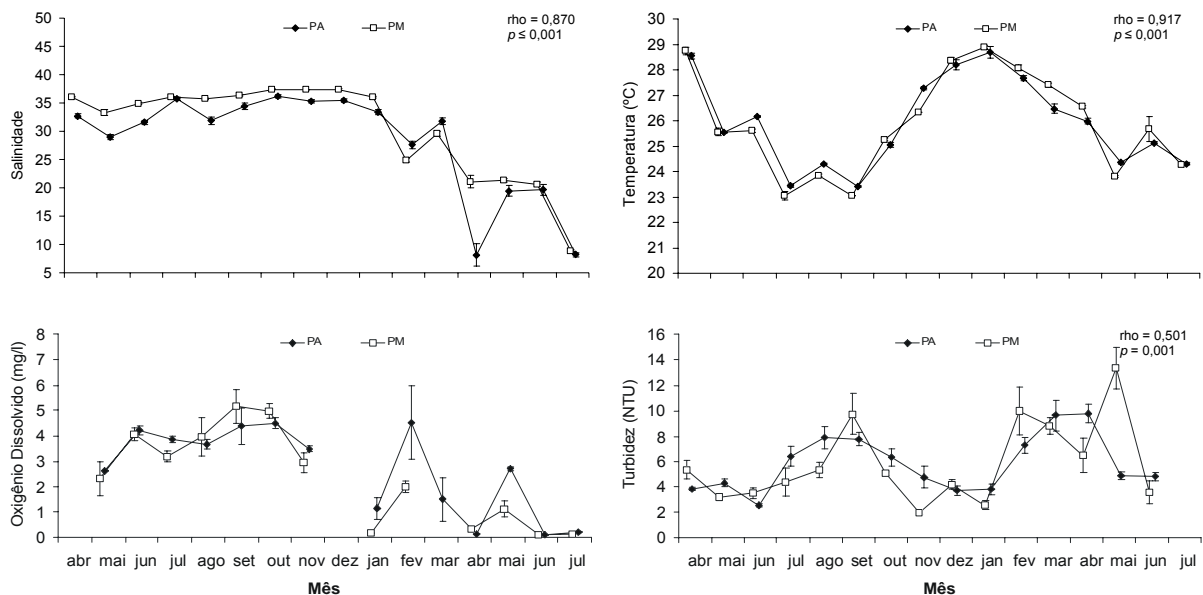


Figura 07 - Média (\pm erro padrão) mensal dos parâmetros físico-químicos no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Os resultados dos teste de correlação de Spearman entre os rios ao longo do tempo (salinidade e temperatura $n = 52$; turbidez $n = 47$) estão inseridos nos gráficos, com exceção do oxigênio dissolvido (ver Métodos). NS = Não significativo.

Composição ictiofaunística

Um total de 10.815 peixes foram identificados nos dois rios, sendo distribuídos por 104 taxa (38 famílias), 93 no Piraquê-açú e 78 no Piraquê-mirim. A abundância média para cada braço foi de $132,8 \pm 123,0$ no PA e $74,11 \pm 59,30$ ind./1000m² no PM e a média do Índice de diversidade de Shannon-Wiener foi de $0,85 \pm 0,47$ no PA e $0,74 \pm 0,42$ no PM (Tabela 01). Também foram encontrados 3 indivíduos da espécie invasora *Butis koilomatodon* (Bleeker, 1879) (Pisces: Eleotridae) (HOLLAND, 2000), que é originária do indo-pacífico (FROESE & PAULY, 2005). Os exemplares foram depositados na Coleção Ictiológica da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES); lotes CI-UFES # 0058, CI-UFES # 0077 e CI-UFES # 0108 (Figura 08). Outros exemplares foram encontrados ao longo da costa brasileira (comunicação pessoal João Luiz Gasparini, Ivan Sazima e Tommaso Giarrizzo) porém, até o presente momento, não há trabalhos sobre a biologia, ecologia e implicações referentes à introdução desta espécie exótica na costa brasileira. Os Elasmobranchii ficaram restritos aos pontos mais externos (a jusante) PA-4 (*R. percellens* e *D. guttata*), PM-4 (*N. brasiliensis* e *R. percellens*), e PA-3 (*D. guttata*).



Figura 08 - Foto da espécie invasora *Butis koilomatodon* (Bleeker, 1879) (Pisces: Eleotridae) encontrada no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim. Exemplar CI-UFES # 0058; fixado em solução de formol à 10 % e preservado em álcool 70 %. CT = 53 mm.

Foto: Raphael M. Macieira

De forma geral, os taxa mais abundantes (representam 70% da abundância total média) foram *Eucinostomus* spp., *Cylichthys spinosus*, *Achirus lineatus*,

Lutjanus synagris, *Symphurus tessellatus*, *Sphoeroides testudineus*, *A. declivis*, *Anchoviella lepidentostole*, *Stellifer rastrifer* e *S. greeleyi* (descartando as 3 primeiras campanhas). Porém, o grau de importância de cada *taxon* foi diferente em cada rio. Somente as espécies *A. declivis*, *Citharichthys arenaceus*, *Ctenogobius boleosoma*, *Chaetodipterus faber*, *Diapterus rhombeus*, *Hippocampus reidi*, *L. synagris*, *Microgobius meeki*, *Prionotus punctatus*, *R. randalli*, *S. greeleyi*, *S. tessellatus* e *S. testudineus*, apresentaram diferenças significativas (Teste “U” de Mann-Whitney, N = 121) na abundância entre os rios, sendo sempre maior no PA (Figura 09). Os taxa exclusivos de um único rio mostraram-se muito pouco abundantes (Tabela 01).

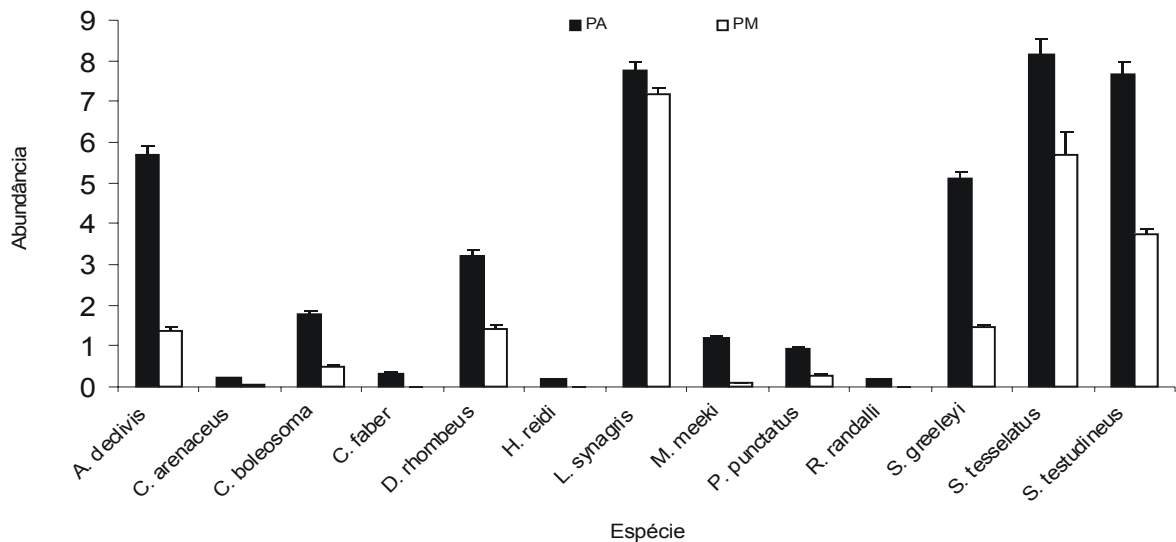


Figura 09 - Media (\pm erro padrão) das espécies que apresentaram diferenças significativas de abundância (1000 m^{-2}) entre os rios. As espécies estão dispostas em ordem alfabética.

Os valores de biomassa dos 10 taxa mais abundantes sugerem que as espécies que compõem os níveis inferiores da cadeia trófica (e.g. *Eucinostomus spp.*, *A. lepidentostole*) são muito abundantes, porém possuem pequenos valores de biomassa. No entanto, as espécies de níveis mais altos da cadeia (*C. spinosus*, *S. testudineus*, *L. synagris*, *A. declivis*, *A. lineatus*, *S. rastrifer*) possuem menores valores de abundância e maior biomassa. Os valores de biomassa ($\text{g} / 1.000 \text{ m}^2$) média (\pm d.p.), em ordem decrescente foram *C. spinosus* ($3205,33 \pm 1297,66$), *S. testudineus* ($2374,79 \pm 1536,27$), *L. synagris* ($947,66 \pm 615,97$), *A. declivis* ($708,89 \pm 408,46$), *A. lineatus* ($526,94 \pm 446,43$), *S. rastrifer* ($301,98 \pm 264,90$), *S. greeleyi* ($191,00 \pm 173,70$), *S. tessellatus* ($173,56 \pm 265,03$), *Eucinostomus spp.* ($63,78 \pm 50,77$) e *A. lepidentostole* ($35,24 \pm 32,64$). Somente os taxa *A. declivis* ($p = 0,002$),

D. rhombeus ($p = 0,045$), *P. punctatus* ($p = 0,014$), *R. randalli* ($p = 0,012$), *S. greeleyi* ($p = 0,040$) e *S. tessellatus* ($p = 0,007$) apresentaram diferenças significativas (Mann-Whitney, $N = 121$) na biomassa entre os rios, sendo maior no PA (Figura 10).

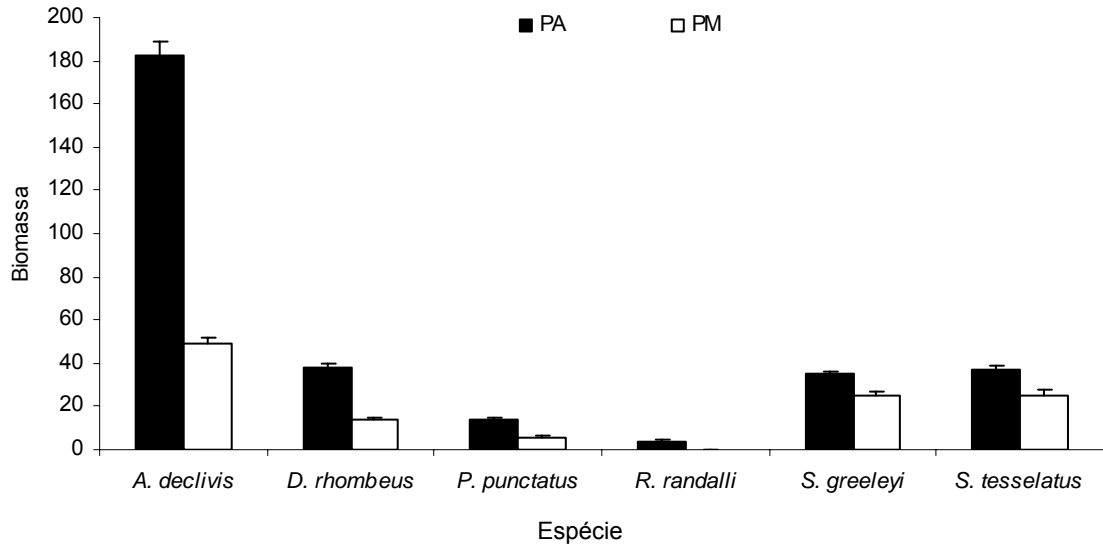


Figura 10 – Biomassa média (\pm erro padrão; g / 1.000 m²) das espécies que apresentaram diferenças significativas de biomassa entre os rios.

Tabela 01 - Lista taxonômica e abundância média por 1.000 m² (\pm desvio padrão) da ictiofauna no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim. Tabela em ordem filogenética de famílias segundo Nelson (1994). *P*: probabilidade associada com o teste “U” de Mann-Whitney entre os dois rios; $\alpha = 0,05$. (N = 121). NS = Não significante.

