

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos  
Trópicos/PPG-DIBICT

MORGANA MARIA MACEDO

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL EM PARÂMETROS POPULACIONAIS DE  
*Prochilodus nigricans* (TELEOSTEI: PROCHILODONTIDAE) NA AMAZÔNIA  
CENTRAL

MACEIÓ  
2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos**  
**Trópicos/PPG-DIBICT**

**MORGANA MARIA MACEDO**

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL EM PARÂMETROS POPULACIONAIS DE**  
***Prochilodus nigricans* (TELEOSTEI: PROCHILODONTIDAE) NA AMAZÔNIA**  
**CENTRAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.

**Orientador: Prof. Dr. Vandick da Silva Batista**

**MACEIÓ**  
**2011**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale

M141v Macedo, Morgana Maria.

Varição espaço-temporal em parâmetros populacionais de  
*Prochilodus nigricans* (Teleostei: Prochilodontidae) na Amazônia  
Central / Morgana Maria Macedo. Maceió – 2011.  
101 f. : il.

Orientador: Vandick da Silva Batista.

Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação) –  
Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da  
Saúde, 2011.

Inclui bibliografia e apêndices.

1. Peixe- Região amazônica. 2. Curimatã. 3. *Prochilodus nigricans*. 4.  
Peixe – Estoque. 5. Ambiente tropical. I. Título.

CDU: 597(811.1)

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho ao criador, sobretudo por reunir, em um ponto reduzido do espaço, formas de vida tão grandiosas que fascinam e intrigam aqueles capazes de perceber a dinâmica da vida à sua volta. Aos meus pais pela chance de estudar e tentar fazer a diferença.*

## AGRADECIMENTOS

*Ao meu orientador, Dr. Vandick da Silva Batista, pelos ensinamentos, debates, idéias, paciência, parceria e amizade. Obrigada por acreditar e perceber em mim um talento que sem os teus conselhos, meus descuidos jamais permitiriam que se desenvolvesse.*

*A Dr<sup>a</sup>. Nídia Noemi Fabré, minha “co-orientadora”, porém, não menos orientadora e amiga. Obrigada pelos ensinamentos e comentários sempre construtivos e motivadores. Obrigada pela hierarquia que faz do nosso querido laboratório de pesquisa (LAEPP) um dos mais produtivos, organizado e harm nico da Universidade Federal de Alagoas.*

*Aos meus amigos de curso e de trabalho Marcelo, Henrique, Cibele, Cynthia e Jordana. Tantos momentos difíceis não é gente? As dificuldades são nos aproximaram mais e tornaram mais sólida uma relação que sobressai aos muros da Universidade ou as portas do laboratório. A todos os estagiários e bolsistas que fazem ou fizeram parte da equipe do LAEPP. O mérito   de todos vocês galera!*

*A minha mãe, Neide Macedo e ao meu tio José Macedo, pelo apoio permanente, pelas orações e pela maior torcida que alguém pode ter. Ao meu pai Jorge Benedito pela dosagem perfeita de sim e não que fizeram de mim o que sou. Prometo ser o melhor que puder! Obrigada pai pelo espelho profissional que representa pra mim! Aos meus amigos- irmãos, pai e mãe ao mesmo tempo: Marlene, Bet nea, Eduardo, Flávia, Marcelle, Ana, Bete, Dijane, Moa, Cícera e Pinto. Vocês me mantiveram lúcida quando faltava pouco para desvairar e com os p s firmes e fortes no chão quando faltaram forças para continuar.*

*Ao projeto Casadinho, que proporcionou, literalmente uma viagem de conhecimentos e novas experiências a São Paulo e Minas, onde conheci pessoas e lugares que contribuíram diretamente para o meu crescimento pessoal e profissional. Neste sentido, obrigada aos Drs. Marcelo de Carvalho (USP), Na rcio A. Menezes (USP), José Lima de Figueiredo (USP), Gastão C. C. Bastos e Acácio R. G. Tomás*

*(Instituto de Pesca - Santos). Ao Mateus Soares, aluno de doutorado do prof. Marcelo, que gentilmente cedeu seu apartamento durante parte de minha estada em São Paulo.*

*Ao programa integrado de recursos aquáticos e da várzea/PYRÁ da Universidade Federal do Amazonas pelos dados cedidos para a elaboração da pesquisa. A Capes e a FAPEAL pelo apoio financeiro a mim concedido durante o curso de mestrado.*

*A todo o quadro docente do programa e aos profissionais que acompanharam o desenvolvimento do projeto de pesquisa que resultou nesta dissertação, desde a temível pré-qualificação até a defesa. Já dizia Isaac Newton: “Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes”. Vocês são estes gigantes!*

*“Há homens que lutam um dia e são bons.  
Há outros que lutam um ano e são melhores.  
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.  
Porém, há os que lutam toda a vida.  
Esses são os imprescindíveis.”*

Bertolt Brecht

## RESUMO

Na Amazônia, as pescarias artesanais comerciais exploram uma elevada diversidade de recursos ictícos, com predominância de Characiformes e Siluriformes migradores. O curimatã (*Prochilodus nigricans*) é uma dos Characiformes migradores de maior participação na produção pesqueira da região. Apesar disso, poucas são as informações a cerca da situação atual do recurso frente à exploração. Um diagnóstico preciso dos níveis de exploração toleráveis pelo curimatã deve considerar a amplitude de distribuição da espécie na bacia amazônica. Isso porque a heterogeneidade de ambientes na região, bem como a influência de fatores abióticos, pode promover a existência de unidades populacionais distintas, implicando em diferentes tolerâncias a pressão de pesca. Dessa forma, tornou-se relevante identificar possíveis unidades populacionais do curimatã em sub-bacias da Amazônia Central, considerando a influência da variabilidade espacial e temporal sobre os parâmetros que caracterizam um determinado estoque. Para tanto, extraíram-se informações de desembarque pesqueiro da espécie a partir de um banco de dados do programa integrado de recursos aquáticos e da várzea/PYRÁ da Universidade Federal do Amazonas. Para formação deste banco foram realizadas entrevistas junto aos desembarques pesqueiros de Panair e Adolpho Lisboa, em Manaus no período de 1994 a 2004. Apenas registros de curimatãs provenientes das sub-bacias Solimões, Purus e Madeira foram consideradas neste trabalho. Os resultados indicaram a existência de unidades populacionais distintas de *P. nigricans* tanto conforme o tipo de ambiente dentro de uma mesma sub-bacia, quanto entre sub-bacias distintas. Além disso, atestou-se que a ocorrência de secas acentuadas decorrentes de eventos climáticos tem forte influência sobre o crescimento da espécie, causando alterações nos parâmetros de crescimento e comprometendo a reposição natural das populações. Estes resultados chamam a atenção para a necessidade de considerar mais a fundo o tipo de ambiente no qual uma espécie está inserida, bem como para a importância de um monitoramento contínuo dos valores de parâmetros populacionais, já que a pressão de pesca deve se adequar às oscilações destes parâmetros.

**Palavras-chave:** Estoques. Curimatã. Ambiente tropical.

## ABSTRACT

In the Amazon, the artisanal fisheries explore a high diversity of fish resources, with a predominance of Characiformes and Siluriformes migratory species. The curimatã (*Prochilodus nigricans*) is a migratory species of Characiformes of big important in fisheries production in the region. Nevertheless, there is little information about the actual situation this resource about of the exploitation. An accurate diagnosis of tolerable levels of exploitation by curimatã should consider the distribution of the specie in the Amazon basin. This is because the heterogeneity of environments in the region and the influence of abiotic factors may promote the existence of differents stocks, implying different tolerances to fishing pressure. Thus, it became important to identify differents stocks of the curimatã in sub-basins of the Central Amazon, considering the influence of spatial and temporal variability on the parameters that characterize a particular stock. For this, we used information from fishing landings of the species from a database of the integrated program of water resources and floodplain / PYRA of the Federal University of Amazonas. To form this bank were conducted interviews with the fish landings of Panair and Adolpho Lisboa, in Manaus from 1994 to 2004. Only records from the curimatãs subbasins Solimões, Purus and Madeira were considered in this work. The results indicated the existence of separate stocks of *P. nigricans* well as the type of environment within the same sub-basin, and between different sub-basins. Moreover, it was certified that the occurrence of droughts caused by sharp climatic events have a strong influence on the growth of the species, causing changes in growth parameters and compromising the natural replenishment of populations. These results call attention to the need to consider more deeply the kind of environment in which one species is inserted, as well as to the importance of continuous monitoring of the values of population parameters, since the fishing pressure must be adjusted to changes these parameters.

**Key-words:** Stoks. Curimatã. Tropical environment.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 3

**Figura 1** – Médias de comprimento furcal e seus respectivos intervalos de confiança (0,95) de *P. nigricans* em lagos de várzea, situados em três sub-bacias da Amazônia Central, de 1995 a 2001 (n=2.381).. ..... 38

**Figura 2** – Médias de comprimento furcal e seus respectivos intervalos de confiança (0,95) de *P. nigricans* nas calhas principais de três sub-bacias da Amazônia Central, de 1995 a 2001 (n=15.024).. ..... 38

**Figura 3** – Série histórica dos níveis hidrológicos registrados pela estação de Manaus para a sub-bacia Solimões na Amazônia Central de 1951 a 2004. Anos com nível médio do rio abaixo de 2.000 cm representam anos com incidência de ENSO.....39

### CAPÍTULO 4

**Figura 1** – Relação de fatores e covariáveis com o número de jovens de *P. nigricans* capturados nas três sub-bacias estudadas, no período de janeiro de 1994 a dezembro de 2004.. ..... 51

**Figura 2** - Representação gráfica da influência de fatores e covariáveis sobre o número de adultos de *P. nigricans* capturados nas três sub-bacias estudadas, no período de janeiro de 1994 a dezembro de 2004..... 53

**Figura 3** – Número de adultos de *P. nigricans* capturados durante diferentes movimentos migratórios em trechos das três sub-bacias estudadas, no período de janeiro de 1994 a dezembro de 2004. A direção da seta indica o trecho a montante.. ..... 55

**Figura 4** - Esforço de pesca (nº. pescador x nº. dias) efetuado sobre *P. nigricans* em diferentes períodos hidrológicos na Amazônia Central de janeiro de 1994 a dezembro de 2004. .... 56

### CAPÍTULO 5

**Figura 1** - Comparação da distribuição de frequência de comprimento de *P. nigricans* nas sub-bacias estudadas. (A) Dados de rio (calha principal) 1994-97; (B) Dados de lago 1994 -97; (C) Dados de rio 1998 -01..... 72

**Figura 2** - Curvas de crescimento sazonal de Hoenig para as três sub-bacias estudadas no período de 1994 a 1997. (A) representa os rios e (B) os lagos. Os valores no início e fim das curvas representam, respectivamente o  $K$  e o  $L_{\infty}$  .. ..... 74

**Figura 3** - Curvas de crescimento sazonal de Hoenig para as três sub-bacias estudadas no período de 1994 a 2001. (A) representa o período que antecedeu o evento de ENSO e (D) o período posterior ao evento. ....74

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 4

**Tabela 1** – Resultados da análise de covariância do número de jovens de *P. nigricans* por viagem nas sub-bacias estudadas (n=604; r=0,29). ..... 50

**Tabela 2** - Resultados da aplicação do modelo de covariância aos dados de número de adultos de *P. nigricans* nas sub-bacias estudadas (n=604; r=0,49)..... 52

### CAPÍTULO 5

**Tabela 1** – Estimativa dos parâmetros populacionais de *P. nigricans* nas sub-bacias Solimões, Madeira e Purus, considerando-se dois tipos de ambientes (rio e lago) e dois intervalos de tempo (1994 - 97 e 1998 - 01). (T<sub>0</sub>) indica a idade teórica no tamanho zero, (K) taxa de crescimento, (L<sub>∞</sub>) comprimento assintótico, (WP) momento de redução do crescimento, (C) intensidade de oscilação sazonal e (Ø) performance de crescimento..... 73

## SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 O ambiente amazônico .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 A pesca na região amazônica e fatores ambientais intervenientes.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 <i>Prochilodus nigricans</i>: caracterização, ecologia e pesca .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4 Metapopulações e Unidades Populacionais em ecologia .....</b>	<b>26</b>
<b>2.5 O uso de métodos indiretos para estimativa de parâmetros populacionais .....</b>	<b>28</b>
<b>Referências .....</b>	<b>30</b>
<b>3 IMPACTO DO EL NIÑO- OSCILAÇÃO SUL SOBRE O CURIMATÃ (<i>Prochilodus nigricans</i>, Pisces: Prochilodontidae) NA AMAZÔNIA CENTRAL .....</b>	<b>35</b>
<b>Referências .....</b>	<b>41</b>
<b>4 HETEROGENEIDADE NA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE <i>Prochilodus nigricans</i> EM SUB-BACIAS DA AMAZÔNIA CENTRAL .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1 Introdução.....</b>	<b>44</b>
<b>4.2 Material e métodos .....</b>	<b>46</b>
Coleta de Dados.....	46
Análise de Dados .....	48
<b>4.3 Resultados .....</b>	<b>51</b>
<b>4.4 Discussão .....</b>	<b>57</b>
<b>Referências .....</b>	<b>61</b>
<b>5 DELIMITAÇÃO DE UNIDADES POPULACIONAIS EM PEIXES TROPICAIS: O CASO DE <i>Prochilodus nigricans</i> NA AMAZÔNIA CENTRAL .....</b>	<b>64</b>
<b>5.1 Introdução.....</b>	<b>65</b>
<b>5.2 Material e métodos .....</b>	<b>67</b>
Coleta de Dados.....	67
Análise de Dados .....	68
<b>5.3 Resultados .....</b>	<b>70</b>
<b>5.4 Discussão .....</b>	<b>75</b>
<b>Referências .....</b>	<b>83</b>

<b>6 DISCUSSÃO GERAL .....</b>	<b>88</b>
<b>Referências .....</b>	<b>91</b>
<b>Apêndices .....</b>	<b>93</b>

# 1 APRESENTAÇÃO

Esta dissertação apresenta uma avaliação de características biológicas e comportamentais de *Prochilodus nigricans*, um Characiforme migrador de grande importância econômica na bacia Amazônica. A heterogeneidade de ambientes da Amazônia Central, aliada à influência de fatores ambientais intervenientes e a amplitude de distribuição da espécie *P. nigricans*, tornou relevante a discriminação dos padrões de distribuição espaço-temporal dos indivíduos, dos fatores abióticos influentes e da análise dos parâmetros de crescimento estimados em diferentes ambientes. Tais informações puderam ser utilizadas para avaliar se as variáveis aferidas promoveriam a existência de vários estoques ou unidades populacionais, assim como, gerar mudanças nos valores dos parâmetros estimados. As hipóteses nulas de cada um dos dois capítulos centrais (3 e 4) são de que: (3a) há similaridades na distribuição espaço-temporal de jovens e adultos de *P. nigricans* dentro de uma mesma sub-bacia (3b) e entre diferentes sub-bacias da Amazônia Central; (4a) *P. nigricans* apresenta parâmetros populacionais comuns, podendo ser tratado como uma mesma unidade de estoque para a Amazônia Central em modelos de manejo da pesca; (4b) Os valores dos parâmetros estimados independem de variações climáticas interanuais. Para estas finalidades, iniciamos o primeiro capítulo apresentando as bases conceituais que fundamentam a elaboração e conclusão acerca das hipóteses testadas, além de fornecer ao leitor informações sobre o ambiente que representa a bacia Amazônica, a pesca e a biologia da espécie estudada. No segundo capítulo, apresentamos uma nota sobre relações entre a ocorrência de anomalias oceânico-atmosféricas e mudanças na estrutura de tamanhos de indivíduos de *P. nigricans* dentro e entre sub-bacias. Este capítulo subsidiou a definição de variáveis a serem analisadas nos capítulos posteriores. No terceiro capítulo determinamos a variabilidade espaço-temporal na quantidade de indivíduos jovens e adultos de *P. nigricans*, dentro e entre diferentes sub-bacias, efetuando comparações com possíveis variáveis abióticas relacionadas. No quarto capítulo nos baseamos nas diferenças entre os dados de tamanhos obtidos no segundo capítulo entre: anos, sub-bacias e tipo de ambiente para separar as

distribuições de frequência de comprimento, identificar coortes, estimar os parâmetros de crescimento e finalmente compará-los. Tudo isso para identificar possíveis unidades populacionais de *Prochilodus nigricans* em sub-bacias da Amazônia Central, considerando a influência da variabilidade espacial e temporal sobre os parâmetros que caracterizam um determinado estoque. Ao final, apresentamos uma discussão geral deste trabalho, mas procurando não entrar em particularidades que a discussão de cada capítulo intermediário apresentou.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O ambiente amazônico

A bacia do Amazonas, situada entre 5° de latitude Norte e 20° de latitude Sul, é delimitada pela área de abrangência do Rio Amazonas e seus afluentes. Estes se estendem por sete países: o Brasil (63%), o Peru (16%), a Bolívia (12%), a Colômbia (5.6%), o Equador (12.3%), a Venezuela (0.8%) e a Guiana (0,39%). Limita-se ao Norte pelos relevos do escudo guianense, a Oeste pela Cordilheira dos Andes, ao Sul pelo planalto do escudo brasileiro e a Leste pelo oceano Atlântico (MOLINIER *et al.*1994).

A bacia amazônica apresenta uma calha principal com sentido Oeste-Leste, constituída pelo sistema Solimões – Amazonas e tem como principais afluentes na margem esquerda os rios Iça, Japurá, Negro, Uatumã, Nhamundá, Trombetas e Jari. Na margem direita, apresenta os rios Javari, Jutaí, Juruá, Tefé, Purus, Madeira, Tapajós e Xingu (WRI 1988 *apud* AYRES 1995) (Apêndice 1).

Os rios que formam o sistema amazônico podem ser classificados, de acordo com a coloração em: rios de água branca, clara e preta. Essa classificação foi proposta primeiramente por WALLACE (1853), ao reconhecer que as propriedades ópticas das

águas estavam associadas às unidades geotectônicas das quais esses rios se originaram e posteriormente foi aprimorada por SIOLI (1975). Neste sentido, a bacia amazônica está dividida em três grandes unidades morfo-estruturais, herdadas da história geológica da bacia: os escudos cristalinos da Guiana ao Norte e do Brasil ao Sul, a Cordilheira dos Andes à Oeste e a planície sedimentar. Essas unidades ocupam, respectivamente, 44%, 11% e 45% da superfície total da bacia hidrográfica. Assim, os principais rios formadores do Amazonas apresentam características hidrográficas ligadas a estas três grandes unidades (MOLINIER *et al.*1994, BARTHEM & FABRÉ 2004).

Os rios que nascem na região Andina, unidade geotectônica mais recente, com mais de 15 milhões de anos, são denominados rios de água branca por possuírem turbidez e condutividade elevadas, além de pH próximo do neutro, devido ao bicarbonato diluído na água, que atua como tampão. Os tributários de água branca mais importantes do sistema Solimões-Amazonas são: Napo, Marañon e Tigre, nas cabeceiras, e Juruá, Purus e Madeira, afluentes da margem direita (SIOLI 1975, BARTHEM & FABRÉ 2004).

Os escudos cristalinos das Guianas e do Brasil são formações modeladas desde o Pré-Cambriano, há mais de setecentos milhões de anos (SIOLI 1975). Os rios que se originam daí são denominados de água clara por possuírem uma grande transparência, como Tapajós, Xingu e Trombetas. Quimicamente, os rios de águas claras são bastante heterogêneos em termos de pH e condutividade elétrica (RIBEIRO 1983), contudo, de uma forma geral, estas águas são consideradas quimicamente pobres, com condutividades baixas e pH quase neutro (BARTHEM & FABRÉ 2004).

A bacia sedimentar amazônica foi formada a partir da Era Cenozóica, com os sedimentos carregados dos escudos cristalinos e dos Andes, que durante o Terciário e Quaternário se depositaram no vale amazônico. Os rios que são drenados dessa planície são ricos em ácidos húmicos e fúlvicos que escurecem e acidificam a água. Os ácidos são provenientes das áreas com vegetação baixa sobre solo arenoso, do tipo

campina e campinarana. Os rios que apresentam grande concentração dos ácidos citados são denominados rios de água preta (SIOLI 1975). Estas águas, em geral, são quimicamente mais puras que as águas claras, com condutividade de até 8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e pH abaixo de 5,5. O maior rio de água preta na Amazônia é o rio Negro, que possui em suas cabeceiras a maior extensão de vegetação do tipo campinara na Amazônia (BARTHEM & FABRÉ 2004).

No que se refere ao clima, as regiões tropicais caracterizam-se por apresentarem temperaturas elevadas e relativamente constantes ao longo do ano, assim como a duração do dia. Na planície Amazônica, o clima em geral é quente e úmido (LOWE-MCCONNELL 1987), com a temperatura média anual em torno de 26,6°C. Em decorrência da estabilidade térmica anual, a sazonalidade na região é determinada pela ação de ventos alísios e principalmente pela distribuição sazonal da precipitação sobre as grandes áreas de drenagem (SALATI *et al.* 1998). A principal consequência disso é a flutuação dos níveis dos rios (STERNBERG 1975). Tal flutuação apresenta-se, em geral, como um ciclo unimodal anual, com um período regular de águas altas e outro de águas baixas (BARTHEM & FABRÉ 2004). Entretanto, há diferenças marcantes neste ciclo anual de alagação ao longo do sistema Solimões-Amazonas, na amplitude de alagação entre os tributários que constituem o sistema, além de uma variação interanual de alagação dos mesmos (RIBEIRO 1983).

Apesar do ciclo anual de alagação ao longo do sistema Solimões-Amazonas apresentar uma forma unimodal, os períodos de seca e cheia não são sentidos da mesma forma ao longo do sistema. Os períodos de seca aparentemente seguem um padrão “rio abaixo”. Ela é percebida primeiro em Fonte Boa (setembro), depois em Coari (outubro) e, em seguida, nos demais trechos à jusante (em novembro). No entanto a cheia não segue este padrão, sendo percebida primeiro em Porto de Moz (abril), depois em Santarém (maio) e finalmente nos trechos rio acima (junho). Este fenômeno ocasiona uma alteração na forma da onda do ciclo da água, sendo o período entre o pico da cheia e o pico da seca, menor nos trechos rio acima do que nos trechos rio abaixo (BARTHEM & FABRÉ 2004) (Apêndice 2).

A amplitude de alagação, que consiste na diferença entre o nível máximo e mínimo de um rio, tende a ser maior na Amazônia Central, em Manaus, e diminuir tanto a montante quanto a jusante (BARTHEM & FABRÉ 2004). Isso acontece porque na região de Manaus há uma convergência das contribuições dos rios Solimões, Negro e Madeira, o que conduz a um importante aumento das superfícies drenadas e das vazões (MOLINIER *et al.* 1994).

Pode-se observar ainda, uma variação interanual no nível dos tributários do sistema Solimões Amazonas. Essa variação está relacionada, principalmente, às flutuações pluviométricas. Oscilações da pluviosidade na Amazônia estão parcialmente associadas a fenômenos climáticos, conhecidos como “El Niño” e “La Niña”. O “El Niño” parece produzir seca ou vazante acentuada e “La Niña” parece ocasionar cheia intensa, (WELCOMME 1985, BITTENCOURT & AMADIO 2007).

Nos períodos de cheia, os rios transbordam o seu leito e alagam as áreas marginais, provocando a expansão dos ambientes aquáticos (SAINT-PAUL *et al.* 2000) e a conseqüente formação das florestas alagáveis. Na Amazônia, estas se diferenciam com base no tipo de inundação, cor da água, tipo de solo, origem geológica, estrutura e composição de espécies. Os tipos mais representativos na Amazônia brasileira são as áreas periodicamente inundadas por rios de água branca, localmente denominados de várzeas e rios de água preta ou clara, denominados de igapós (PIRES & PRANCE 1985, FERREIRA *et al.* 2005).