Família	Espécie	Piraquê-Açú	Piraquê-Mirim	<i>p</i>
		Abundância	Abundância	
Narcinidae	<i>Narcine brasiliensis</i>	—	0,018 \pm 0,137	NS
Rhinobatidae	<i>Rhinobatos percellens</i>	0,040 \pm 0,223	0,030 \pm 0,229	NS
Dasyatidae	<i>Dasyatis guttata</i>	0,073 \pm 0,343	—	NS
Muraenidae	<i>Gymnothorax funebris</i>	0,024 \pm 0,188	—	NS
	<i>Gymnothorax ocellatus</i>	0,275 \pm 0,655	0,203 \pm 0,590	NS
Ophichthidae	<i>Ophichthus gomesii</i>	0,020 \pm 0,157	—	NS
Engraulidae	Não identificado	17,2 \pm 88,8	2,09 \pm 8,49	NS
	<i>Anchovia clupeioides</i>	0,55 \pm 3,02	0,089 \pm 0,475	NS
	<i>Anchoviella brevirostris</i>	0,044 \pm 0,343	0,49 \pm 3,81	NS
	<i>Anchoviella lepidentostole</i>	2,72 \pm 7,58	4,23 \pm 17,5	NS
	<i>Cetengraulis edentulus</i>	0,045 \pm 0,352	0,034 \pm 0,262	NS
Pristigasteridae	Não identificado	0,26 \pm 1,75	—	NS
	<i>Pellona harroweri</i>	0,134 \pm 0,877	0,081 \pm 0,438	NS
Clupeidae	<i>Sardinella janeiro</i>	—	0,102 \pm 0,785	NS
Ariidae	<i>Genidens genidens</i>	0,37 \pm 1,26	0,126 \pm 0,692	NS
Synodontidae	<i>Synodus foetens</i>	0,42 \pm 0,94	0,60 \pm 1,16	NS
Antennariidae	<i>Antennarius striatus</i>	—	0,054 \pm 0,308	NS
Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus notatus</i>	0,036 \pm 0,200	—	NS
	<i>Ogcocephalus vespertilio</i>	0,145 \pm 0,437	0,219 \pm 0,530	NS
Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	—	0,018 \pm 0,137	NS
Syngnathidae	<i>Hippocampus reidi</i>	0,137 \pm 0,393	—	0,008
	<i>Syngnathus folletti</i>	0,020 \pm 0,159	—	NS
Fistulariidae	<i>Fistularia</i> spp.	—	0,032 \pm 0,190	NS
	<i>Fistularia tabacaria</i>	0,026 \pm 0,206	0,100 \pm 0,389	NS
Scorpaenidae	<i>Scorpaena brasiliensis</i>	0,139 \pm 0,504	0,125 \pm 0,399	NS
	<i>Scorpaena plumieri</i>	0,099 \pm 0,340	0,076 \pm 0,348	NS
Triglidae	<i>Prionotus punctatus</i>	0,87 \pm 2,01	0,259 \pm 0,767	0,019
Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>	0,242 \pm 0,971	0,059 \pm 0,349	NS
	<i>Centropomus undecimalis</i>	0,023 \pm 0,182	—	NS
Serranidae	Não identificado	0,026 \pm 0,208	—	NS
	<i>Diplectrum radiale</i>	0,083 \pm 0,290	0,100 \pm 0,396	NS
	<i>Mycteroperca bonaci</i>	—	0,015 \pm 0,118	NS
Grammistidae	<i>Rypticus randalli</i>	0,139 \pm 0,448	—	0,014
Carangidae	Não identificado	0,031 \pm 0,142	0,021 \pm 0,159	NS
	<i>Caranx latus</i>	0,088 \pm 0,521	0,016 \pm 0,125	NS
	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	0,108 \pm 0,704	0,086 \pm 0,392	NS
	<i>Selene vomer</i>	0,32 \pm 1,17	0,148 \pm 0,459	NS
	<i>Trachinotus falcatus</i>	0,013 \pm 0,103	—	NS
	<i>Uraspis secunda</i>	0,065 \pm 0,508	—	NS
Lutjanidae	Não identificado	0,013 \pm 0,105	—	NS
	<i>Lutjanus analis</i>	0,55 \pm 1,47	0,554 \pm 0,972	NS

Tabela 01 (Continuação) - Lista taxonômica e abundância média por 1.000 m² (\pm desvio padrão) da ictiofauna no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim. Tabela em ordem filogenética de famílias segundo Nelson (1994). *P*: probabilidade associada com o teste "U" de Mann-Whitney entre os dois estuários; $\alpha = 0,05$. (N = 121). NS = Não significativa.

Família	Espécie	Piraquê-Açú	Piraquê-Mirim	<i>p</i>
		Abundância	Abundância	
	<i>Lutjanus jocu</i>	0,60 \pm 1,34	0,51 \pm 1,31	NS
	<i>Lutjanus</i> spp.	0,144 \pm 0,520	0,088 \pm 0,396	NS
	<i>Lutjanus synagris</i>	7,79 \pm 11,9	7,40 \pm 7,31	0,038
Gerreidae	Não identificado	0,72 \pm 4,91	0,021 \pm 0,164	NS
	<i>Diapterus</i> spp.	1,51 \pm 4,78	0,31 \pm 1,07	NS
	<i>Diapterus auratus</i>	3,06 \pm 6,68	1,68 \pm 3,10	NS
	<i>Diapterus rhombeus</i>	3,25 \pm 6,50	1,25 \pm 3,17	0,047
	<i>Eucinostomus gula</i>	2,51 \pm 5,28	2,79 \pm 5,70	NS
	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	2,05 \pm 5,43	1,58 \pm 3,05	NS
	<i>Eucinostomus argenteus</i>	1,89 \pm 5,08	2,43 \pm 4,61	NS
	<i>Eucinostomus</i> spp.	23,4 \pm 39,6	16,8 \pm 25,7	NS
	<i>Eugerres brasilianus</i>	0,089 \pm 0,428	0,061 \pm 0,355	NS
Haemulidae	<i>Pomadasys croco</i>	0,040 \pm 0,316	—	NS
Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i>	0,212 \pm 0,769	0,239 \pm 0,727	NS
	<i>Archosargus rhomboidalis</i>	0,051 \pm 0,398	0,015 \pm 0,118	NS
Sciaenidae	Não identificado	1,55 \pm 11,1	0,47 \pm 1,76	NS
	<i>Bairdiella ronchus</i>	1,95 \pm 10,3	0,48 \pm 3,17	NS
	<i>Cynoscion jamaicensis</i>	0,143 \pm 0,981	0,039 \pm 0,209	NS
	<i>Cynoscion leiarchus</i>	0,014 \pm 0,111	0,156 \pm 0,864	NS
	<i>Cynoscion microlepidotus</i>	0,091 \pm 0,598	—	NS
	<i>Cynoscion</i> spp.	0,069 \pm 0,545	—	NS
	<i>Cynoscion striatus</i>	0,025 \pm 0,195	0,017 \pm 0,132	NS
	<i>Isopisthus parvipinnis</i>	0,071 \pm 0,557	—	NS
	<i>Larimus breviceps</i>	0,885 \pm 4,653	0,165 \pm 0,616	NS
	<i>Macrodon ancylodon</i>	0,063 \pm 0,499	0,101 \pm 0,585	NS
	<i>Micropogonias furnieri</i>	—	0,019 \pm 0,148	NS
	<i>Nebris microps</i>	0,060 \pm 0,470	—	NS
	<i>Stellifer brasiliensis</i>	0,712 \pm 3,457	0,66 \pm 3,79	NS
	<i>Stellifer rastrifer</i>	3,88 \pm 13,7	2,10 \pm 9,24	NS
	<i>Stellifer</i> spp.	0,44 \pm 3,29	—	NS
	<i>Stellifer stellifer</i>	0,68 \pm 3,09	0,48 \pm 2,04	NS
Scaridae	<i>Sparisoma axillare</i>	—	0,017 \pm 0,132	NS
Eleotridae	<i>Butis koilomatodon</i>	0,025 \pm 0,195	0,024 \pm 0,187	NS
Gobiidae	<i>Ctenogobius boleosoma</i>	0,272 \pm 0,975	—	0,008
	<i>Ctenogobius smaragdus</i>	0,021 \pm 0,165	—	NS
	<i>Ctenogobius stigmaticus</i>	0,094 \pm 0,388	—	NS
	<i>Gobionellus stomatus</i>	0,19 \pm 1,13	—	NS
	<i>Microgobius meeki</i>	1,18 \pm 3,73	0,081 \pm 0,351	0,005
Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>	0,228 \pm 0,554	0,049 \pm 0,285	0,018
Sphyraenidae	<i>Sphyraena guachancho</i>	—	0,020 \pm 0,154	NS

Tabela 01 (Continuação) - Lista taxonômica e abundância média por 1.000 m² (\pm desvio padrão) da ictiofauna no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim. Tabela em ordem filogenética de famílias segundo Nelson (1994). *P*: probabilidade associada com o teste "U" de Mann-Whitney entre os dois estuários; $\alpha = 0,05$. (N = 121). NS = Não significativa.

Família	Espécie	Piraquê-Açú	Piraquê-Mirim	<i>p</i>
		Abundância	Abundância	
Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	0,021 \pm 0,166	—	NS
Paralichthyidae	Não identificado	0,108 \pm 0,511	0,071 \pm 0,432	NS
	<i>Citharichthys arenaceus</i>	1,54 \pm 2,81	0,43 \pm 1,30	0,002
	<i>Citharichthys macrops</i>	0,52 \pm 1,63	0,244 \pm 0,723	NS
	<i>Citharichthys</i> spp.	0,200 \pm 0,839	0,016 \pm 0,122	NS
	<i>Citharichthys spilopterus</i>	0,215 \pm 0,693	0,036 \pm 0,279	NS
	<i>Etropus crossotus</i>	0,73 \pm 2,62	0,41 \pm 1,27	NS
	<i>Paralichthys brasiliensis</i>	0,245 \pm 0,791	0,185 \pm 0,592	NS
	<i>Paralichthys</i> spp.	—	0,023 \pm 0,176	NS
	<i>Syacium micrurum</i>	0,24 \pm 1,13	0,35 \pm 1,12	NS
	<i>Syacium papillosum</i>	—	0,017 \pm 0,133	NS
Achiridae	<i>Achirus declivis</i>	5,20 \pm 8,88	1,29 \pm 3,18	<0,001
	<i>Achirus lineatus</i>	8,76 \pm 23,6	4,36 \pm 6,85	NS
	<i>Trinectes microphthalmus</i>	0,020 \pm 0,158	—	NS
Cynoglossidae	<i>Symphurus</i> spp.	0,148 \pm 0,549	0,073 \pm 0,437	NS
	<i>Symphurus tessellatus</i>	6,90 \pm 20,6	5,02 \pm 27,1	0,007
Monacanthidae	<i>Stephanolepis hispidus</i>	0,019 \pm 0,153	0,014 \pm 0,105	NS
Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	0,095 \pm 0,546	0,052 \pm 0,228	NS
	<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	0,011 \pm 0,083	—	NS
	<i>Sphoeroides greeleyi</i>	5,04 \pm 8,00	1,45 \pm 2,80	0,003
	<i>Sphoeroides spengleri</i>	0,55 \pm 1,25	0,370 \pm 0,961	NS
	<i>Sphoeroides testudineus</i>	7,71 \pm 15,0	3,34 \pm 5,17	0,035
Diodontidae	<i>Cylichthys spinosus</i>	9,00 \pm 15,9	6,37 \pm 8,69	NS
	Número de indivíduos	132,8 \pm 123,0	74,1 \pm 59,3	
	Índice de Shannon	0,815 \pm 0,476	0,707 \pm 0,418	NS
	Número de taxa	93	78	

Variações espaciais

Os dois rios apresentaram diferenças na abundância total da ictiofauna (Mann-Whitney, $N = 52$, $p = 0,05$) e no PA encontram-se os maiores valores. Os pontos PA2 e PM3 apresentaram os maiores valores de abundância total nos seus respectivos rios (Figura 11). Porém, as diferenças de abundância total entre os pontos de cada rio não foram significantes.

Os valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener não foram significativamente diferentes entre os rios (Mann-Whitney). Os menores valores foram encontrados nos pontos a montante do PA (PA-1) e do PM (PM-1 e PM-2). Essas diferenças só foram significantes para o PM (Figura 10).

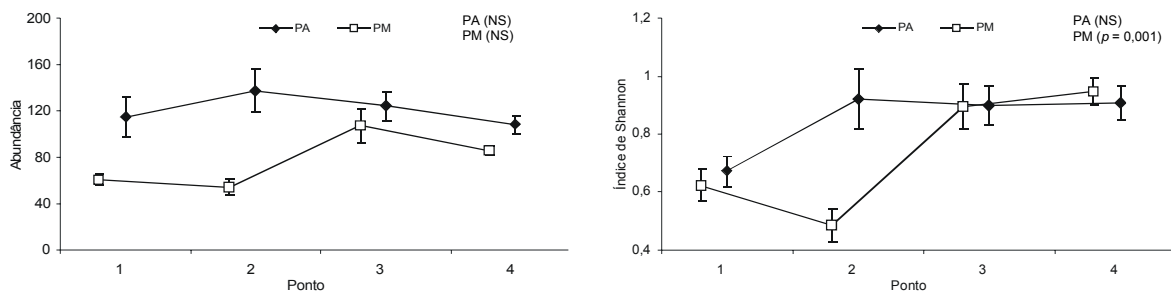


Figura 11 - Média (\pm erro padrão) da abundância total (por 1.000 m²) e do índice de diversidade de Shannon-Wiener por ponto no estuário dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Os resultados do teste de Friedman ($n = 13$) entre os pontos de cada rio estão inseridos nos gráficos. NS = Não significante.