As várzeas dominam a planície amazônica e estão concentradas na planície de inundação, cujos sedimentos começaram a se depositar no Holoceno durante os últimos 10.000 anos, enquanto os igapós estão associados aos períodos do Terciário e Pré-Cambriano. Isto resulta em diferenças físico-químicas importantes nos rios destes ambientes e a flora e fauna associadas são altamente adaptadas à condição de inundação, sedimentação, erosão, pH, produtividade, entre outros fatores (FERREIRA *et al.* 2005).

Conforme JUNK (1984) e PETRERE *et al.* (2007), nas várzeas da Amazônia, há áreas que permanecem mais tempo inundadas do que secas, conhecidas como restinga baixa, e áreas raramente inundadas, a restinga alta. Nas várzeas baixas formam-se numerosos lagos rasos, cuja extensão pode atingir centenas de quilômetros. Sazonalmente as águas ultrapassam os limites das restingas marginais e transbordam. Nesse processo, a floresta é inundada e os lagos interiores estabelecem uma conexão com a calha principal dos rios. Conseqüentemente, há erosão com carreamento de detritos e sedimentação, o que resulta em uma notável variação na produção aquática e no enriquecimento do solo com nutrientes, catalisando, assim, o crescimento da vegetação e da cadeia trófica relacionada.

Dessa forma, a associação entre as características físico e químicas das águas que drenam a bacia amazônica, aliadas às variações no ciclo hidrológico, além da amplitude de nichos a serem ocupados, resulta num complexo sistema capaz de gerar a formação de unidades populacionais com características bem peculiares.

## **2.2 A pesca na região amazônica e fatores ambientais intervenientes**

A pesca é uma das atividades de maior importância para região Amazônica, tendo um potencial pesqueiro estimado entre 425 mil a 1.500 mil toneladas anuais (PETRERE *et al.* 1992) para toda bacia. Esta atividade pode ser dividida em seis categorias: pesca de subsistência, ornamental, esportiva, industrial, comercial alimentar ribeirinha e comercial alimentar profissional (PETRERE *et al.* 2007).

A exploração pesqueira tradicional amazônica é a pesca de subsistência, nesta, os recursos são explotados com aparelhos simples como: linha de mão, anzol, arpão, arco e flecha ou rede, as quais tornam as várias espécies de peixes, dispostas em habitat diversificados, acessíveis e vulneráveis à pesca e à dinâmica do ritmo das enchentes e vazantes (PETRERE *et al.* 2007).

A pesca ornamental é efetuada por ribeirinhos, principalmente na bacia do rio Negro e são chamados localmente de piabeiros, os quais vendem o produto da captura a intermediários locais ou diretamente aos compradores vinculados aos exportadores. Já a pesca esportiva está direcionada, sobretudo, para turistas estrangeiros, principalmente na modalidade pesque-e-solte. Além do rio Negro, outros tributários da bacia amazônica também desenvolvem estas duas modalidades de pesca, em especial, nos rios de águas claras como o Xingu e o Tapajós (PETRERE *et al.* 2007).

A pesca industrial se restringe à foz amazônica e a região costeira mais afastada da influência do rio Amazonas. Nesta atividade se utilizam redes de arrasto em parelha. Na foz, a espécie alvo é a piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*). Já na região costeira, a pesca industrial incide sobre o camarão-rosa (*Farfantepenaeus subtilis*, *F. brasiliensis* e *F. notialis*) e o camarão-branco (*Litopenaeus schimitti*) (BARTHEM & FABRÉ 2004).

A pesca comercial pode ser categorizada em alimentar ribeirinha ou profissional. Na primeira, o pescado é utilizado, a princípio, para subsistência, sendo que, o excedente pode ser comercializado. Neste tipo de atividade, o pescador não tem a pesca como uma profissão, recorrendo à agricultura e outras atividades remuneradas para seu sustento. Na segunda, o pescador tem na pesca sua única ou principal atividade remunerada. Na pesca comercial, os principais aparelhos utilizados consistem de malhadeiras e linha de mão (BARTHEM & FABRÉ 2004, PETRERE *et al.* 2007). A atividade ocorre em toda a região amazônica e explora uma elevada diversidade de espécies de peixes, de médio e grande porte, contudo, concentra-se em dois grupos principais de peixes migratórios: Characiformes e Siluriformes (FREITAS *et al.* 2007), com maior participação dos primeiros (FERREIRA *et al.* 1996).

Os representantes dos Characiformes que mais se destacam na composição das pescarias comerciais são: tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1816), jaraqui (*Semaprochilodus* spp.), curimatã (*Prochilodus nigricans* Agassiz, 1829), pacu (Myleinae) e matrinxã (*Brycon amazonicus* Spix & Agassiz, 1829) (BATISTA 1998,

PETRERE *et al.* 2007). Algumas dessas espécies já apresentam claros sinais de sobrepesca, como o tambaqui, que exibiu um forte declínio nos desembarques na última década (MÉRONA 1993). Outras espécies de ciclo de vida mais curto, como o curimatã, vêm contribuindo, substancialmente para os desembarques pesqueiros há mais de duas décadas (PETRERE *et al.* 2007), sendo aquela com maior produção desembarcada em Manaus atribuível a uma única espécie (BATISTA 1998).

A pesca concentrada em espécies migradoras atribui-se ao fato de que a migração consiste num fenômeno adaptativo para aumentar o crescimento, a sobrevivência, a abundância e, conseqüentemente a produção das espécies (NIKOLSKII 1963 *apud* RIBEIRO 1983), ou seja, tais espécies são de interesse comercial porque são abundantes e abundantes porque são migradoras (RIBEIRO 1983).

A distribuição e ecologia dos recursos pesqueiros na Amazônia, bem como o comportamento da pesca e do pescador, são influenciados pelo conjunto de fatores que determinam à complexidade do sistema, como: os ambientes, as características climáticas e a dinâmica sazonal de alagação. (BARTHEM & FABRÉ 2004). Além disso, a composição de espécies vegetais, o tipo de solo, aliados ao tipo de água que inunda as planícies inundáveis, propicia a alta produtividade primária que faz destas áreas, o principal ecossistema para a manutenção dos recursos pesqueiros da Amazônia.

A dimensão da área ocupada pela planície inundável também parece influenciar a produção pesqueira. Como exemplo, o Purus com 21.833 Km<sup>2</sup> e o Juruá com 16.516 Km<sup>2</sup> de áreas de várzeas (BATISTA 1999), são conhecidos como rios muito produtivos quando comparados com Madeira que possui somente 8.189 Km<sup>2</sup> e cuja produção pesqueira chega a ser um terço da estimada para o Purus (BATISTA 1998).

### **2.3 *Prochilodus nigricans*: caracterização, ecologia e pesca**

Os Characiformes pertencentes à família Prochilodontidae se distribuem em três gêneros (*Ichthyoelephas*, *Prochilodus* e *Semaprochilodus*) e cerca de 40 espécies (BATISTA 1999; CASTRO & VARI 2003). Contudo, a sistemática da família Prochilodontidae é um tanto complexa devido à grande estabilidade dos caracteres morfológicos e merísticos adotados para a distinção das diferentes espécies. Este fato tem gerado incertezas quanto ao número de espécies representantes da família (CASTRO & VARI 2003). A homogeneidade dos caracteres taxonômicos pode ser explicada devido ao fato destas espécies estarem amplamente distribuídas ao longo das grandes bacias hidrográficas da América do Sul, talvez por sua capacidade de efetuar grandes migrações com propósito reprodutivo, dispersando, dessa maneira, populações em grandes áreas.

O gênero *Prochilodus* inclui 13 espécies com representantes amplamente distribuídos nas principais bacias hidrográficas da América do Sul (CASTRO 1990, CASTRO & VARI 2003). Neste sentido, a espécie *Prochilodus nigricans* Agassiz, 1829 apresenta distribuição geográfica restrita à bacia Amazônica (CARVALHO & MERONA 1986, LOUBENS & PANFILI 1995, MONTREUIL *et al.* 2001), mas o gênero apresenta espécies distribuídas nas bacias vizinhas, destacando-se o *P. magdalenae* Steindachner, 1879 na bacia do Orinoco (VALDERRAMA-BARCO & PETRERE 1994), *P. lineatus* Valenciennes, 1836, sinonímia de *P. scrofa* e *P. platensis*, na bacia do Paraná (WELCOME 1992), além de *P. marggravii* Walbaum, 1792, *P. costatus* Valenciennes, 1850, sinonímia de *P. affinis* e *P. vimboides* Kner, 1859 na bacia do São Francisco (HATANAKA & GALLETI 2003).

A espécie *P. nigricans* (curimatã) é abundante em toda a bacia amazônica. Apresenta dieta basicamente detritívora, alimentando-se principalmente de detritos orgânicos e perifiton (CASTRO & VARI 2003). Habita tanto ambientes lacustres como fluviais, realizando migrações tróficas, reprodutivas e de dispersão ao longo do ano (SANTOS *et al.* 1984, MOTA & RUFFINO 1997).

O curimatã, juntos com outros Prochilodontídeos, incrementa um grupo de espécies tropicais onde a curta estação reprodutiva ocorre durante o período de enchente ou cheia, das planícies inundáveis. (WELCOMME 1979, LOWE-MCCONNELL 1987). Dentro deste grupo de espécies tropicais, há pelo menos dois subgrupos que se distinguem em função do período hidrológico preciso no qual se dá à reprodução, que pode ser no período de enchente ou no fim da cheia (DURAND & LOUBENS 1970, 1971, LOUBENS & PANFILI 1995). Este fato pode explicar as diferenças nos picos de reprodução identificados para *P. nigricans*, que se dá: no fim da cheia, de janeiro a março, na Amazônia boliviana (LOUBENS & PANFILI 1995) e no início da enchente, de dezembro a março, com pico em janeiro, na Amazônia peruana (MONTREUIL *et al.* 2001). Na Amazônia brasileira, mais especificamente, na sub-bacia Madeira, GOULDING (1979) observou que Cardumes de Prochilodontídeos desovam no início do ciclo anual da enchente, entre a terceira semana de dezembro e a terceira semana de janeiro. Para isso, formam grandes cardumes e realizam uma migração longitudinal descendente por tributários até a sub-bacia Madeira. Após a desova retornam aos mesmos tributários e se deslocam lateralmente para as áreas alagáveis, onde permanecem se alimentando até o fim da cheia. Com a vazante, os indivíduos deixam as várzeas e descem novamente os tributários com destino ao Madeira, de onde finalmente iniciam uma migração ascendente, conhecida como arribação ou piracema.

Independente do período hidrológico exato no qual ocorre a desova, é de comum acordo entre os autores que esta se dá no período de águas altas (GOULDING 1979, LOUBENS & PANFILI 1995, MONTREUIL *et al.* 2001). Isso propicia a sobrevivência das larvas e alevinos, que encontram nas áreas alagáveis as condições ideais para a sobrevivência (LAUZANNE *et al.* 1990).

O curimatã possui altas taxas de fecundidade (LOUBENS & PANFILI 1995), velocidade de crescimento de 0,465/ano (FREITAS *et al.* 2007). A idade de primeira maturação sexual estimada para a espécie tem sido de dois anos (LOUBENS & PANFILI 1995, OLIVEIRA 1997, MONTREUIL *et al.*, 2001), no entanto, o tamanho de primeira maturação tem sido distinto ao longo da bacia Amazônica, sendo estimado em:

23,4 cm de comprimento furcal para machos e 24,3 cm para fêmeas na Amazônia peruana (MONTREUIL *et al.*, 2001), 26,2 cm de comprimento padrão na Amazônia brasileira (OLIVEIRA 1997) e 27 cm de comprimento padrão na Amazônia boliviana (LOUBENS & PANFILI 1995). O tamanho máximo observado para a espécie foi de 52 cm, a expectativa de vida varia entre seis e sete anos (BARTHEM & FABRÉ 2004) e a taxa de mortalidade natural estimada em 0,47/ano (BATISTA 1999).

A abundância de *P. nigricans* em sistemas complexos como o amazônico, evidencia a compatibilidade entre as características de seu ciclo de vida e as variações ambientais do sistema no qual está inserida. Tal abundância, também ressalta a importância desta espécie para o sistema ecológico, ao mesmo tempo em que a torna um recurso atrativo à exploração pesqueira.

O tipo de aparelho de pesca utilizado para explorar o curimatã, conhecido no Amazonas como redinha, representa um utensílio não seletivo quanto ao tamanho dos indivíduos capturados (PETRERE 1978). Consiste de uma rede de cerco, com nylon multifilamentado escuro e malha padronizada de 20mm. O utensílio pode ser utilizado em locais fundos e livres de obstáculos, tanto nos canais principais dos rios quanto em lagos (BATISTA 1999). Em relação a estudos de dinâmica populacional de recursos explorados este tipo de arte de pesca tem vantagens significativas, já que amostras obtidas de espécimes capturados com sistema de cerco são representativas de estrutura populacional no local de captura (SPARRE & VENEMA 1992), fato que permite assumir que a captura efetuada com auxílio do aparelho representa à composição total de jovens e adultos dos locais onde o aparelho é utilizado.

De uma forma geral, o curimatã é uma das espécies de maior importância socioeconômica para a região amazônica como um todo, sendo responsável por grande parte da produção dos principais pontos de desembarque ao longo do sistema Solimões-Amazonas (BARTHEM & FABRÉ 2004, PETRERE *et al.* 2007) (Apêndice 3). Em Porto Velho, a participação do curimatã na composição das pescarias era de 19% em 1977 (GOULDING 1979), o que encontrou equivalência com os cerca de 18%

registrados até 1998 para Manaus (BATISTA 1998, 1999). Conforme BATISTA (1998) em cidades de médio porte do interior no Amazonas como Itacoatiara e Parintins, foram encontradas participações em torno de 17-18%. Em Iquitos, na Amazônia peruana, a participação estimada do curimatã na captura comercial até 2001 era de 44,7% (MONTREUIL *et al.* 2001).

Apesar da alta participação relativa de *Prochilodus nigricans* nos desembarques, poucas são as informações acerca da situação atual do recurso frente à exploração (FREITAS *et al.* 2007). Neste sentido, BATISTA (1999), apesar de ter classificado a espécie num estado de subexploração, considerou-a a próxima espécie que deveria sofrer danos no estoque e no rendimento das pescarias, no caso de qualquer expansão não manejada. Já na Amazônia peruana, MONTREUIL *et al.* (2001) afirmaram que o curimatã havia começado a mostrar diminuição no tamanho médio das capturas.

Um diagnóstico preciso dos níveis de exploração toleráveis por qualquer espécie, deve considerar os fatores ambientais intervenientes, a complexidade do sistema e a amplitude de distribuição da espécie dentro do mesmo. Isso porque tais fatores podem promover a existência de vários estoques ou unidades populacionais (VIDAL 1967, DURAND & LOUBENS 1969, WELCOME 1992, BATISTA 1999, HATANAKA & GALLETI 2003, BARTHEM & FABRÉ 2004, MUSIK *et al.* 2004, XIMENES CARVALHO 2006, CUTRIM & BATISTA 2009), o que implica em diferentes tolerâncias a pressão de pesca.

Com isso, estratégias de manejo passam a requerer o conhecimento de parâmetros populacionais das espécies não apenas da bacia como um todo, mas particularmente por subsistemas, permitindo estabelecer medidas de manejo mais adequadas para uma dada espécie (CUTRIM 2005), considerando as peculiaridades dos ambientes onde ocorre.

## 2.4 Metapopulações e Unidades Populacionais em ecologia

Uma população pode ser definida como um conjunto de indivíduos de uma mesma espécie, que ocupa uma determinada área, sendo que entre os indivíduos deve haver troca gênica e similaridade em termos de parâmetros populacionais (RAVINOVICH 1985). Contudo, a denominação de área é relativa, visto que, habitats com grandes proporções são naturalmente heterogêneos. Isso cria áreas favoráveis à sobrevivência e desenvolvimento dos indivíduos, em meio a áreas, cujos recursos e condições são inadequados para que uma população possa persistir. As áreas favoráveis são então denominadas manchas (RICKLEFS 2003).

A ocorrência de manchas de habitats significa que muitas populações estão divididas em subpopulações menores, entre as quais os indivíduos se movem menos freqüentemente do que o fariam se o habitat fosse homogêneo (RICKLEFS 2003). Neste caso, um conjunto de subpopulações conectadas por movimentos ocasionais de indivíduos entre elas, passa a ser denominado metapopulação (LEVINS 1969). Entretanto, pode ocorrer de uma das subpopulações adquirir características peculiares das demais subpopulações inseridas na metapopulação, como parâmetros populacionais distintos, por exemplo. Neste caso, a subpopulação passa a ser considerada uma unidade populacional ou estoque (SPARRE & VENEMA 1992).

A existência de unidades populacionais distintas para indivíduos de uma mesma espécie tem sido identificada e caracterizada por meio de diferentes formas, como: ocorrência de rotas migratórias diferentes (DURAND & LOUBENS 1969), existência de “natal homing” (WELCOME 1992), baixa similaridade genética (HATANAKA & GALLETI 2003), caracteres morfológicos distintos (VIDAL 1967) e parâmetros populacionais específicos (CUTRIM & BATISTA 2009).

Normalmente a formação de unidades populacionais está associada a processos biológicos, geográficos e climáticos (MUSIK *et al.* 2004), visto que a história de vida dos

organismos é uma expressão fenotípica, resultante da interação entre genótipo e ambiente (BEGG 2005). Dentre os principais fatores ambientais atuantes, destacam-se: a heterogeneidade espacial e temporal, que se expressa por meio da amplitude de nichos a serem ocupados, forças evolutivas que atuam por meio de mutação, deriva genética e seleção natural, isolamento geográfico decorrente da fragmentação dos habitats ou mesmo diferenças climáticas, que separam os indivíduos de acordo com suas condições fisiológicas (RICKLEFS 2003).

Processos biológicos relacionados à própria dinâmica da população também podem ocasionar a formação de unidades populacionais. Neste sentido, a ocorrência de “natal homing”, que é o retorno das populações para desovar no local de nascimento (CARR 1967), restringe o fluxo genético. Migrações em rotas e épocas similares também não são garantia de fluxo gênico por uma série de fatores. Os indivíduos que se movimentam podem não ser os que estão preparados para uma desova com sucesso, podem existir problemas em localizar os ambientes de desova ou alimentação ou problemas na definição de territórios de desova, indivíduos que se movimentam antes do período de desova podem não ter a energia suficiente para desovar ou estar preparados para desovar no tempo apropriado (BEGON *et al.* 2006).

Dessa forma, faz-se necessário identificar, não somente como os indivíduos de uma espécie, em diferentes faixas etárias, se distribuem espacial e temporalmente, mas também compreender a dinâmica do ambiente no qual os mesmos estão inseridos, visto que padrões de distribuição normalmente consistem numa resposta adaptativa à dinâmica do ambiente no qual se encontram os organismos (RIBEIRO 1983). O conjunto dessas informações, atrelados à comparação entre parâmetros populacionais obtidos, poderá discriminar o grau de conexão existente entre indivíduos de uma mesma espécie em habitats de grande amplitude e heterogeneidade.

## 2.5 O uso de métodos indiretos para estimativa de parâmetros populacionais

Parâmetros são valores que caracterizam um grupo de indivíduos de uma mesma unidade populacional. Alguns parâmetros populacionais, como taxas de crescimento e mortalidade, são freqüentemente utilizados como ferramenta para a delimitação de unidades populacionais e incorporação em modelos analíticos para avaliação de estoques (GOMIERO *et al.* 2007). Tais parâmetros são importantes para o manejo das populações de peixes porque interagem de forma peculiar. Se a taxa de crescimento contribui para a abundância da espécie, fazendo com que ela atinja a idade de primeira maturação em um dado momento e inicie o ciclo reprodutivo, a mortalidade controla a abundância dessa espécie (NIKOLSKII 1969).

Para estimar a taxa de crescimento e demais parâmetros, é necessário determinar os grupos etários da população, o que vem sendo feito por meio de métodos baseados na leitura e contagem de anéis em estruturas rígidas (LOWE-MCCONNELL 1999). Contudo, este tipo de estudo exige recursos humanos, materiais e infra-estrutura que dificultam o uso continuado na avaliação de estoques. Alternativamente, métodos indiretos baseados em distribuições de freqüência de comprimento apresentam melhor relação custo benefício no sentido de que podem se basear em informações associadas à estatística pesqueira, reduzindo os custos e permitindo maior sustentabilidade operacional (CUTRIM & BATISTA 2009). Dessa forma, estimativas indiretas de parâmetros que possam ser incorporáveis a modelos analíticos podem ser mais facilmente obtidas e validadas a partir dos métodos tradicionais baseados em estruturas rígidas (GOMIERO *et al.* 2007). Além disso, mudanças na dinâmica das populações causadas por variações ambientais ou pela própria pesca, necessitam de métodos capazes de diagnosticar tais mudanças com maior praticidade, o que é viabilizado por métodos que utilizam distribuições de freqüências de comprimento.

As distribuições de freqüências de comprimentos (composições de comprimentos) das populações são úteis para identificar e separar as diversas coortes

que as constituem, para descrever grupos por idade e para relacionar os comprimentos médios à idade. Estas informações são necessárias para a estimativa dos parâmetros de crescimento (SPARRE & VENEMA 1992).

Na prática, têm-se muitos métodos desenvolvidos para a análise de frequência de comprimentos. Há métodos que supõem uma determinada forma para a distribuição de frequências de comprimentos das coortes, como os métodos de Bhattacharya e NORMSEP. Outros, porém, não aferem qualquer suposição sobre a forma da distribuição do comprimento numa coorte como LFDA (Length Frequency Distribution Analysis) e ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis) (SPARRE & VENEMA 1992). Tais métodos são importantes instrumentos para determinação de parâmetros populacionais, porém o interesse maior são os parâmetros como indicadores de similaridades ou dissimilaridades entre grupos de indivíduos de uma espécie que permitam a delimitação de possíveis estoques de uma espécie, como é o caso de *P. nigricans* em subsistemas da bacia amazônica.

## Referências

- AYRES, J.M.. As matas de várzea do Mamirauá. Cnpq/SCM, Brasília: 123pp. 1995.
- BARTHEM, R.B. & FABRÉ, N.N.. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFFINO, M. L. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**. Manaus: Ibama/ProVárzea, 17 - 62. 2004.
- BATISTA, V.S.. Distribuição, dinâmica da pesca e dos recursos pesqueiros na Amazônia Central. **Tese**. INPA/FUA: 291 pp. 1998.
- BATISTA, V.S.. Biologia e administração pesqueira de alguns caraciformes explorados na Amazônia Central. **Tese**. Manaus: FUA, 131 pp. 1999.
- BEGG, G.A.. Life history parameters. In: Cadrin SX, Friedland KD, Waldman JR (Eds) Stock identification methods. **Elsevier Academic Press**. 119 -150, 2005.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R. & HARPER, J. L.. **Ecology: From individuals to ecosystems**. 4<sup>a</sup> ed. Blackwell Publishing Ltd. p. 36. 2006.
- BITTENCOURT, M.M. & AMADIO, S.A.. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazônica**, 37(2): 303 - 308. 2007.
- CARR, A.F.. So excellent a fishe. A natural history of sea turtles. Garden City, New York: The Natural History Press. 248pp.1967.
- CARVALHO, J.L. & MERONA, B.. Estudo de dois peixes migratórios do baixo Tocantins, antes do fechamento da barragem de Tucuruí. **Amazoniana**, 9(4): 595 - 607. 1986.
- CASTRO, R.M.C.. Revisão taxonômica da família Prochilodontidae (Ostariophysi, Characiformes). **Tese**. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 193pp.1990.
- CASTRO, R.M.C., & VARI, R.P.. Prochilodontidae (Flannel mouth characiforms). p. 65–70 In: Reis, R. E.; Kullander, S. O. & Ferraris Jr, C. J. editors. **Checklist of the freshwater fishes of South and Central America**. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brazil. 2003.
- CUTRIM, L.. Avaliação da exploração pesqueira e dinâmica populacional de matrinxã (*Brycon amazonicus*) (Günther, 1869) na Amazônia Central através do desembarque pesqueiro realizado em Manaus. **Dissertação**. INPA/UFAM. Manaus. Amazonas. 114pp. 2005.