Os 10 taxa mais abundantes apresentaram padrões distintos de distribuição espacial da abundância. *Eucinostomus* spp. não apresentou diferenças significativas de abundâncias entre os rios (Mann-Whitney; Tabela 1) e pontos (Friedman; Figura 12.a). A abundância de *C. spinosus* variou significativamente entre os pontos de cada rio. No PA houve uma diminuição da abundância em direção ao mar, ao contrário do PM, onde ocorreu um aumento (Figura 12.b). O linguado *A. lineatus* não apresentou diferenças significativas de abundância os rios e entre os pontos (Figura 12.c). O ariocó *L. synagris* mostrou variações significativas entre os rios, sendo a abundância maior no PA (Figura 12.d). O Cynoglossidae *S. tessellatus* apresentou diferenças significativas de abundâncias entre os rios e pontos, e o ponto PM-3 obteve a maior abundância média (Figura 12.e). O taxon *S. testudineus* foi mais abundante no PA, porém não houve diferenças significativas entre pontos (Tabela 1; Figura 12.f). A abundância de *A. declivis* no PA aumentou de forma significativa em

direção ao mar e também houve diferenças entre rios (Figura 12.g). O Engraulidae *A. lepidentostole* não apresentou diferenças significativas entre rios e pontos (Figura 12.h). Entre os pontos do PA, a espécie *S. rastrifer* apresentou diferenças significativas e foi mais abundante no PA-1 (Figura 12.i). Também ocorreram diferenças na abundância, entre pontos e rios, do baiacu *S. greeleyi*, que no PA diminuiu de forma significativa em direção ao mar (Figura 12.j). Para os demais taxa não foi possível fazer inferências sobre a distribuição espacial devido ao baixo número de indivíduos capturados.

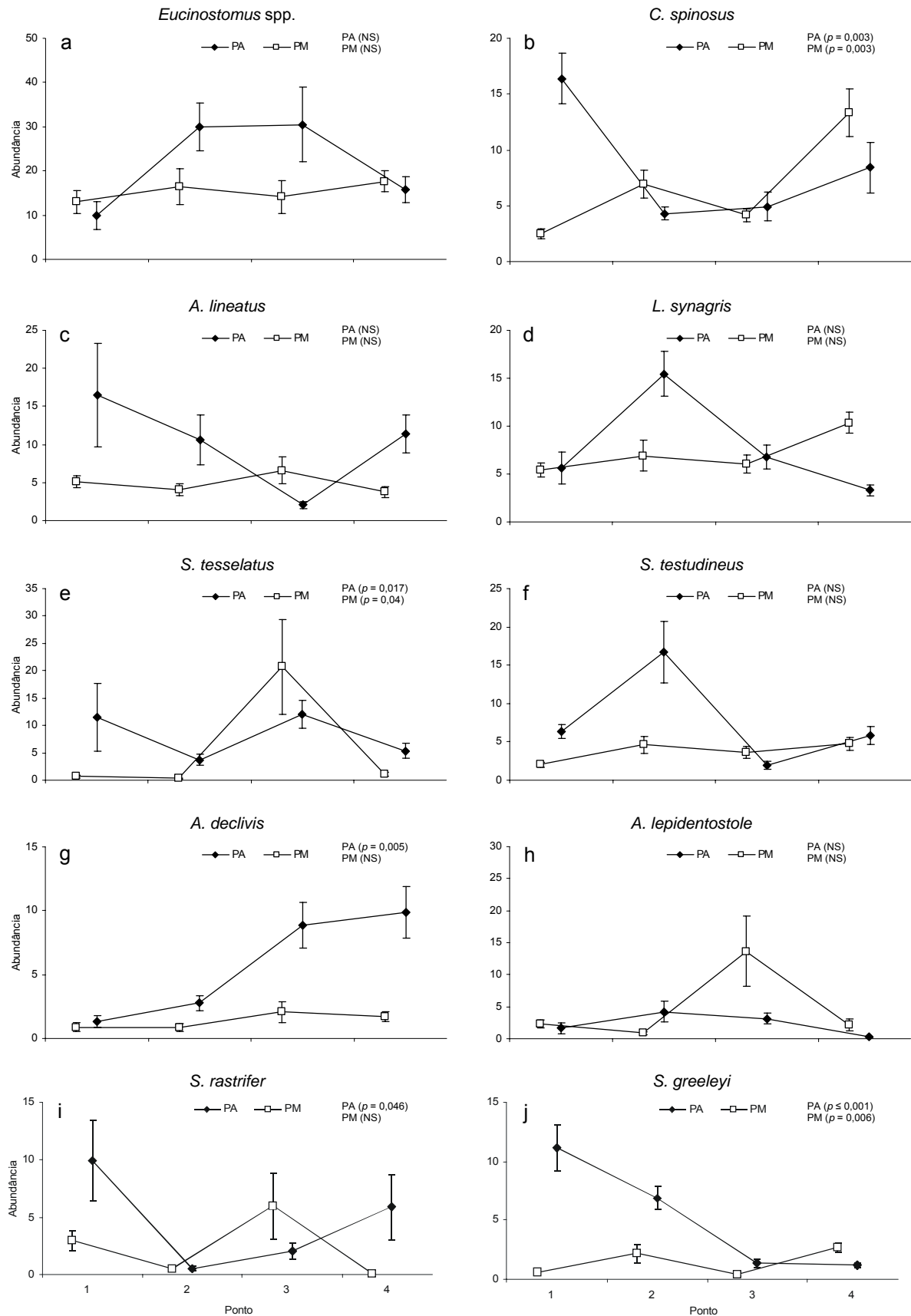


Figura 12 - Abundância média (\pm erro padrão) por ponto (por 1.000 m²) dos 10 taxa mais abundantes no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-Açu e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Os resultados do teste de Friedman (n = 13) entre os pontos de cada rio estão inseridos nos gráficos. NS = Não significativa.

A análise de agrupamento (Figura 13) evidenciou a formação de 3 grupos, o primeiro grupo é formado pelos pontos do PM, que de forma geral apresentou menores valores de abundância (Figura 12) e a ocorrência accidental de espécies marinhas (*N. brasiliensis*, *A. striatus*, *M. bonaci*, *S. axillare* e *S. guachancho*). O segundo grupo é formado pelos pontos PA-2, PA-3 e PA-4, que possuem elevada abundância para a maioria dos taxa (Figura 11 e Figura 12). O último grupo é formado pelo PA-1 que possui um menor número de espécies quando comparado a outros pontos do PA (Figura 11). Porém, algumas espécies como *C. spinosus*, *S. rastrifer* e *S. greeleyi*, foram muito abundantes neste ponto (Figura 12).

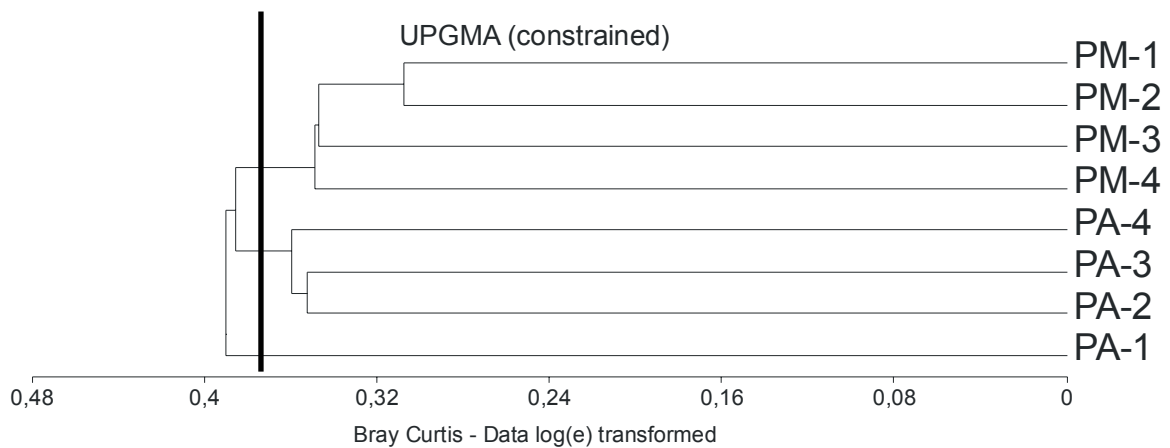


Figura 13 - Análise de agrupamento utilizando o Índice de Bray Curtis, no método UPGMA, onde foram relacionados os pontos em função da abundância média de cada taxa. As abundâncias foram transformadas através da função $\log(e)$. A barra vertical evidencia a formação de três grupos.

De forma geral, o comprimento total (CT) médio dos indivíduos capturados no PM foi maior do que os capturados no PA, sendo a maior média encontrada no ponto PM-2, e os menores valores observados nos pontos PA-3 e PM-3. Em nenhum dos dois rios observou-se padrões claros de distribuição do comprimento total dos indivíduos capturados ao longo dos pontos amostrais (Figura 14).

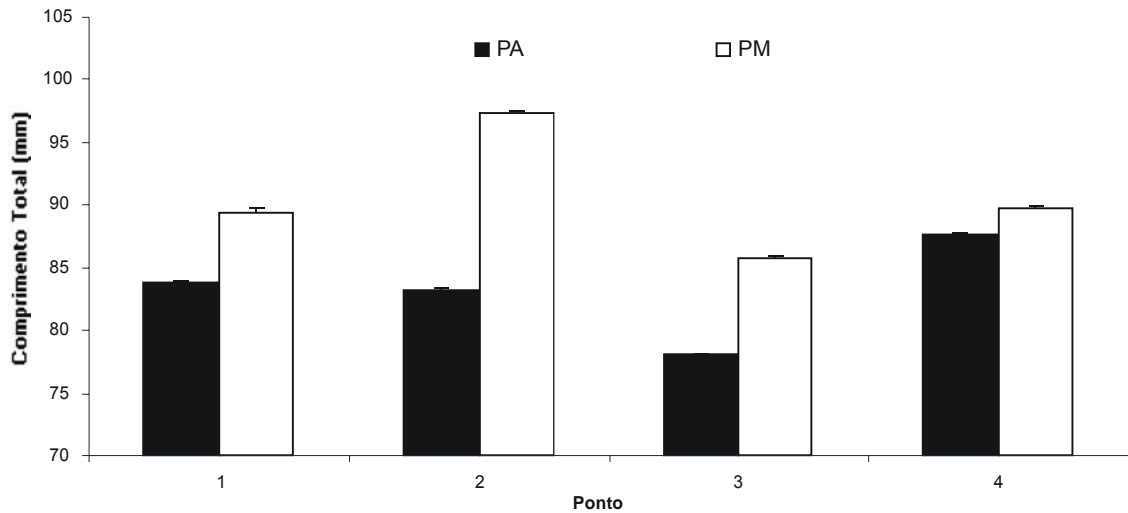


Figura 14 - Média por ponto (+ erro padrão) do comprimento total dos indivíduos capturados no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim.

Assim como a abundância, a biomassa dos 10 *taxa* mais abundantes parece não seguir um padrão bem definido de distribuição espacial. Entretanto, a maioria dos *taxa* apresentou padrões semelhantes de distribuição espacial da abundância e biomassa. Apenas a biomassa do *taxon* *A. lineatus* aumentou significativamente em direção ao mar e a do *S. rastrifer* apresentou padrões semelhantes de distribuição no dois rios. As espécies *A. declivis*, *S. greeleyi* e *S. tessellatus* apresentaram diferenças significativas entre os rios (Figura 15).