- CUTRIM, L. & BATISTA, V.S.. Dinâmica populacional da matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. **Zoologia** 26 (2): 195 -203. 2009.
- DURAND, J.R. & LOUBENS, G... Croissance en longueur d'Alestes baremoze (Joannis, 1835) (Poissons; Characidae) dans le bas Chari et la Lac Tchad. **Cah.Orstom (hydrobiol.)**, 3(1): 59 -105. 1969.
- DURAND, J.R. & LOUBENS, G... Observations sur la sexualité et la reproduction des *Alestes barpirioze* du bas Chari et du lac Tchad. Cah. ORSTOM, **Sér. Hydrobiol.**, 4: 61 - 81. 1970.
- DURAND, J.R. & LOUBENS, G... Développement embryonnaire et larvaire des *Alestes barenioze*. Cah. ORSTOM, **Sér. Hydrobiol.**, 5: 53 – 61. 1971.
- FERREIRA, E.J.G. ; ZUANON, J. & SANTOS, G.M.. **Peixes Comerciais do Médio Amazonas: região de Santarém**, Pará. Brasília, Edições Ibama. 214 pp. 1996.
- FERREIRA, L.V.; ALMEIDA, S.S.; AMARA, D.D. & PAROLIN, P.. Riqueza e composição de espécies da floresta de Igapó e Várzea da estação científica Ferreira Penna: subsídios para o plano de manejo da floresta nacional de Caxiuanã. Pesquisas, São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas. **Botânica**, 56:103 – 116. 2005.
- FREITAS, C.E.C.; NASCIMENTO, F.A. & SOUZA, F.K.S.. Levantamento do estado de exploração dos estoques de curimatã, jaraqui, surubim e tambaqui. In: ProVárzea. **O setor pesqueiro na Amazônia: análise da situação atual e tendências do desenvolvimento a indústria da pesca**. Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea. Manaus: Ibama. 77-100. 124pp. 2007.
- GOMIERO, L.M., CARMASSI, A.L. & BRAGA, F.M.S.. Crescimento e mortalidade de *Brycon opalinus* (Characiformes, Characidae) no Parque Estadual da Serra do Mar, Mata Atlântica, Estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, 7 (1). 2007.
- GOULDING, M.. **Ecologia de pesca do rio Madeira**. Manaus: Inpa/CNPq. 172pp. 1979.
- HATANAKA, T. & GALETTI JR., P.M.. RAPD markers indicate the occurrence of structured populations in a migratory freshwater fish species. **Genetics and Molecular Biology**, 26 (1):19 - 25. 2003.
- JUNK, W.J.. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonia. In: SIOLI, H. (Ed.). **The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Netherlands: W. Junk Publications, 443 - 476, 1984.

LAUZANNE, L.; LOUBENS, G. & GUENNEC, B.. Pesca y biología pesquera en el Mamore Medio (region de Trinidad, Bolivia). **Interciencia**. 15 (16): 452 - 460. 1990.

LEVINS, R.. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. **Bulletin of the Entomological Society of America** 15, 237–240. 1969.

LOUBENS, G. & PANFILI, J.. Biologie de *Prochilodus nigricans* (Teleostei: Prochilodontidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). **Ichthyol. Explor. Freshwaters** 6 (1): 17 - 32. 1995.

LOWE-McCONNELL, R.H.. Ecological studies in tropical fish communities. **Cambridge University Press**. Cambridge. 384 pp. 1987.

LOWE-McCONNELL, R.H.. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. Ed. da Universidade de São Paulo. 1999.

MÉRONA, B.. **Pesca e ecologia dos recursos aquáticos na Amazônia**. In: FURTADO, L. G.; LEITÃO, W.; FIUZA de MELLO, A. (Ed.). Povos das águas: realidade e perspectivas na Amazônia. Belém, Pará, 159 -185, 1993.

MOLINIER, M.; GUYOT, J. L.; OLIVEIRA, E.; GUIMARÃES, V. & CHAVES, A.. Hidrologia da bacia do Rio Amazonas. **A água em Revista**, 2(3): 31-36. CPRM, Rio de Janeiro. 1994.

MONTREUIL, V.; GARCÍA, A. & RODRÍGUEZ, R.. biología reproductiva de «boquichico», *Prochilodus nigricans*, en la amazonía peruana. **Folia amazónica** 12: (1-2). 5 – 13. 2001.

MOTA, S.Q. & RUFFINO, M.L.. Biología e pesca do curimatã (*Prochilodus nigricans* AGASSIZ, 1829) (PROCHILODONTIDAE) no médio Amazonas. **Revista UNIMAR** 19(2): 493-508. 1997.

MUSICK, J.A.; HARBIN, M.M. & COMPAGNO, L.J.V.. Historical zoogeography of the selachii. In: Carrier JC, Musick JA, Heithaus M (eds) The biology of sharks and their relatives. **CRC Press, Boca Raton, FL**, 33–78, 2004.

NIKOLSKII, G.V.. **Theory of fish population dynamics**. Ed. Oliver & Boyd. Edinburgh. 1969.

OLIVEIRA, M.I.B. de.. Determinação da idade e aspectos da dinâmica populacional do curimatã *Prochilodus nigricans* (Pisces: Prochilodontidae) da Amazônia Central. **Dissertação**. INPA/FUA. Manaus. Amazonas. 79 pp. 1997.

PETRERE, JR. M.. Pesca e esforço no Estado do Amazonas. II – Locais, aparelhos de captura e estatísticas de desembarque. **Acta Amazônica**. 8 (2): 1–54. 1978.

PETRERE, JR. M.; BATISTA, V.S.; FREITAS, C.E.C.; ALMEIDA, O.T. & SURGIK, A.C.S.. Caracterização socioeconômica da atividade pesqueira e da estrutura de comercialização do pescado na calha Solimões-Amazonas. 19 -58. In: ProVárzea. **O setor pesqueiro na Amazônia: análise da situação atual e tendências do desenvolvimento a indústria da pesca**. Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea. Manaus: Ibama. 122pp. 2007.

PIRES, J.M. e PRANCE, G.T.. Notes on the vegetation types of the Brazilian Amazon. In: Prance, G. T. e Lovejoy, T. E. (eds). **Key environments: Amazonia**. 109-145. Pergamon Press, Oxford. 1985.

RAVINOVICH.. Croissance en longueur d'Alestes baremoze (Joannis, 1835) (Poissons; Characidae) dans le bas Chari et la Lac Tchad. **Cah.Orstom (hydrobiol.)**, 3(1): 59–105. 1985.

RIBEIRO, M.C.L.B.. As migrações dos jaraquis (Pisces, Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil. **Dissertação**. INPA/FUA. Manaus. Amazonas. 192pp. 1983.

RICKLEFS, R.E.. **A economia da natureza**. 5ª ed. Ed. Guanabara Koogan S. A. Rio de Janeiro-RJ. 503p. 2003.

SAINT-PAULA, U.; ZUANONB, J.; CORREAB, M. A. V.; GARCÍA, M.; FABRÉ, N. N.; BERGERA, U. & JUNKD, W. J.. Fish communities in central Amazonian white- and blackwater floodplains **Environmental Biology of Fishes** 57: 235 - 250, 2000.

SALATI, E.; SANTOS, A.A.; LOVEJOY, T.E. & KLABIN, I.. Porque salvar a floresta Amazônica. INPA, Manaus. 114 pp. 1998.

SANTOS, G.M.; JEGU, M. & MERONA, B.. **Catálogo de peixes comerciais do Baixo rio Tocantins**. Eletronorte/CNPq/INPA, Manaus. 83 pp. 1984.

SIOLI, H.. Tropical Rivers: The Amazon. In: Whitton, B. A. (Ed.). **River Ecology**. (2): 461 – 488. 1975.

SPARRE, P. & VENEMA, S.C.. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. **FAO Fisheries Technical Paper** N° 306.1. Rev. 1. Rome, FAO, 376 p. 1992.

STERNBERG, H.O.R.. **The Amazon River of Brasil**. Erdk. Wis., 40. 74 pp.1975.

VALDERRAMA-BARCO, M. & PETRERE JR. M.. Crecimiento del bocachico *Prochilodus magdalenae* Steindachner 1878 (Prochilodontidae), y su relación con el régimen hidrológico en la parte baja de la cuenca del río Magdalena (Colombia). **Boletín Científico INPA**, 2: 136 -152. 1994.

VIDAL, J.C.. Contribución al estudio biológico del sábalo de los ríos Paraná y Uruguay. *Prochilodus platensis* (Holmberg) Dirección General de Pesca Y Conservación de la Fauna, Buenos Aires, Argentina. 51pp. 1967.

XIMENES-CARVALHO, M.O.. Idade e crescimento do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis* (BLOCH, 1792) e robalo-peva, *Centropomus parallelus* (POEY, 1860) (OSTEICHTHYES: CENTROPOMIDAE), no sudeste do Brasil. **Dissertação**. Ciências MarinhasTropicais. Instituto de Ciências do Mar. UFC. Fortaleza, 71pp. 2006.

WALLACE, A.R.. **A narrative of travels on the Amazon and Rio Negro**. New York, Dover Publ. Inc. 363 pp. 1853.

WELCOMME, R.L.. **Fisheries ecology of floodplain rivers**. Longman. London. 317 pp. 1979.

WELCOMME, R.L.. River fisheries. **FAO Fish. Tech. Pap.**, (262): 330 pp. 1985.

WELCOME, R.L.. Crecimiento de pejerrey del Río de la Plata y algunos datos ecológicos sobre la especie Atherinidae : **Basilichthys bonariensis** (Cuv. et Val.). Buenos Aires, Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación, Dirección General de Pesca y Conservación de la Fauna, Departamento de Investigaciones Pesqueras, 53 pp. 1992.

### 3 IMPACTO DO EL NIÑO- OSCILAÇÃO SUL SOBRE O CURIMATÃ (*Prochilodus nigricans*, Pisces: Prochilodontidae) NA AMAZÔNIA CENTRAL

**Resumo:** O El Niño-Oscilação do Sul (ENSO), consiste em períodos de anomalias oceânico- atmosféricas, ocorrentes no Oceano Pacífico tropical a cada três ou sete anos, e cujos efeitos podem ser sentidos em todo o mundo. Na Amazônia Central a anomalia produz seca e vazante acentuadas. Isso constitui um fator de imprevisibilidade para a manutenção de muitos recursos pesqueiros que dependem do ciclo hidrológico da região para completar seu ciclo de vida, como é o caso de *Prochilodus nigricans*. No entanto, não há informações diretas acerca da influencia desses eventos sobre a manutenção de possíveis estoques. Assim esta nota apresenta relações entre a ocorrência dois eventos de ENSO e mudanças na estrutura de tamanhos de *P. nigricans* em sub-bacias da Amazônia Central. Extraíram-se informações de desembarque pesqueiro de *Prochilodus nigricans*, provenientes do banco de dados do programa integrado de recursos aquáticos e da várzea/PYRÁ da Universidade Federal do Amazonas. Os dados foram obtidos de janeiro de 1994 a dezembro de 2004 em dois pontos de desembarque pesqueiro em Manaus. Analisaram-se as variações interanuais dos tamanhos médios dos indivíduos nas sub-bacias Solimões, Purus e Madeira e sua relação com dois eventos de ENSO (1997-98 e 2002-03). Os resultados indicam a existência de pelo menos dois grupos distintos de indivíduos de *P. nigricans*. Um grupo desenvolvendo-se em ambientes de lago e outro na calha principal de cada sub-bacia. Em ambos os casos, entre os anos de 1997 e 98 houve uma nítida redução do tamanho médio dos indivíduos e a partir daí, um incremento em tamanho dos sobreviventes. Já a seca de 2002-03, parece ter tido efeito menos acentuado sobre os grupos. Isso pode estar associado à intensidade das anomalias, consideradas: forte em 1997-98 e fraca em 2002-03. Embora um evento único de seca intensa influencie a sobrevivência de grupos de indivíduos de *P. nigricans* na Amazônia Central, se o episódio de seca é sucedido por anos mais pluviosos, os sobreviventes provavelmente conseguem repor os estoques.