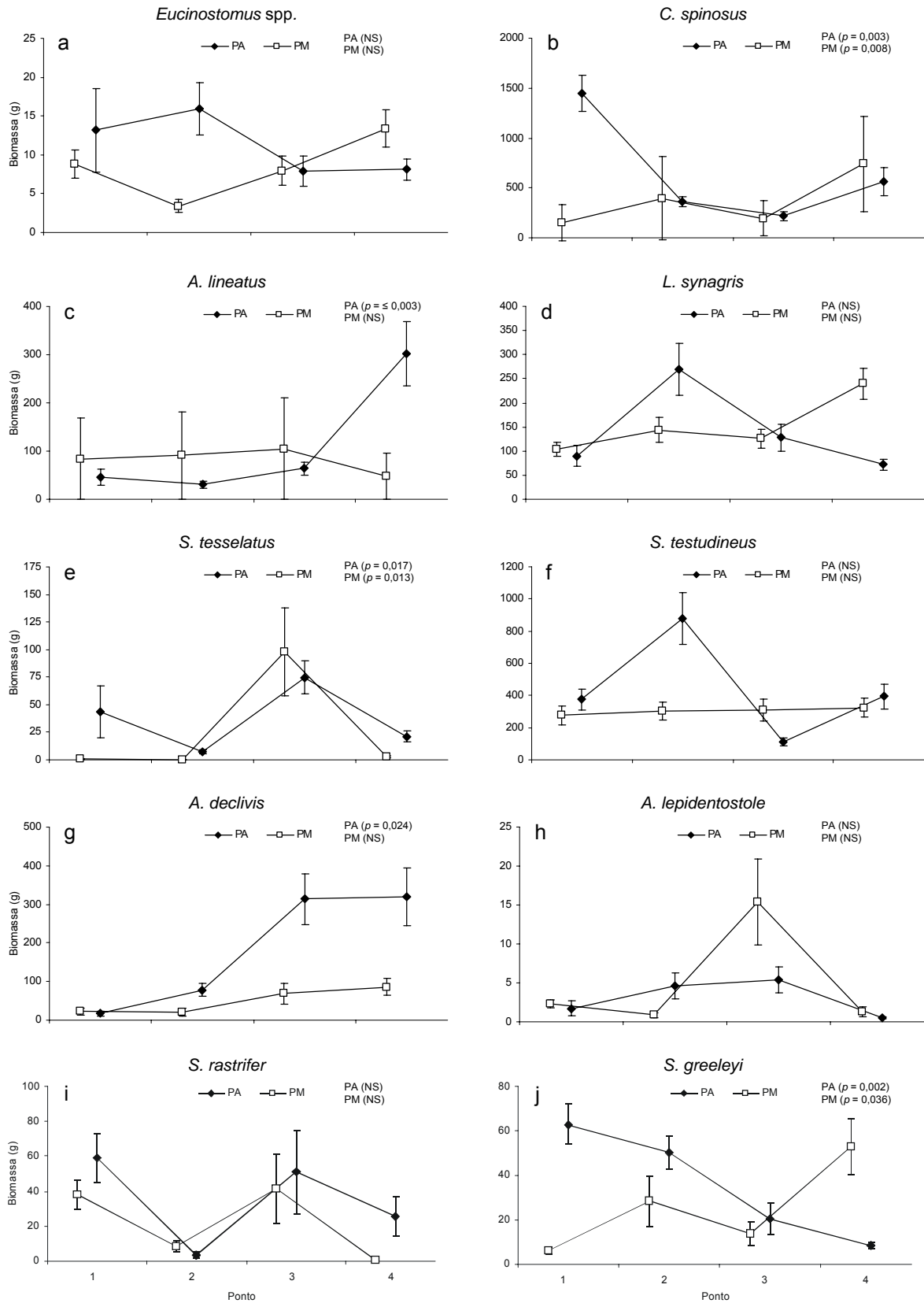


Figura 15 - Biomassa média (\pm erro padrão) por ponto (por 1000 m²) dos 10 taxa mais abundantes no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-Açu e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Os resultados do teste de Friedman (n = 13) entre os pontos de cada rio estão inseridos nos gráficos. NS = Não significante.

Variações temporais

Os dois rios apresentaram padrões similares de variação temporal da abundância total, porém não houve correlação significativa entre eles (Spearman). O PA apresentou maiores valores na abundância total, quando comparado ao PM, e o mês com maior abundância total foi abril de 2004. Os menores valores foram encontrados nos meses de agosto e novembro de 2003 (PM) e dezembro de 2003 (PA) (Figura 16).

Os valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener foram significativamente correlacionados entre os rios. Os menores valores foram encontrados nos meses de agosto de 2003 (no PM) e novembro e dezembro de 2003 (nos PA e PM) (Figura 16).

De forma geral, os padrões temporais encontrados evidenciam a formação de um período de baixa abundância e diversidade (novembro 2003 a janeiro de 2004) e outro de elevada, que parece coincidir com o período úmido (janeiro 2004 a maio 2004).

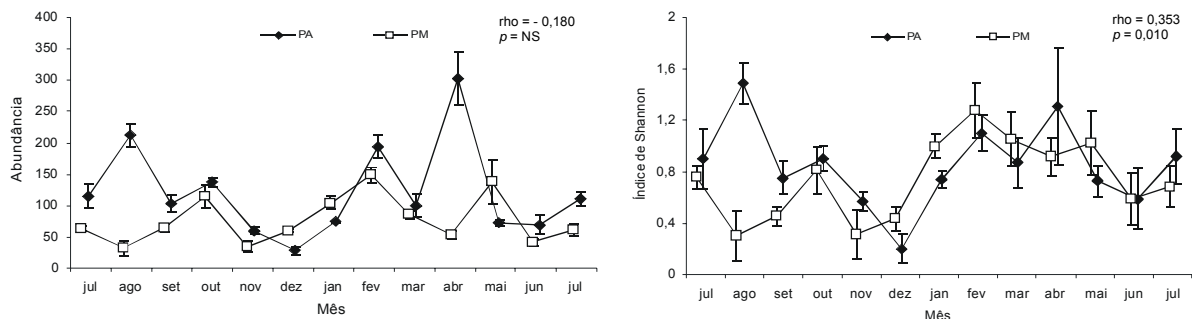


Figura 16 - Média (\pm erro padrão) da abundância total (por 1000 m²) e do índice de diversidade de Shannon-Wiener por mês no estuário dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Teste de correlação de Spearman entre os rios ao longo do tempo (n = 52). NS = Não significativa.

Assim como encontrado na distribuição espacial, a variação temporal da abundância dos 10 taxa mais expressivos não parece seguir um padrão definido. O *taxon Eucinostomus* spp. foi mais abundante de julho/03 a setembro/03 no PA e de julho/03 a fevereiro/04 no PM (Figura 17.a). A espécie *C. spinosus* foi mais abundante no PA nos meses de setembro/03 a novembro/03, e após esse período a abundância variou de forma similar nos dois rios. Houve um aumento simultâneo da abundância desta espécie em junho/04 e julho/04 (Figura 17.b).

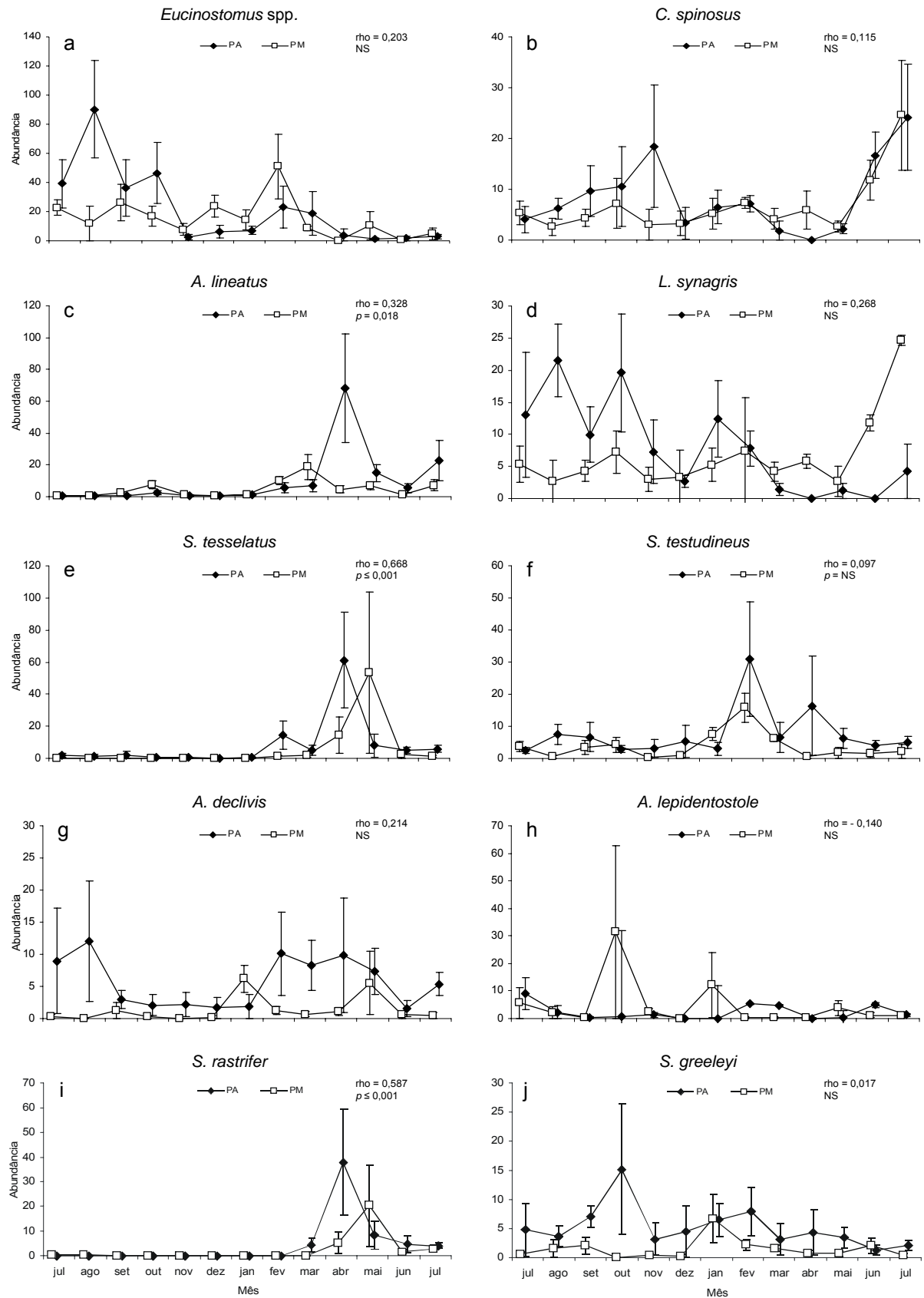


Figura 17 - Abundância média (\pm erro padrão) mensal (por 1000 m²) dos 10 taxa mais abundantes no Sistema Estuarino dos Rios Piraguê-Açu e Piraguê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Teste de correlação de Spearman entre os rios ao longo do tempo (n = 52). NS = Não significativa.

A abundância de *A. lineatus* foi significativamente correlacionada entre os rios PA e PM, sendo mais elevada no período de fevereiro/04 a julho/04 (Figura 17.c). O *taxon* *L. synagris* não apresentou um padrão bem definido de variação temporal, porém após fevereiro/04 ocorreu um aumento da abundância no PM e redução no PA (Figura 17.d). A correlação entre a abundância da espécie *S. tessellatus* no PA e PM foi significativa, e o período com maior abundância foi fevereiro/04 a junho/04 (Figura 17.e). O *taxon* *S. testudineus* variou de forma diferenciada nos dois rios e foi mais abundante no período de janeiro/04 a março/04 (Figura 17.f). As espécies *A. declivis* e *A. lepidentostole* não apresentaram um padrão claro de variação temporal da abundância (Figura 17.g; Figura 17.h). Houve uma correlação da abundância do *taxon* *S. rastrifer* entre os rios, e este foi mais abundante de março/04 a junho/04 (Figura 17.i). A abundância da espécie *S. greeleyi* apresentou um padrão bem definido ao longo do tempo (Figura 17.j). Para os demais *taxa* não foi possível fazer inferências sobre a distribuição temporal devido ao baixo número de indivíduos capturados.

De forma geral, o comprimento total (CT) médio dos indivíduos capturados no PM foi mais constante sob o ponto de vista temporal, ocorrendo apenas um aumento do tamanho médio após dezembro/03, e que se manteve até julho/04. A maior média foi encontrada no PA, em dezembro/03, e os menores valores foram observados no PM durante o mês de outubro/03. No PA foi observado um aumento do tamanho médio nos meses de novembro/03 a fevereiro/04 e maio/04 a julho/04 (Figura 18).