**Palavras- Chave:** Anomalias oceânico- atmosféricas, seca, coortes, ambiente tropical, Brasil.

O El Niño (EN), consiste no aquecimento anormal das águas superficiais nas porções central e leste do Oceano Pacífico até o litoral da América do Sul (TAIT & DIPPER 1998, COCHRANE *et al.* 2009<sup>i</sup>). O fenômeno é resultante da variação climática denominada Oscilação do Sul (OS) (Trenberth, 1997), que juntos constituem um fenômeno oceânico-atmosférico, conhecido como ENSO (BEGON *et al.* 2006). A anomalia dura de seis a 18 meses (BARBER & CHAVEZ 1983), em intervalos de três a sete anos, com diferentes intensidades. Quando ocorre, gera alterações importantes na direção e velocidade dos ventos a nível global, resultando em mudanças climáticas de efeito temporário (TAIT & DIPPER 1998; VIEIRA *et al.* 2008).

Na Amazônia Central, diminuições da pluviosidade estão parcialmente associadas ao fenômeno em questão. A anomalia tende a produzir seca intensa ao longo do sistema Solimões-Amazonas (WELCOMME 1985, RICHEY *et al.* 1989). A duração e intensidade de períodos hidrológicos variáveis, constituem fatores de imprevisibilidade para a manutenção de muitos recursos pesqueiros na região, particularmente espécies dependentes das áreas inundáveis (BITTENCOURT & AMADIO 2007).

Embora, o efeito do ENSO em águas continentais já tenha sido associado com anos onde houve diminuição ou mesmo colapso de espécies tradicionais, (SMOLDERS *et al.* 2000, VIEIRA *et al.* 2008) há poucas informações diretas acerca da influência de tais eventos sobre estoques relacionados com as áreas inundáveis e de importância na pesca, como é o caso do caracídeo *P. nigricans*. Esta nota apresenta relação entre a ocorrência da anomalia oceânico-atmosférica ENSO e mudanças na estrutura de tamanhos de *P. nigricans* em sub-bacias da Amazônia Central.

Informações biológicas e ambientais para *P. nigricans* foram extraídas de um banco de dados proveniente do programa integrado de recursos aquáticos e da várzea/PYRÁ da Universidade Federal do Amazonas. Para formação deste banco foram realizadas entrevistas junto aos desembarques pesqueiros de Panair e Adolpho Lisboa, em Manaus no período de 1994 a 2004. Foram registrados os locais de pesca,

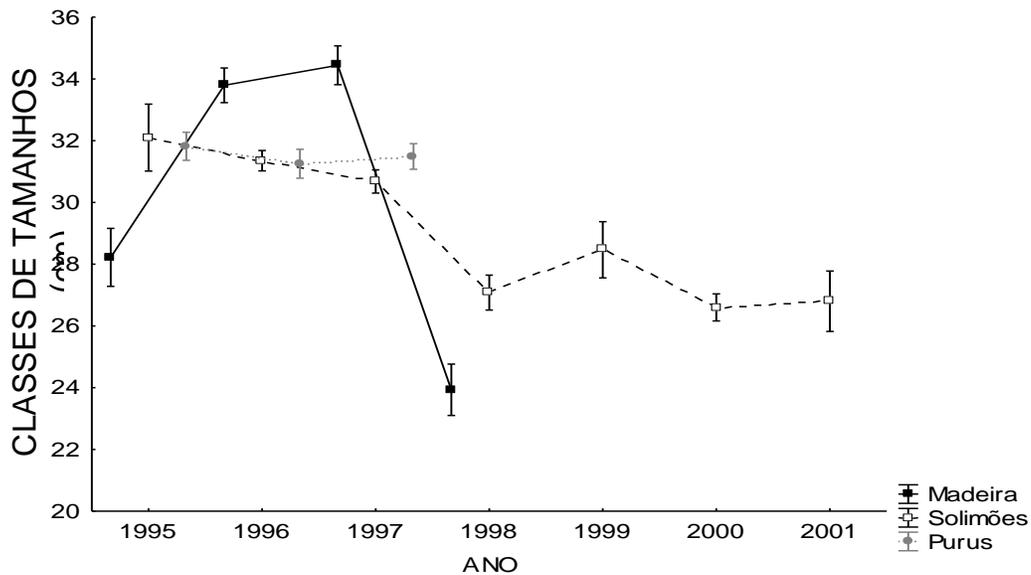
e aferidos o comprimento furcal (CF) de exemplares selecionados aleatoriamente. Analisaram-se as variações interanuais nos tamanhos médios dos indivíduos nas sub-bacias Solimões (3°20'S e 60°18'S – 63°05'W), Madeira (3°37'S - 7°50'S e 58°73'W) e Purus (3°28'S - 7°50'S e 60°18'W) (Apêndice 4) e sua relação com dois eventos de ENSO (1997-98 e 2002-03). Os locais de pesca, dentro de cada sub-bacia, foram classificados em ambientes de lago ou canal principal do rio.

Os resultados indicam a existência de pelo menos dois grupos de *P. nigricans* desenvolvendo-se paralelamente em ambientes de lago e no canal principal de cada sub-bacia. Independente do tipo de ambiente e sub-bacia observada, entre os anos de 1997 e 1998 ocorreu uma considerável redução do tamanho médio dos indivíduos e nos anos sucessivos um incremento em tamanho dos sobreviventes (em ambientes de lago, no caso do Solimões) e nos canais principais para todas as sub-bacias. Entre 2002 e 2003 registrou-se uma nova depleção do tamanho médio dos indivíduos, para o canal principal das sub-bacias, porém menos acentuada em comparação aos anos de 1997-1998 (Fig. 1 e 2). Quanto aos ambientes de lago, registros de curimatãs não se encontraram disponíveis (a partir de 1998 para Madeira e Purus e posterior a 2001 para o Solimões) no banco de dados.

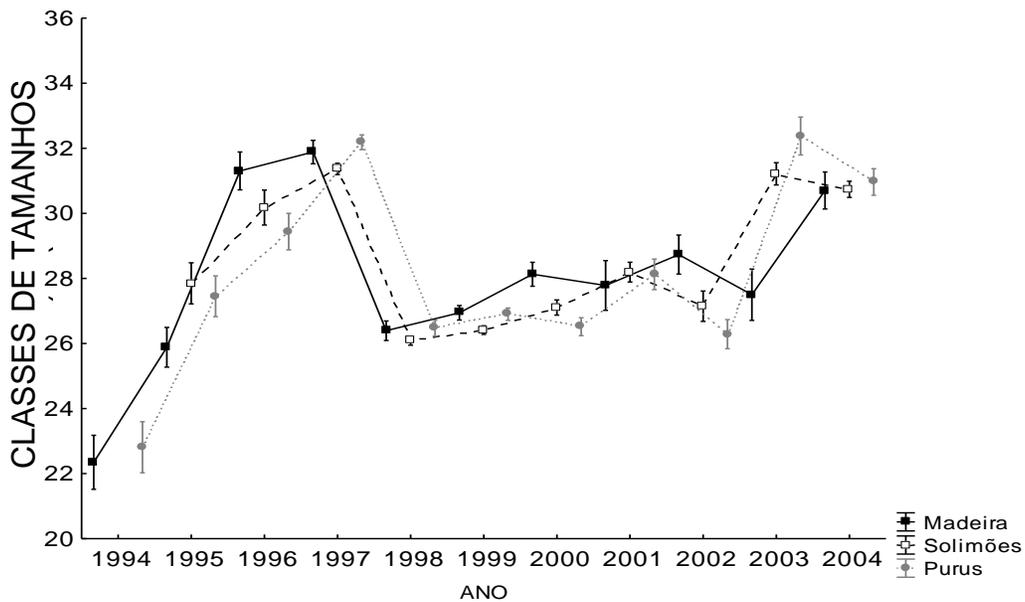
Em condições normais, os períodos hidrológicos são críticos para muitas espécies. Particularmente a contração dos ambientes aquáticos, aprisiona as espécies nos canais principais dos rios ou em lagos, tornando-as mais susceptíveis a ação de predadores (BARTHEM & FABRÉ 2004). As condições ambientais também se tornam mais críticas visto que a maior parte da matéria orgânica produzida nas áreas inundáveis durante os períodos de enchente e cheia, tornam-se inacessíveis, reduzindo a oferta de alimentos para os sobreviventes (LOWE MCCONNELL 1987, BARTHEM & FABRÉ 2004). Secas mais pronunciadas e de intensa duração, portanto, poderiam gerar impactos negativos maiores sobre a dinâmica dos peixes e conseqüentemente comprometerem a reposição natural dos estoques na região.

Séries temporais históricas mostram que o ENSO de 1997, juntamente com o de 1963, está entre os mais fortes (Fig. 3). Tais eventos ocasionaram grandes anomalias nas precipitações, e diminuições anormais dos níveis dos rios e lagos na região (ZENG *et al.* 2008). Contudo, a curta duração do fenômeno (cerca de um ano), sucedida por eventos que resultaram em anomalias positivas de cheias intensas, como La Niña (ZENG *et al.* 2008), parece ter auxiliado a recuperação dos possíveis estoques com o sucessivo incremento dos tamanhos médios dos sobreviventes. Já a seca de 2002-03, embora também tenha causado depleção dos tamanhos médios, parece ter tido efeito menos acentuado sobre os grupos. O ENSO deste período não teve grande intensidade, entretanto as secas posteriores geraram um conjunto de anomalias que resultou na elevada seca de 2005 (ZENG *et al.* 2008).

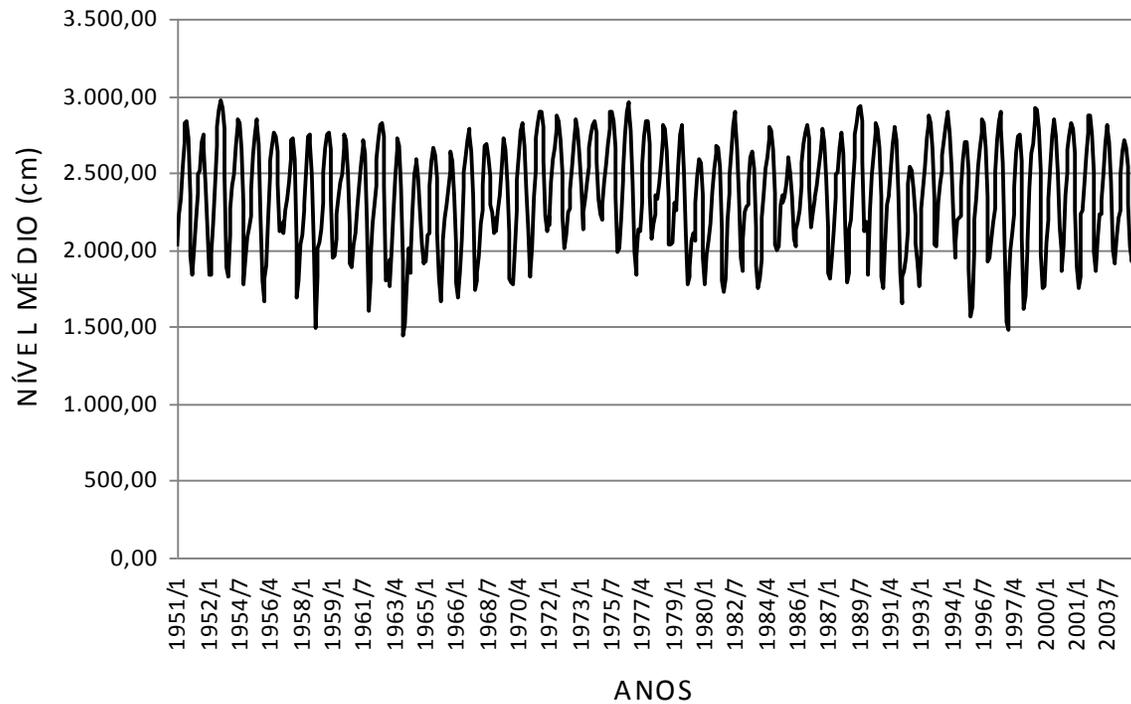
Sendo assim, registrou-se que um evento único de seca intensa influenciou direta ou indiretamente a sobrevivência de grupos de indivíduos de *P. nigricans* em sub-bacias da Amazônia Central. Se o episódio de seca é sucedido por anos mais pluviosos, os grupos sobreviventes provavelmente conseguem repor os estoques, já que se registrou incremento dos tamanhos médios após o evento.



**Figura 1** – Médias de comprimento furcal e seus respectivos intervalos de confiança (0,95) de *P. nigricans* em lagos de várzea, situados em três sub-bacias da Amazônia Central, de 1995 a 2001 (n=2.381).



**Figura 2** – Médias de comprimento furcal e seus respectivos intervalos de confiança (0,95) de *P. nigricans* nas calhas principais de três sub-bacias da Amazônia Central, de 1994 a 2004 (n=15.024).



**Figura 3** – Série histórica dos níveis hidrológicos registrados pela estação de Manaus para a sub-bacia Solimões na Amazônia Central de 1951 a 2004. Anos com nível médio do rio abaixo de 2.000 cm representam anos com incidência de ENSO.

## Referências

- BARBER, R.T. & CHAVEZ, F.P.. Biological consequences of El Niño. **Science**. 222: 1203 – 1210. 1983.
- BARTHEM, R.B. & FABRÉ, N.N.. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFFINO, M. L. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**. Manaus: Ibama/ProVárzea, 17 - 62. 2004.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L.. **Ecology: From individuals to ecosystems**. 4ª ed. Blackwell Publishing Ltd. p. 42. 2006.
- BITTENCOURT, M.M. & AMADIO, S.A.. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazônica**. 37(2): 303 – 308. 2007.
- COCHRANE, K.; de YOUNG, C.; SOTO, D.; BAHRI, T. (eds). Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**. Nº. 530. Rome, FAO. 212pp .2009.
- LOWE-McCONNELL, R.H.. Ecological studies in tropical fish communities. **Cambridge University Press**. Cambridge. 384 pp. 1987.
- MERONA, B. & GASCUEL, D.. The effects of flood regime and fishing effort on the overall abundance of an exploited fish community in the Amazon floodplain. **Aquat. Living Resour.** 6: 97 - 108. 1993.
- RICHEY, J.E.; NOBRE, C. & DESER, C.. Amazon River discharge and climate variability: 1903 to 1985. **Science**. 246: 101 - 103. 1989.
- SMOLDERS, A.J.P.; VELDE, V.G. & ROELOFS, J.G.M.. El Niño caused collapse of the sábalo fishery (*Prochilodus lineatus*, Pisces: Prochilodontidae) in a South American River. **Naturwissenschaften**. 87: 30 – 32. 2000.
- TAIT, R.V. & DIPPER, F.A.. **Elements of Marine Ecology**. 4ª ed. Butterworth–Heinemann. p.18. 1998.
- TRENBERTH, K. E.. The Definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**. 78 (12): 2771 – 2777. 1997.
- VIEIRA, J.P.; GARCIA, A.M. & GRIMM, A.M.. Evidences of El Niño effects on the mullet fishery of the Patos Lagoon estuary. **Braz. arch. biol. technol.** 51 (2):433 – 440. 2008.

WELCOMME, R.L.. River fisheries. **FAO Fish. Tech. Pap.**, (262): 330 pp. 1985.

ZENG, N.; YOON, J.H.; MARENGO, J.A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C.A.; MARIOTTI, A. & NEELIN, J.D.. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environ. Res. Lett.** 3: 1 – 9. 2008.

## 4 HETEROGENEIDADE NA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO- TEMPORAL DE *Prochilodus nigricans* EM SUB-BACIAS DA AMAZÔNIA CENTRAL

**Resumo:** A dinâmica de populações de uma espécie é usualmente influenciada por um conjunto de processos abióticos, sendo estes as principais forças determinantes dos padrões de distribuição dos indivíduos dentro dos habitats. Delimitar as principais variáveis influentes e identificar a forma como estão correlacionadas à distribuição da população, consistem fatores preditivos para a manutenção de muitos recursos. Isto é mais marcante para espécies que estão em constante mudança de habitat e são fortemente exploradas pela pesca, como é o caso de *Prochilodus nigricans*. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi determinar a variabilidade espaço-temporal na quantidade de indivíduos jovens e adultos de *P. nigricans*, dentro e entre diferentes sub-bacias, efetuando comparações com possíveis variáveis abióticas relacionadas. Para tanto, sua distribuição espaço-temporal foi analisada com base no desembarque total e nos dados morfométricos registrados no principal porto de desembarque de Manaus, entre 1994 e 2004. Apenas os registros de curimatã provenientes das calhas dos rios Purus, Solimões e Madeira foram considerados neste trabalho. Os resultados indicaram similaridade na distribuição espaço-temporal de jovens e adultos entre as sub-bacias Solimões, Purus e Madeira. Dentro de cada sub-bacia, somente os indivíduos adultos realizam migrações ascendentes colonizando novas regiões. O número de adultos foi maior em ambientes de lago e os de jovens nos rios. Grupos de indivíduos que não conseguiram abandonar os lagos durante a vazante, ficam aprisionados e passam a crescer nesses locais. O aumento do esforço de pesca resultou no incremento de jovens e adultos nas capturas. A regressão linear não apresentou correlação entre número de adultos e jovens, indicando ausência de descartes destes últimos.

**Palavras- Chave:** Estoque, caraciforme, ambiente tropical, Brasil.

#### 4.1 Introdução

Processos biológicos, geográficos e climáticos sempre influenciaram o comportamento dos seres vivos (MUSIK *et al.* 2004), sendo as principais forças determinantes dos padrões de distribuição destes, dentro dos habitats (BEGON *et al.* 2006). Delimitar as principais variáveis influentes e identificar a forma como estão relacionadas à dinâmica dos indivíduos são fatores relevantes para a manutenção de muitos recursos, particularmente de espécies que estão em constante mudança de habitat e são fortemente exploradas pela pesca. Neste grupo, estão incluídos Characiformes migradores da região Amazônica, como o curimatã (*Prochilodus nigricans*).

Para estas espécies, o ciclo hidrológico é conhecido como sendo a principal força desencadeadora dos processos migratórios (WINEMILLER & JEPSEN 1998), onde um ciclo previsível de longa duração gerou adaptações e estratégias que propiciaram um uso eficiente do habitat (JUNK *et al.* 1989). A eficácia destas características se reflete na abundância e amplitude de ocupação dos caracídeos na bacia Amazônica.

Os modelos propostos na literatura para os padrões migratórios dos Characiformes de uma forma geral são bem conhecidos, sendo usualmente baseados em informações acerca das migrações de espécies de água doce da região tropical (WELCOMME 1979, LOWE-MCCONNELL 1987, BARTHEM & GOULDING 1997) ou em observações dispersas de parte do ciclo migratório de caracídeos em diferentes sub-bacias (DURAND & LOUBENS 1970, 1971, LOUBENS & PANFILI 1995, MONTREUIL *et al.* 2001). GOULDING (1979, 1980) investigou os movimentos migratórios de *P. nigricans* em dois tributários do Rio Madeira, na Amazônia Central e sugeriu que os padrões migratórios da espécie podem ser mais complexos do que os

propostos para espécies de rios tropicais, sobretudo, dado a complexidade do sistema amazônico e a variação interanual da intensidade dos ciclos de alagação.

A ocupação diferenciada dos indivíduos de uma mesma população dentro de um habitat pode ser identificada observando-se oscilações tempo-espaciais na quantidade de jovens e adultos. Tais dados permitem testar hipóteses sobre padrões migratórios da espécie ao longo de um sistema (MARTYN & ETIENNE 2001).

Para determinar a variabilidade espaço-temporal na quantidade de indivíduos jovens e adultos de *P. nigricans*, dentro e entre diferentes sub-bacias, efetuando comparações com possíveis variáveis abióticas relacionadas, este trabalho testa as seguintes hipóteses: (1) Há similaridade na distribuição espaço-temporal de jovens e adultos de *P. nigricans* dentro de uma mesma sub-bacia; (2) Há similaridade na distribuição espaço-temporal de jovens e adultos de *P. nigricans* entre diferentes sub-bacias.

## 4.2 Material e métodos

### Coleta de Dados

Foram extraídas informações de desembarque pesqueiro do curimatã (*P. nigricans*), provenientes do banco de dados do programa integrado de recursos aquáticos e da várzea/PYRÁ da Universidade Federal do Amazonas. Os dados selecionados para análise foram obtidos de janeiro de 1994 a dezembro de 2004, por meio de entrevistas nos mercados de desembarque de pescado de Panair e Adolpho Lisboa, em Manaus.

Durante os desembarques foram registrados os locais de pesca, autonomia, número de pescadores por embarcação, e aferidos o comprimento furcal (CF) em centímetros de exemplares capturados selecionados aleatoriamente. Contudo, apenas os dados obtidos em pescarias com redinha foram utilizados nas análises com o intuito de reduzir o ruído devido à seletividade do instrumento de pesca. A redinha, como é conhecida localmente, é o aparelho mais propício à captura do curimatã (BATISTA, 1999). Consiste de uma rede de cerco, com nylon multifilamentado escuro e malha de 20mm. Este aparelho foi utilizado em locais fundos e livres de obstáculos, tanto em rios quanto em lagos.

Apenas os registros de dados do curimatã provenientes das sub-bacias Solimões, Purus e Madeira (Apêndice 4) foram considerados neste trabalho, visto que estes foram responsáveis pela maior contribuição na produção pesqueira da espécie no período (Sol.=41,37%; Pur.=30,17%; Mad.=11,06%) (Apêndice 5).

As medidas diárias do nível dos rios foram obtidas para todo o período com dados cedidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) para as seguintes estações: Manicoré (5°49'S, 61°18'W) e Canutama (6°32'S, 64°19'W). Para o porto de Manaus

(3°08'S, 60°00'W) foram usados os dados cedidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Superintendência Regional do Amazonas.

## Análise de Dados

Neste estudo, consideraram-se as variáveis: sub-bacia, nível do rio, tipo de ambiente, trecho, esforço de pesca, ano, movimento migratório, número de jovens e número de adultos.

A variável sub-bacia representou os rios Solimões, Purus e Madeira. O nível dos rios foi representado pelas cotas médias registradas nos meses de coleta para cada sub-bacia em particular. A variável: tipo de ambiente foi representada pelos locais de captura de *P. nigricans*, correspondendo a ambientes de lago ou ao canal principal dos rios. Os dados de longitude da sub-bacia Solimões foram convertidos em uma escala de 0 a 9, com o intuito de gerar valores aproximados aos dados de latitude das sub-bacias Purus e Madeira, e dessa forma, ter uma representação equivalente da distribuição espacial dos indivíduos nas três sub-bacias. Os valores obtidos passaram então a ser representados pela variável trecho, sendo que, quanto maior o valor desta variável, maior é a distância em relação à foz de cada sub-bacia (mais a montante).