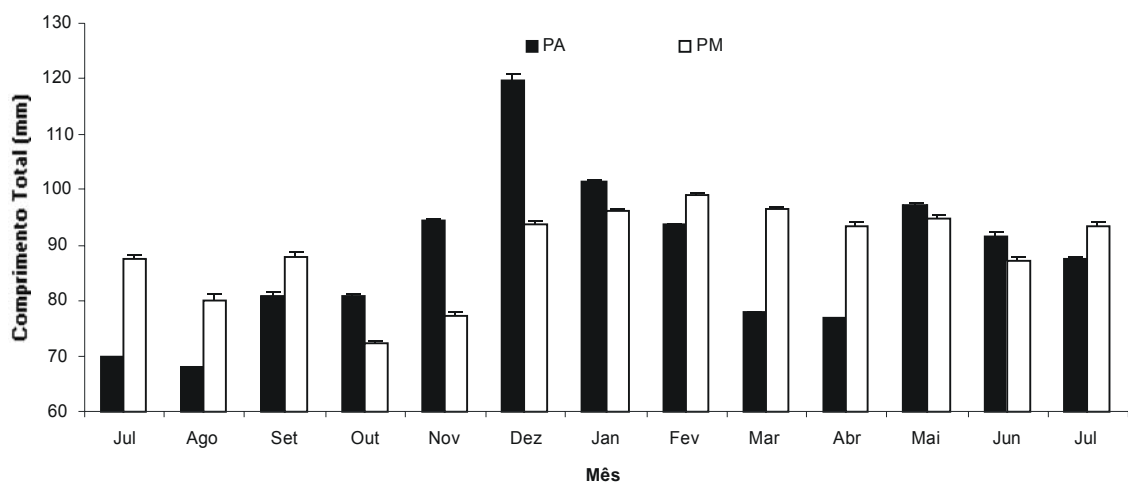


Figura 18 - Média mensal (+ erro padrão) do comprimento total dos indivíduos capturados no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim.

Devido às diferenças espaciais anteriormente comentadas, as análises de agrupamento (Figura 19) para cada estuário foram realizadas de forma separada. No PA, os meses foram agrupados em 3 grupos (Figura 19.a). O primeiro grupo é formado pelos meses de abril/04 e maio/04 (Figura 16), que apresentam elevada abundância de algumas espécies (*A. lineatus*, *S. tessellatus*, *S. testudineus*, *A. declivis* e *S. rastrifer*) (Figura 17.c.e.f.g.i). O grupo II é composto por meses de baixa abundância (novembro/03, junho/04 e julho/04) para a maioria das espécies (exceto *C. spinosus*), e representa a transição entres os grupos I e III (Figura 16 e 17). O grupo III é formado pelo restante dos meses, que apresentam espécies (*Eucinostomus* spp., *L. synagris*, *A. declivis* e *S. greeleyi*) com elevada abundância nesse período (Figura 17.a.d.g.j). No PM, os meses foram agrupados em 4 grupos (Figura 19.b). No grupo I estão os meses de abril/04 e maio/04, que apresentam valores altos de abundância para as espécies *S. tessellatus*, *A. declivis* e *S. rastrifer*. No segundo grupo estão os meses de junho/04 e julho/04, que representam meses de baixa abundância para maioria das espécies, exceto para *C. spinosus* e *L. synagris* (Figura 17.b.c). O grupo III é formado pelo mês de março/04, que foi um mês de baixa abundância para a maioria das espécies (Figura 17). O grupo IV é formado pelo restante dos meses, que apresentam espécies (*Eucinostomus* spp., *S. testudineus*, *A. declivis* e *S. greeleyi*) com elevada abundância nesse período (Figura 17.a.f.g.j).

A correlação entre clusters para o PA e o PM, foi significativa (teste de Mantel: $r = 0,903$; $p \leq 0,001$), indicando assim uma utilização similar dos dois rios pela ictiofauna.

A biomassa dos 10 taxa mais abundantes variou de maneira semelhante à abundância e não seguiu um padrão multi-específico de distribuição temporal (Figura 20). As diferenças mais óbvias entre evolução temporal da abundância, de um lado, e biomassa, de outro, são especialmente percebíveis para *C. spinosus*, *L. synagris* e *A. declivis*. Assim, as biomassas de *C. spinosus* (nos dois rios) e *L. synagris* (apenas no PM) diminuíram nos meses de junho/04 e julho/04 (Figura 20.b.d) enquanto as abundâncias aumentaram. De maneira similar, em julho/04 a biomassa de *A. declivis* aumentou (Figura 20.c) enquanto a abundância diminuiu.

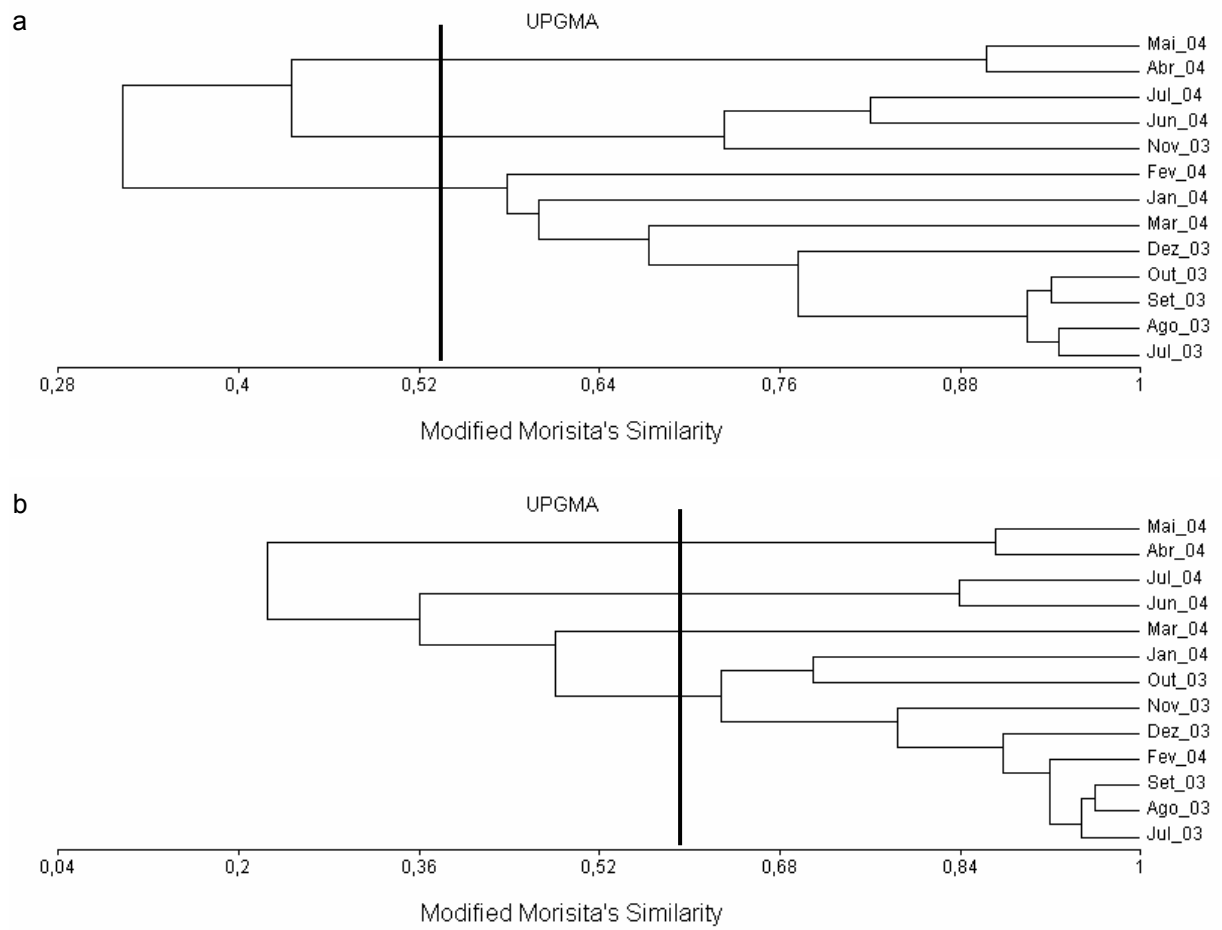


Figura 19 - Análise de agrupamento utilizando o Índice modificado de similaridade de Morisita, no método UPGMA, onde foram relacionados os meses em função da abundância média de cada *taxa*. A barra vertical evidencia a formação de grupos. (a) Piraquê-açú e (b) Piraquê-mirim.

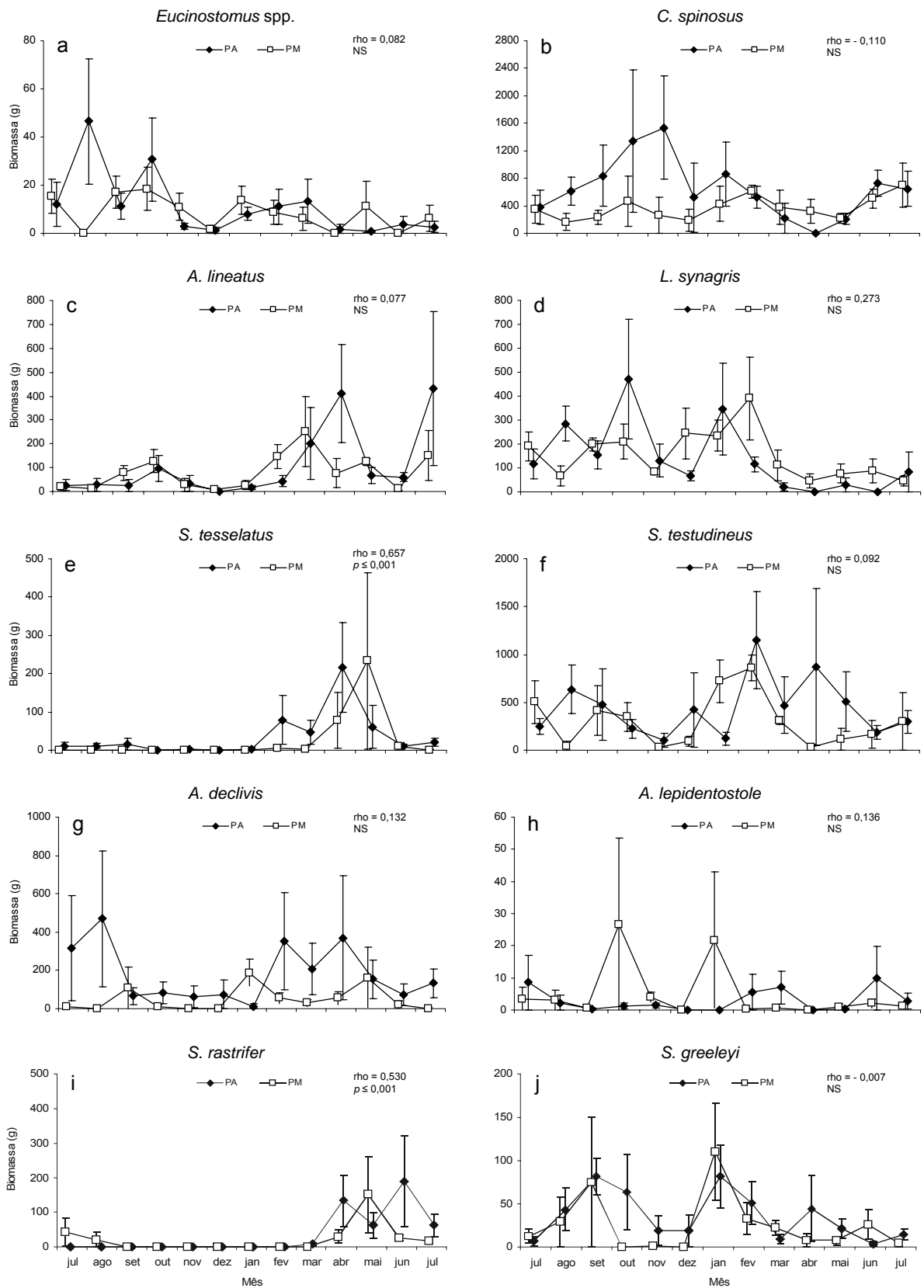


Figura 20 - Biomassa média (\pm erro padrão) mensal (por 1000 m²) dos 10 taxa mais abundantes no Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-Açu e Piraquê-mirim. As séries de dados para cada rio (no eixo "x") estão deslocadas para melhor visualização. Teste de correlação de Spearman entre os rios ao longo do tempo (n = 52). NS = Não significativa.

Discussão

Uma característica marcante dos sistemas aquáticos marinhos do Espírito Santo é o fato de estarem localizados em uma zona de transição biogeográfica (FLOETER & GOMES, 1999; FLOETER *et. al.*, 2001; JOYEUX, 2004; CHAGAS, 2005; CHAGAS *et. al.*, no prelo). Sendo assim, a ictiofauna do Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim possui características únicas, pois engloba parte das características tropicais (região nordeste) e subtropicais (regiões sudeste e sul) da costa brasileira. Tal fato é comprovado por análise de parcimônia realizada por Chagas (2005) que demonstra uma acentuada diferença entre os sistemas estuarinos da Baía de Vitória e dos Rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim e os demais estuários brasileiros. Mesmo assim, padrões comuns aos estuários brasileiros em geral foram detectados, tais como o aumento da abundância e da diversidade no período chuvoso (ARAÚJO *et. al.*, 1998; CASTRO, 2001, SPACH *et. al.*, 2003; SPACH *et. al.*, 2004 A; SPACH *et. al.*, 2004 B; CHAGAS, no prelo). Esse padrão é explicado pelo aumento do aporte de nutrientes continentais que conseqüentemente subsidia um maior número de indivíduos e espécies sendo, em alguns casos, associado a períodos reprodutivos (e.g. Engraulidae) (MACIEIRA *et. al.*, em fase de elaboração; EKAU *et. al.*, 2001; BARLETTA-BERGAN *et. al.*, 2002; JOYEUX *et. al.*, 2004). Um dos fatores que diferencia os estuários do ES dos outros estuários brasileiros estudados até o presente momento é a dominância (70% da abundância total média) das famílias Achiridae, Cynoglossidae, Gerreidae, Lutjanidae e Tetraodontidae (em geral), e Diodontidae, Engraulidae e Sciaenidae (apenas no presente estudo). A Baía de Paranaguá – PR, por exemplo, é dominada pelas famílias Ariidae, Engraulidae, Gerreidae, Haemulidae, Pristigasteridae e Sciaenidae (Dados Milênio RECOS) enquanto as famílias Ariidae, Gerreidae, Sciaenidae, Carangidae e Sparidae são dominantes na Baía de Sepetiba (ARAÚJO *et. al.*, 1998) e Achiridae, Ariidae, Aspredinidae, Auchenipteridae, Engraulidae, Haemulidae, Pristigasteridae e Stromateidae dominam no Rio Curuçá - PA (Dados no Projeto Milênio RECOS) (Figura 21). Tal padrão de utilização demonstra que os estuários do ES (Baía de Vitória e PA e PM) são muito importantes para as famílias Gerreidae, Achiridae, Cynoglossidae, Tetraodontidae e, principalmente, para a família Lutjanidae, pouco abundante em outros estuários brasileiros.

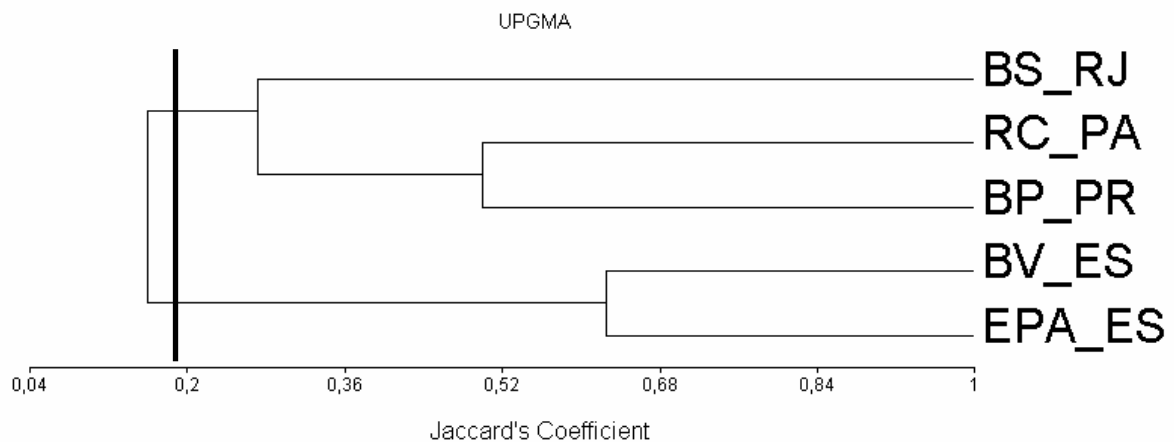


Figura 21 - Análise de agrupamento utilizando o coeficiente binário de Jaccard, no método UPGMA, onde foram relacionados os locais em função da dominância (70% da abundância total média) ou não da família. BP_PR = Baía de Paranaguá (Dados Milênio RECOS); RC_PA = Rio Curuçá (Dados Milênio RECOS); BS_RJ = Baía de Sepetiba (ARAÚJO *et. al.*, 1998); BV_ES = Baía de Vitória (CHAGAS, no prelo) e EPA_ES = Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim.

A análise dos 10 taxa mais abundantes evidencia uma elevada abundância média e baixa biomassa média de *Eucinostomus spp.*, *Symphurus tessellatus* e *Anchoviella lepidentostole*, que representam 28,5 % da abundância total e apenas 2,3 % da biomassa total. Para as espécies *Lutjanus synagris*, *Achirus lineatus* e *Achirus declivis* observa-se uma baixa abundância média, 16,7 % da abundância total, e alta biomassa média, 18,6 % da biomassa total. Observa-se, desta forma, a estrutura clássica de uma pirâmide trófica, onde os planctívoros e bentívoros, de menor biomassa média, estão em maior número nas partes basais da cadeia, e os piscívoros e macrobentívoros, de maior biomassa média, estão em menor número nos níveis mais elevados.

As diferenças detectadas na composição ictiofaunística dos rios PA e PM devem-se, principalmente, às características particulares de cada rio. Assim, o fato da abundância média total e da diversidade serem maiores no PA pode ser explicado pela maior aporte de nutrientes. Entretanto, essas diferenças foram suficientemente importantes somente para algumas espécies, fazendo com que a abundância das mesmas fosse maior no PA ou até mesmo restringindo sua ocorrência (e.g. *H. reidi* e *R. randalli*) para este estuário. Provavelmente, esse padrão espacial aplica-se a outras espécies mas, devido à baixa ocorrência, não foi detectado pelos testes estatísticos. A discreta elevação da abundância nos pontos PA-2 e PM-3 parece estar relacionada com o aumento da turbidez que diminuiria o risco de predação devido à redução da visibilidade (CURIO, 1976; HELFMAN *et. al.*,

1997). Isso favorece os peixes de níveis tróficos inferiores, que são menores e numericamente dominantes. Esse padrão espacial é bem marcado no PA para o *taxon Eucinostomus spp.*, que é composto essencialmente por indivíduos muito jovens. O mesmo pode-se afirmar em relação ao tamanho médio dos indivíduos no PA que, devido às características mais estuarinas, favorece o desenvolvimento dos juvenis e, devido a menor profundidade, minimiza o risco de predação (LAEGDSGAAR & JOHNSON, 2001; PATERSON & WHITFIELD, 2000).

A abundância total média e o comprimento total médio variaram de forma oposta no PA, ou seja, quando o tamanho médio aumenta, a abundância diminui, sendo a recíproca verdadeira. Isso é particularmente notável no período que se estende de dezembro/03 a abril/04 (Figura 15 e Figura 17). Essa relação inversa entre tamanho e abundância pode ser explicada de quatro formas. A primeira hipótese seria de que peixes maiores, que necessitam de um maior volume de recursos, teriam sua abundância limitada pela disponibilidade de recursos. A segunda seria que a diminuição de peixes grandes, que têm parte da dieta alimentar composta por peixes menores, possibilitaria um aumento da abundância das espécies menores e dos juvenis. A terceira hipótese estaria ligada às migrações reprodutivas e ontogenéticas de algumas espécies. A última hipótese seria explicada pela interação entre crescimento e mortalidade porque, ao longo do tempo, o número de indivíduos de cada *cohort* tende a diminuir ao mesmo tempo em que os indivíduos crescem. Uma combinação das duas últimas hipóteses parece ser a explicação mais plausível, porém, as outras duas hipóteses não podem ser descartadas. Os padrões anteriormente citados foram menos evidentes para o PM devido, provavelmente, ao menor número de indivíduos capturados e às características menos estuarinas.

De forma geral, o funcionamento desses dois rios para os 10 *taxa* mais abundantes é similar em escala temporal (meses) e distinto em escala espacial (pontos). Portanto, a variação sazonal dos parâmetros bióticos (e.g. recrutamento, migração, predação) e abióticos (e.g. pluviosidade, temperatura, salinidade) ocorreria de forma parecida nos PA e PM. Assim, a conectividade entre os rios permite que cada *taxa* seja representado por uma única “população” cuja distribuição espacial em cada rio é regulada por fatores abióticos e bióticos diretos.

Conclusões

- Para atingir os objetivos gerais e específicos do trabalho, as amostragens foram direcionadas à captura de peixes demersais. Portanto, a ictiofauna presente em canais (e.g. Poecilidae), na superfície (e.g. Belonidae, Atherinidae), muito próxima das margens (e.g. Belonidae, Exocoetidae) e críptica (e.g. Gobiidae e Eleotridae) foi subestimada por este trabalho. Para um levantamento mais preciso é necessária a utilização de outras artes de pesca como: tarrafas, covos, peneiras, rede de picarés, redes de espera, espinhéis, entre outras.
- O fato dos dois rios (PA e PM) possuírem uma conexão em comum com o oceano atlântico implica que eles estão igualmente influenciados pelas águas costeiras (e.g. recrutamento larval, imigração / emigração de peixes e características físico-químicas da água). Portanto, as diferenças espaciais na composição ictiofaunística estão relacionadas às características físico-químicas da água e às características hidrológicas, morfológicas, biológicas e geológicas de cada rio.
- Os estuários do ES (Baía de Vitória e PA e PM), ao contrário de outros estuários brasileiros, parecem ter uma elevada importância para a família Lutjanidae, em especial para *Lutjanus synagris*. Essas áreas provavelmente servem como “berçário” para essa espécie.

Referências

ABLE, K. W. A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. v. 64, p. 5 - 17, 2005.

ARAÚJO, F. G., CRUZ-FILHO, A. G., AZEVÊDO, M. C. C. & SANTOS, A. C. A. Estrutura da comunidade de peixes demersais da Baía de Sepetiba, RJ. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 58, n. 3, p. 417 - 430, 1998

BARLETTA-BERGAN, A., BARLETTA, M., SAINT-PAUL, U. Community structure and temporal variability of ichthyoplankton in North Brazilian mangrove creeks. **Journal of Fish Biology**. v. 61 (Supplement A), 33 – 51, (2002)

BARROSO, G. F. **Development of an evaluation framework for sustainable bivalve aquaculture: a strategic plan approach in Espírito Santo, Brazil**. Tese (Doutorado em Geografia), University of Victoria, Canadá, 2004.

BONNET, E. & VAN DE PEER, Y. zt: a software tool for simple and partial Mantel tests. **Journal of Statistical Software**. v. 7, p. 1 – 12, 2002.

BLABER, S. J. M., FARMER, M. J., MILTON, D. A., PANG J., BOON-TECK, O. & WONG, P. The ichthyoplankton of selected estuaries in Sarawak and Sabah: composition, distribution and habitat affinities. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. v. 45, p. 197 - 208, 1997.

BLABER, S. J. M. “Fish in hot water”: the challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries. **Journal of Fish Biology**. v. 61, p. 1 - 20, 2002.

CARVALHO-FILHO, A. **Peixes: costa brasileira**. 3. ed. São Paulo: Melro, 1999.

CASTRO, A. C. L. de. Diversidade da assembléia de peixes em igarapés do estuário do Rio Paciência (MA-Brasil). **Atlântica**. v. 23, p. 39 - 46, 2001.

COUTO, E. C G. Feeding habits of sole fish (*Achirus declivis* (Chabanaud, 1940) (Teleostei : Soleidae)) in the River Sergipe Estuary (Northeastern, Brazil). IAG/IAPSO/IAB, 2005

CURIO, E. The ethology of predation. Berlin: Springer-Verlag. 1976

CHAGAS, L. P. **Aspectos zoogeográficos da ictiofauna estuarina no Atlântico oeste**. Monografia (Bacharelado em Oceanografia), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

CHAGAS, L. P. (no prelo) Small-scale spatial changes in estuarine fish: subtidal assemblages in tropical Brazil. **Journal Marine Biology**. v. 86, 2006.

DAWSON, C. E. & VARI, R. P. **Fishes of the Western North Atlantic (8)**. 1.ed. Sears Foundation for Marine Research, Yale University: New Haven, 1982.

DUFRENE, M. & LEGENDER, P. Species assemblages and indicator species definition: the need of an asymmetrical and flexible approach. **Ecological Monographs** v. 67, p. 345 - 366, 1997.

ECOUTIN, J. M., RICHARD, E., SIMIER, M., ALBARET, J .J. Spatial versus temporal patterns in fish assemblages of a tropical estuarine coastal lake: The Ebrié Lagoon (Ivory Coast). **Estuarine Coastal and Shelf Science**. 2005 (in press).

EKAU, W., WESTHAUS-EKAU, P., MACÊDO, S. J. & DORRIEN, C. V. The larval fish fauna of the “Canal de Santa Cruz” – Estuary in northeast Brazil. **Tropical Oceanography**, v. 29, n. 2, p. 1-12, 2001

FIGUEIREDO, J. L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil – Introdução. Cações, raias e quimeras**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1977

FIGUEIREDO, J.L. MENEZES, N.A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil** - II Teleostei (1). 1.ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1978.

FIGUEIREDO, J.L. MENEZES, N.A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil** - III Teleostei (2). 1.ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1980.

FIGUEIREDO, J.L. MENEZES, N.A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil** - VI Teleostei (5). 1.ed. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2000.

FLOETER, S. R. & SOARES-GOMES, A. Biogeographic and species richness patterns of Gastropoda on the southwestern Atlantic. **Journal of Biogeography**. v. 59, p. 567 - 575, 1999.

FLOETER, S.R., GUIMARÃES, R.Z.P., ROCHA, L.A., FERREIRA, C.E.L., RANGEL, C.A. & GASPARINI, J.L. Geographic variation in reef-fish assemblages along the Brazilian coast. **Global Ecology and Biogeography**. v. 10, p. 423 - 433, 2001

FROESE, R. & D. PAULY. **FishBase.World**. Disponível em: <<http://www.fishbase.org>>. Acesso em 19 mai. 2005.

GILLANDERS, B. M. Using elemental chemistry of fish otoliths to determine connectivity between estuarine and coastal habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 64, p. 47 - 57, 2005.

HELFMAN, G. S., COLLETTE, B. B. & FACEY, D. E. **The Diversity of Fish**. 1.ed. Victoria, Blackwell Science, 1997.

HOLLAND, B. S. Genetics of marine bioinvasions. **Hydrobiologia**. v. 420, p. 63 – 71, 2000.

HUMANN, P. & DELOACH, N. **Reef Fish: Identification, Florida Caribbean Bahamas**. 3 .ed. Jacksonville: New World Publications, INC., 2002.

JOYEUX, J. C., PEREIRA, B. B. & ALMEIDA, H. G. The flood-tide ichthyoplanktonic community at the entrance into a Brazilian tropical estuary. **Journal of Plankton Research**. v. 26, n. 11, p. 1277 - 1287, 2004.

LAEGDSGAARD, P & JOHNSON, C. Why do juvenile fish utilize mangrove habitats? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 257, p. 229 - 253, 2001.

MACIEIRA, R., JOYEUX, J-C. & PEREIRA, B. B. **Are there patterns of utilization a tropical estuary by the ichthyoplankton? (dados não publicados)**

MENEZES, N. A. FIGUEIREDO, J. L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil - IV Teleostei (3)**. 1.ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1980.

MENEZES, N. A. FIGUEIREDO, J. L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil - V Teleostei (4)**. 1.ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1985.

MOURA, R. L., FIGUIREDO, J. L. & SAZIMA, I. A new parrotfish (scaridae) from Brazil, and revalidation of *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842), *Sparisoma frondosum* (Agassiz, 1831), *Sparisoma axillare* (Steindachner, 1878) and *Scarus trispinosus* Valenciennes, 1840. **Bulletin of Marine Science**. v. 68, n. 3, p. 505 - 524, 2001.

MOBERG, F & RÖNNBÄCK, P. Ecosystem services of the tropical seascape: interaction, substitutions and restoration. **Ocean & Coastal Mangement**. v. 46, p. 27 - 46, 2003.

NELSON, Joseph S. **Fishes of the world**. 3 ed. New York: Wiley, 1994.

ODUM, W. E. & HEALD, E. J. Trophic analyses of an estuarine mangrove community. **Bulletin of Marine Science**. v. 3, n. 22, p. 671 - 738, 1972

PATERSON, A. W. & WHITFIELD, A. K. Do Shallow-water Habitats Function as Refugia for Juvenile Fishes? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 51, p. 359 - 364, 2000.

RANDALL, J. E. Food Habits of Reef Fishes of the West Indies. **Studies in Tropical Oceanography**. v. 5, p. 665 - 847, 1967.

RAY, G. C. Connectivities of estuarine fishes to the coastal realm. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. v. 64, p. 18 - 32, 2005.

ROSS, S. W. & RHODE, F. C. The Gobioid Fishes of North Carolina (Pisces: Gobioidae). **Bulletin of Marine Science**. v. 74, n. 2, p. 287 - 323, 2004

SILVA, M. A., ARAÚJO, F. G., AZEVEDO, M. C. C. & MENDONÇA, P. Distribuição espacial e temporal de *Cetengraulis edentulus* (Cuvier) (Actinopterygii, Engraulidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 20, n. 4, p. 577 - 581, 2003.

SPACH, H. L., SANTOS, C. & GODEFROID, R. S. Padrões temporais na assembléia de peixes na gamboa do Sucuriú, Baía de Paranaguá, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 20, n. 4, p. 591 - 600, 2003.

SPACH, H. L., GODEFROID, R. S., SANTOS, C., JUNIOR, R. S. & QUEIROZ, G. M. L. Temporal Variation in Fish Assemblage Composition on a Tidal Flat. **Brazilian Journal of Oceanography**. v. 52, n. 1, p. 47 - 58, 2004. a

SPACH, H. L., SANTOS, C., GODEFROID, R. S., NARDI, M. & CUNHA, F. A. Study of The Fish Community Structure in a Tidal Creek. **Brazilian Journal of Biology**. v. 64, n. 2, p. 337 - 351, 2004. b

SZPILMAN, M. **Peixes marinhos do Brasil: guia prático de identificação**. Instituto Ecológico Aqualung: Rio de Janeiro, 2000.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4 ed. Prentice Hall, New Jersey. 1999

Aceito na Neotropical Ichthyology

Capítulo 2

First records of ambicoloration and morphological aberration in the sole *Achirus declivis* (Pleuronectiformes: Achiridae) and two other cases of color abnormalities in achirid soles from southeastern Brazil

Raphael M. Macieira, Jean-Christophe Joyeux & Leandro Pereira Chagas

Abstract

Three cases of color abnormalities and one of morphological aberration in flatfishes of the genus *Achirus* are described from the Piraquê-Açú River estuary, Espírito Santo, Brazil. One *A. declivis* specimen has 75% of the blind side with coloration like that of the ocular side. Another specimen of the same species is strongly hypomelanistic. A third specimen has incomplete eye rotation and hooked dorsal fin. An ambicolored *A. lineatus* is also described.

Resumo

Três casos de anormalidades pigmentares e um caso de malformação morfológica são descritos em linguados do gênero *Achirus* do estuário do Rio Piraquê-Açú, Espírito Santo, Brasil. Um espécime de *A. declivis* tem o lado cego com coloração idêntica à do lado oculado. Um outro indivíduo desta mesma espécie tem hipomelanização acentuada. Um terceiro espécime tem rotação incompleta do olho e início da nadadeira dorsal em formato de gancho. Um *A. lineatus* ambicolorido é também descrito.

Keywords

Flatfishes, Hypermelanosis, Hypomelanosis, Ocular side, Blind side, Abnormal eye rotation

Scientific Note

Color abnormalities have been reported for a variety of flatfish species (e.g., Dawson, 1962; White & Hoss, 1964; Taylor, *et al.*, 1973; Gartner, 1986; Diaz de Astarloa, 1995, Venizelos & Bennetti, 1999; Bolker & Hill, 2000, Chaves *et al.*, 2002, Purchase *et al.*, 2002). Their occurrence in laboratory-reared fishes has been associated with stress during larval metamorphosis but whether color anomalies result from more general metabolic problems is unclear (Venizelos & Benetti, 1999; Purchase *et al.*, 2002). Pigmentation anomalies can occur on both sides of the body. Hypomelanosis results in white patches or areas devoid of normal pigmentation on either ocular or, less frequently, blind side of the body. On the other hand, hypermelanosis refers to the presence of pigmented patches on the blind side (Venizelos *et al.*, 1999). Ambicoloration specifically refers to the presence of ocular-side color and pattern on the blind side. The two most common types of abnormalities in flatfish, aberrant coloration and head deformities (see Dalhberg, 1970, and Gartner, 1986) may be linked through the eye migration process during metamorphosis (Okada *et al.*, 2003). Ambicoloration occurs through the development of two ocular sides with abnormal (primary ambicoloration) or normal (secondary ambicoloration) eye location in post-transformation individuals. Similarly, albinism results from the development of two blind sides with (primary albinism) or without (secondary albinism) eye mislocation. Secondary coloration could, at least in some cases, be caused by injuries (Gartner, 1986). Animals affected by either abnormality often present scaling aberrations such as scales, in isolation or in group, larger or smaller than normal or mis-oriented to angles up to 180° off the typical orientation (Dawson, 1962).

Here we report on color and head anomalies in two species of American soles, the plainfin sole *Achirus declivis* Chabanaud, 1940 and the lined sole *Achirus lineatus* (Linnaeus, 1758). There are few previous record of similar aberrations in achirid soles. Color anomalies have been described for *Achirus lineatus* (but only for laboratory-reared fishes), *Gymnachirus melas* Nichols, 1916 e *Trinectes maculatus* (Bloch & Schneider, 1801) (see Dawson, 1962, and Gartner, 1986 and references therein). Head malformations have only been reported for tank-raised *A. lineatus* and wild *T. maculatus* (Dawson, 1962; Gartner, 1986).

The sole specimens were caught in the Piraquê-Açú River (40°09' W and 19°57' S), the northern arm of the Piraquê-Açú Piraquê-Mirim Estuarine System (PAPM), county of Aracruz, Espírito Santo, Brazil. Overall, the estuarine area is well preserved with only a low to moderate level of human impact (Barroso, 2004). Sampling was done monthly between April 2003 and June 2004 during daytime using a 9,3 m otter trawl of 13 mm mesh between knots in the wings and 5 mm in the cod-end. All trawl samples (n = 126) were kept on ice and frozen until processing. Four abnormal specimens of the genus *Achirus* were found among 252 *A. declivis* and 388 *A. lineatus*. In the laboratory, specimens were thawed, fixed in 10% formaldehyde solution and stored in 70% ethanol. Surface areas were estimated using the grid method on a digital photography in an imaging software (Håkanson, 1981). All specimens were radiographed. X-ray plates and specimens were deposited in the fish collections of the Museu de História Natural, Universidade Estadual de Campinas (ZUEC 6274-6276) and of the Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES 0095).

An ambicolored *A. declivis* adult (Figs. 1a-b) of 108.8 mm standard length (SL) was caught at about 3.5 m depth. The ocular side of this specimen presented the typical uniform brown color with 12 dark transversal lines. The blind side was 75%-pigmented with coloration similar to that of the ocular side, but differed in having only 7 dark transversal lines. The specimen also had brownish white spots (ocular side) and white patches (blind side) that do not occur in normally-colored individuals. Typically, in this species the anterior half to two thirds of the blind side is unpigmented, whereas the posterior (caudal) portion is uniformly tan to light gray. Radiographs did not show skeletal anomaly. Scalation was normal.

An hypomelanistic *A. declivis* adult (Figs. 1c-d) of 119.1 mm SL was caught at about 9.5 m depth. It had abnormal coloration on its ocular side, which was whitish tan with six very faint transversal lines and also with numerous grayish brown to blackish spots. The blind side showed the normal pigmentation pattern for the species. No osteological abnormality was detected on radiographs and scalation was normal.

Ambicoloration was also recorded in a juvenile (57.7 mm SL) *A. lineatus* caught at about 4 m depth. Ocular-side coloration was typical for the species, dark brown with many sprinkled black spots. Eleven percent of the blind side had pigmentation identical to that of the ocular side, but this pigmentation was limited to

two small triangles in the gular and nape regions, respectively. The remainder of the underside was white with a few brownish patches on the rear quarter portion of the body, consistent with the typical coloration for the species. Scalation was normal. Radiographs did not evidence osteological deformity.

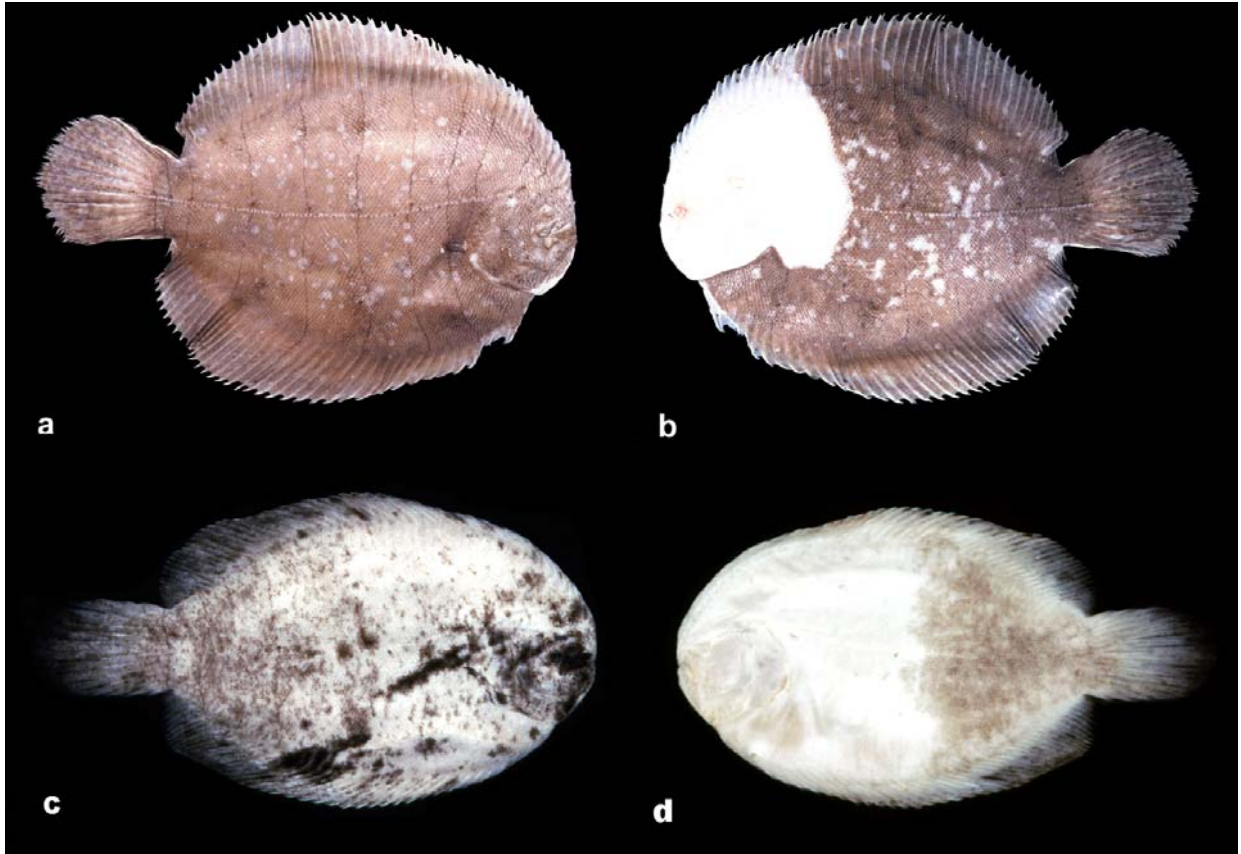


Fig. 1. Abnormal pigmentation patterns in the plainfin sole *Achirus declivis* from the Piraquê-Açú River, Espírito Santo, southeast Brazil: (a) ocular side of ambicolored 108.8 mm SL specimen (ZUEC 6274); (b) blind side of the same individual; (c) ocular side of hypomelanistic specimen 119.1 mm SL (ZUEC 6275); (d) blind side of the same individual. Photographs by Raphael M. Macieira.

A malformed adult *A. declivis* (Fig. 2a), of 94.9mm standard length, was captured at about 9.7 m depth. The eye rotation was approximately normal in extent, but the underside of the head showed a large gaping hole where had initiated the migration of the left eye at metamorphosis (Fig. 2b). There was no scale on the walls of the hole. At its center, the hole presented a hollow, approximately conical (upside down) structure of hard, bone-like material that may be the remnants of the eye socket. (The structure, that was broken off at its base during manipulation, was deposited with the specimen.) Also, the eye migration route over the skull was unfilled, leading to a strong hooking of the anterior part of the dorsal fin (Figs. 2c & 2d). The x-rays did not reveal any other osteological anomaly than those of the head.

Over the body and fins, the scales were normal in shape, size and orientation. However, the scales anterior to the left eye and on the hook were thick and erected. There was no indication of previous, healed injury. A few discolored brownish tan patches, frequently missing a few scales, were present on the anterior portion of the body, mostly above the lateral line. The posterior portion of the body had four scratches, mostly below the lateral line, with the same color and scale characteristics than patches. These superficial anomalies probably resulted from freezing and trawl damage.

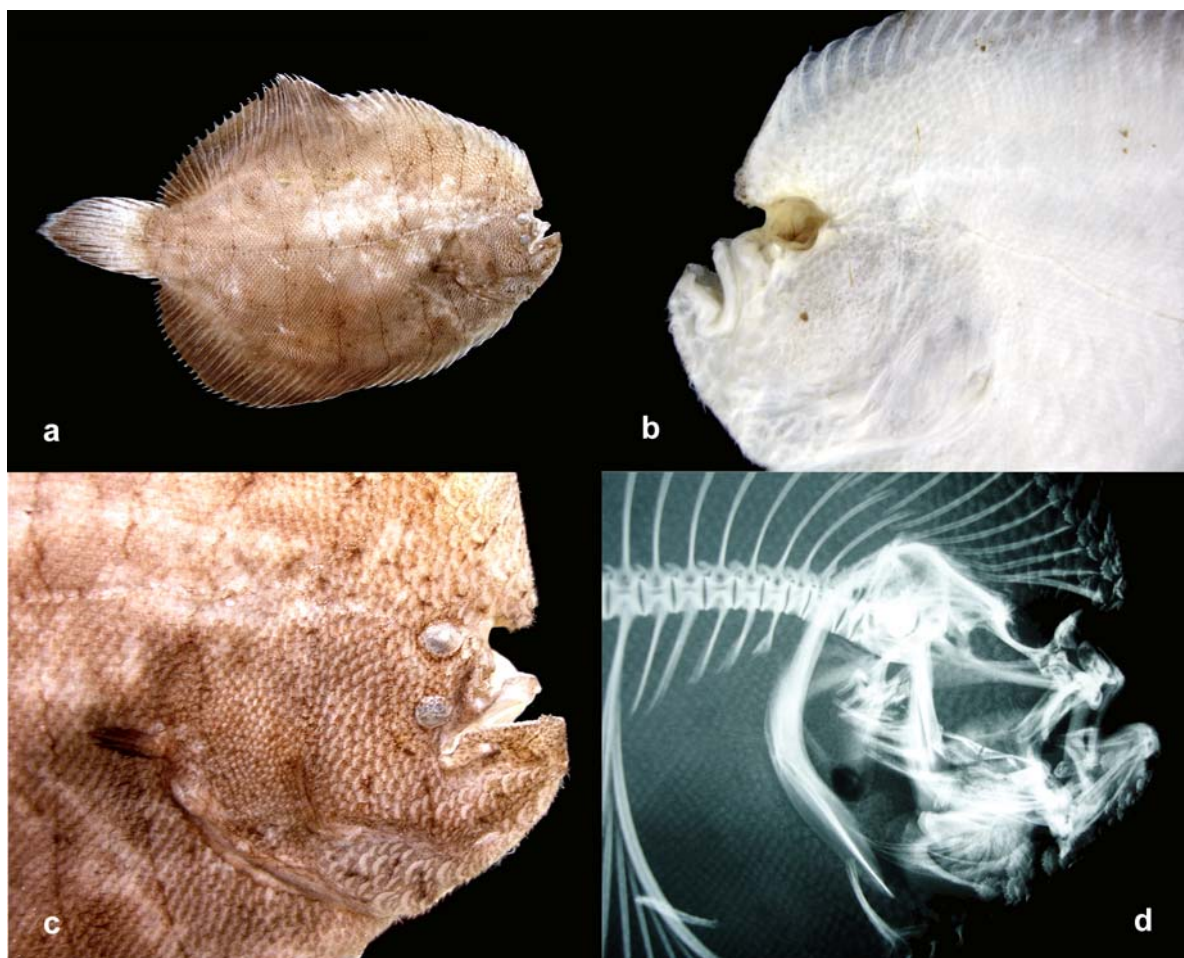


Fig. 2. Incomplete eye rotation and incomplete development of the dorsal fin over the skull in the plainfin sole *Achirus declivis* (UFES 0095; 94.9 mm SL) from the Piraquê-Açú River, Espírito Santo, southeast Brazil: (a) ocular side; (b) detail of blind side of the head; (c) ocular side of the head; (d) radiograph of the head. Photographs by Raphael M. Macieira.

The present report is the first record of coloration and morphological anomalies in *A. declivis*. It is also the first record of a wild ambicolor specimen for *A. lineatus*. It is our opinion that the ambicolor and hypomelanized specimens described here present secondary malpigmentation. Since no animal presented both

anomalous color and incomplete eye migration and also because none presented skeleton deformity (other than on the head) or unusual scaling, the study brings no support to a direct relationship between the two anomalies (e.g., Dahlberg, 1986). In fact, Okada *et al.* (2003) noted that in cultured Japanese flounder highly affected by abnormal eye location, individuals can have normal coloration or primary or secondary miscoloration, with miscoloration either albinism or ambicoloration.

In Pleuronectiformes that present abnormal pigmentation in natural populations (Gartner, 1986), the reported occurrence varies between 0.01% for partial albinism and 0.23% for ambicoloration (see Dahlberg, 1970, and references therein). Rates for ambicoloration in the PAPM estuary were 0.40% in *A. declivis* and 0.26% in *A. lineatus* while rates for hypomelanization were 0.40% for in *A. declivis* and 0.00% for *A. lineatus*. These rates, possibly underestimated, are slightly higher than those cited by Dahlberg (1970). In fact, since the study was not directed toward the detection of pigment (or other) anomalies, other abnormal specimens could have been missed during processing. Altogether, ocular-side hypomelanization seems particularly rare in achirid wild populations. One explanation may be that hypomelanistic individuals are more visible than the normally pigmented ones and, thus, more prone to be detected by visually hunting predators (Curio, 1976). Over time, the pressure of predation would naturally select for a low frequency of defect in natural populations (Bolker & Hill, 2000). High occurrence could, therefore, be related to a low abundance of predators, maybe because these are selectively removed by fishing. Overall, the hypotheses raised to explain pigmentation changes in confined fishes, such as pollution, nutritional deficiencies, substrate nature and water transparency (Venizelos *et al.*, 1999) are not sufficient to fully account for the frequency of coloration abnormalities in flatfishes that inhabit relatively pristine natural environments.

Acknowledgments

We thank João Luiz R. Gasparini, Robson Tamar da Costa Ramos and, particularly, Ivan Sazima for their support, insights and corrections over previous versions of this work. Two anonymous reviewers provided constructive comments and suggestions. The study was founded through PACT - Projeto do Milênio - Uso e Apropriação de Recursos Costeiros, Grupo Biodiversidade e Qualidade Ambiental.

Biological material was collected with permit 02009.001875/03-08 from IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis. The x-rays were graciously provided by José Macieira de Souza Filho and Marcelo Negri Solha (Clínica Radiológica Santa Ana).

Literature Cited

Barroso, G. F. 2004. Development of an evaluation framework for sustainable bivalve aquaculture: a strategic plan approach in Espírito Santo, Brazil. Unpublished PhD Thesis (Geography), University of Victoria, Canada. 229 pp.

Bolker, J. A. & C. R. Hill. 2000. Pigmentation development in hatchery-reared flatfishes. *Journal of Fish Biology*, 56: 1029-1052.

Chaves, P. T., I. D. Gomes, E. A. Ferreira, K. D. Aguiar & P. Sirigate. 2002. Ambicoloration in the flatfish *Symphurus tessellatus* (Cynoglossidae) from southern Brazil. *Acta Biologica Paranaense*, Curitiba, 31 (1,2,3,4): 59-63.

Curio, E. 1976. The ethology of predation. Berlin: Springer-Verlag, 250p.

Dahlberg, M. D. 1970. Frequencies of abnormalities in Georgia estuarine fishes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1: 95-97.

Dawson, C. E. 1962. Notes on anomalous American Heterosomata with descriptions of five new records. *Copeia*, 1962: 138-146.

Diaz de Astarloa, J. M. 1995. Ambicoloration in two flounders, *Paralichthys patagonicus* and *Xystreuris rasile*. *Journal of Fish Biology*, 47: 168-170.

Gartner, J. V. Jr. 1986. Observations on anomalous conditions in some flatfishes (Pisces: Pleuronectiformes), with a new record of partial albinism. *Environmental Biology of Fishes*, 17 (2): 141-152.

Håkanson, L. 1981. A manual of lake morphometry. New York: Springer-Verlag. 78 pp.

Okada, N., M. Tanaka & M. Tagawa. 2003. Histological study of deformity in eye location in Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Fisheries Science, 69: 777-784.

Purchase, C. F., D. L. Boyce & J. A. Brown. 2002. Occurrence of hypomelanization in cultured yellowtail flounder *Limanda ferruginea*. Aquaculture Research, 33: 1191-1193.

Taylor, G., R. R. Stickney & R. Heard, III. 1973. Two anomalous flounders (Bothidae, *Etropus crossotus*) from Georgia estuarine waters. Chesapeake Science, 14(2): 147-147.

Venizelos, A. & D. D. Benetti. 1999. Pigment abnormalities in flatfish. Aquaculture, 176: 181-188.

White, J. C. & D. E. Hoss. 1964. Another record of incomplete ambicoloration in the summer flounder, *Paralichthys dentatus*. Chesapeake Science, 5(3): 151-152.