O esforço de pesca foi representado pelo número de pescadores vezes a quantidade de dias pescando. O ano foi utilizado como variável representativa do intervalo de tempo entre fenômenos de El Niño-Oscilação do Sul (ENSO). A variável “movimento migratório”, representou as etapas migratórias em que provavelmente se encontravam os indivíduos no período em que foram capturados. Cada etapa foi representada por um número de 1 a 3, respeitando a sequência temporal na qual ocorre cada etapa migratória, conforme RIBEIRO (1983) e MOTA & RUFFINO (1997). Sendo: migração reprodutiva (1), período de desova-migração trófica (2) e migração de dispersão (3).

Utilizou-se o tamanho de primeira maturação sexual para *P. nigricans* estimado por OLIVEIRA (1997) para classificar os indivíduos em jovens e adultos (26,2 cm de comprimento padrão, o que equivale a 27,7cm. de comprimento furcal).

Para testar o efeito simultâneo das variáveis sobre o número de jovens e adultos de *P. nigricans* entre as diferentes sub-bacias, realizou-se duas análises de Covariância (ANCOVA). Em ambas as análises, foram considerados fatores: as sub-bacias e o tipo de ambiente; e como covariáveis: nível do rio, trecho, esforço de pesca, ano e movimento migratório. No entanto, no primeiro modelo, a variável dependente foi o número de jovens e no segundo, o número de adultos, testando o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \pi_j + (\alpha * \pi)_{ij} + \beta_1 (X_{1ij} - \bar{X}_1) + \beta_2 (X_{2ij} - \bar{X}_2) + \beta_3 (X_{3ij} - \bar{X}_3) + \beta_4 (X_{4ij} - \bar{X}_4) + \beta_5 (X_{5ij} - \bar{X}_5) + \epsilon_{ij}$$

Onde:

$Y_{ij}$  = variável dependente (número de jovens ou adultos)

$\mu$  = média geral do número de jovens ou adultos

$\alpha_i$  = efeito i do fator sub-bacia

$\pi_j$  = efeito j do fator tipo de ambiente

$\beta_1$  = efeito linear da covariável nível do rio

$\beta_2$  = efeito linear da covariável trecho

$\beta_3$  = efeito linear da covariável esforço

$\beta_4$  = efeito linear da covariável ano

$\beta_5$  = efeito linear da covariável movimento migratório

$X_1$  = covariável nível do rio

$\bar{X}_1$  = média da covariável nível do rio

$X_2$  = covariável trecho

$\bar{X}_2$  = média da covariável trecho

$X_3$  = covariável esforço

$\bar{X}_3$ = média da covariável esforço

$X_4$ = covariável covariável ano

$\bar{X}_4$ = média da covariável ano

$X_5$ = covariável movimento migratório

$\bar{X}_5$ = média da covariável movimento migratório

$(\alpha*\pi)_{ij}$ = interação entre o efeito do fator i e o fator j

$\Theta_{ij}$ = componente de erro aleatório

A relação entre o número de jovens e o número de adultos nas capturas foi avaliada por meio de correlação linear. Todos os testes estatísticos aplicados basearam-se no nível de significância de 0,05.

### 4.3 Resultados

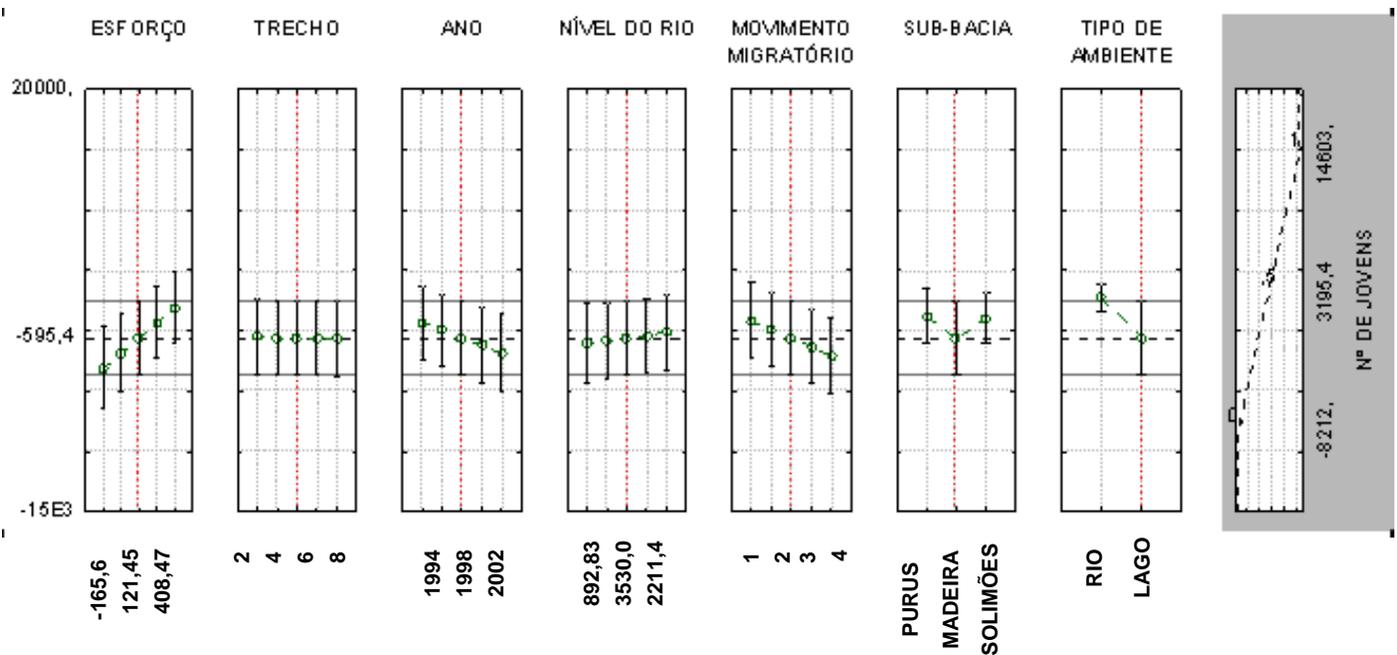
Foram analisados dados de 604 viagens de pesca, para as quais foi estimado um total de 6.803.245 indivíduos, sendo 28,35% de jovens e 71,65% de adultos. O comprimento furcal (CF) dos exemplares variou de 18 a 45 cm .

O primeiro modelo de covariância mostrou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) do fator “Tipo de ambiente”, além das covariáveis “Esforço”, “Ano”, e “Nível do rio”, sobre o número de jovens de *P. nigricans* (Tab. 1). Já o fator “Sub-bacia” não apresentou efeito significativo, indicando que, uma vez controlado o efeito das variáveis influentes, o número de jovens não difere nas três sub-bacias estudadas.

**Tabela 1** – Resultados da análise de covariância do número de jovens de *P. nigricans* por viagem nas sub-bacias estudadas (n=604; r=0,29).

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	P
Esforço	6,445153E+08	1	644515253	21,3089	<b>&lt;0,0001</b>
Trecho	1,073605E+06	1	1073605	0,0355	0,8506
Ano	1,575837E+08	1	157583700	5,2100	<b>0,0228</b>
Nível do rio	2,595234E+08	1	259523367	8,5803	<b>0,0035</b>
Movimento migratório	9,556702E+06	1	9556702	0,3160	0,5743
Sub-bacia	5,741651E+07	2	28708255	0,9492	0,3877
Tipo de ambiente	3,493194E+08	1	349319447	11,5491	<b>0,0007</b>
Erro	1,660525E+10	549	30246360		

O aumento no número de jovens foi diretamente proporcional ao aumento do esforço de pesca e inversamente proporcional aos anos sucessivos. (Fig. 1) A incidência de jovens nas capturas foi maior nos períodos de ampliação do ambiente aquático e durante os períodos de migração reprodutiva. Ambientes de rio foram mais propícios à presença de jovens do que lago.



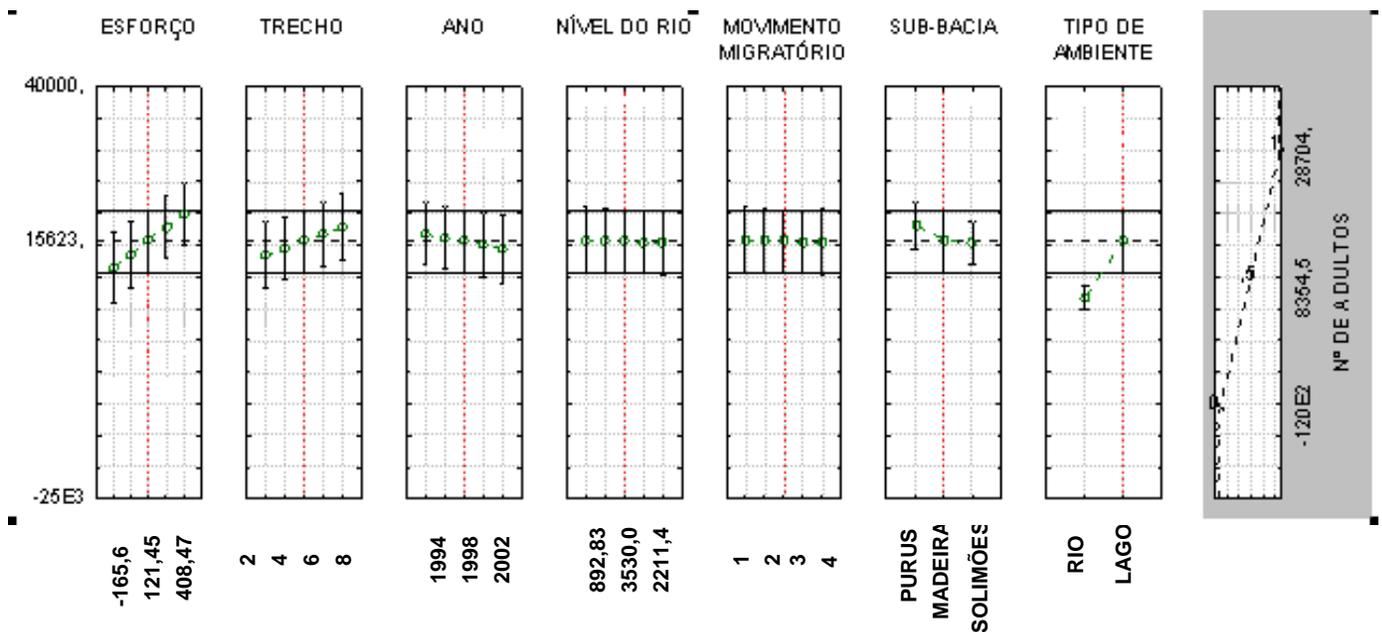
**Figura 1** – Relação de fatores e covariáveis com o número de jovens de *P. nigricans* capturados nas três sub-bacias estudadas, no período de janeiro de 1994 a dezembro de 2004.

No modelo de covariância aplicado ao número de adultos, apenas o fator “Tipo de ambiente” e as covariáveis “Esforço” e “Trecho”, mostraram-se significativas sobre o número de adultos de *P. nigricans* (Tab. 2). Como no modelo anterior, o fator “Sub-bacia” não apresentou diferença significativa no número de adultos entre as três sub-bacias estudadas.

**Tabela 2** – Resultados da aplicação do modelo de covariância aos dados de número de adultos de *P. nigricans* nas sub-bacias estudadas (n=604; r=0,49).

Fontes de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Esforço	1,900787E+09	1	1,900787E+09	23,5767	<b>&lt;0,0001</b>
Trecho	5,540102E+08	1	5,540102E+08	6,8718	<b>0,0090</b>
Ano	1,700065E+08	1	1,700065E+08	2,1087	0,1470
Nível do rio	9,950877E+06	1	9,950877E+06	0,1234	0,72591
Movimento migratório	4,347265E+05	1	4,347265E+05	0,0054	0,9415
Sub-bacia	4,065999E+07	2	2,032999E+07	0,2522	0,7772
Tipo de ambiente	3,953682E+09	1	3,953682E+09	49,0401	<b>&lt;0,0001</b>
Erro	4,426115E+10	549	8,062140E+07		

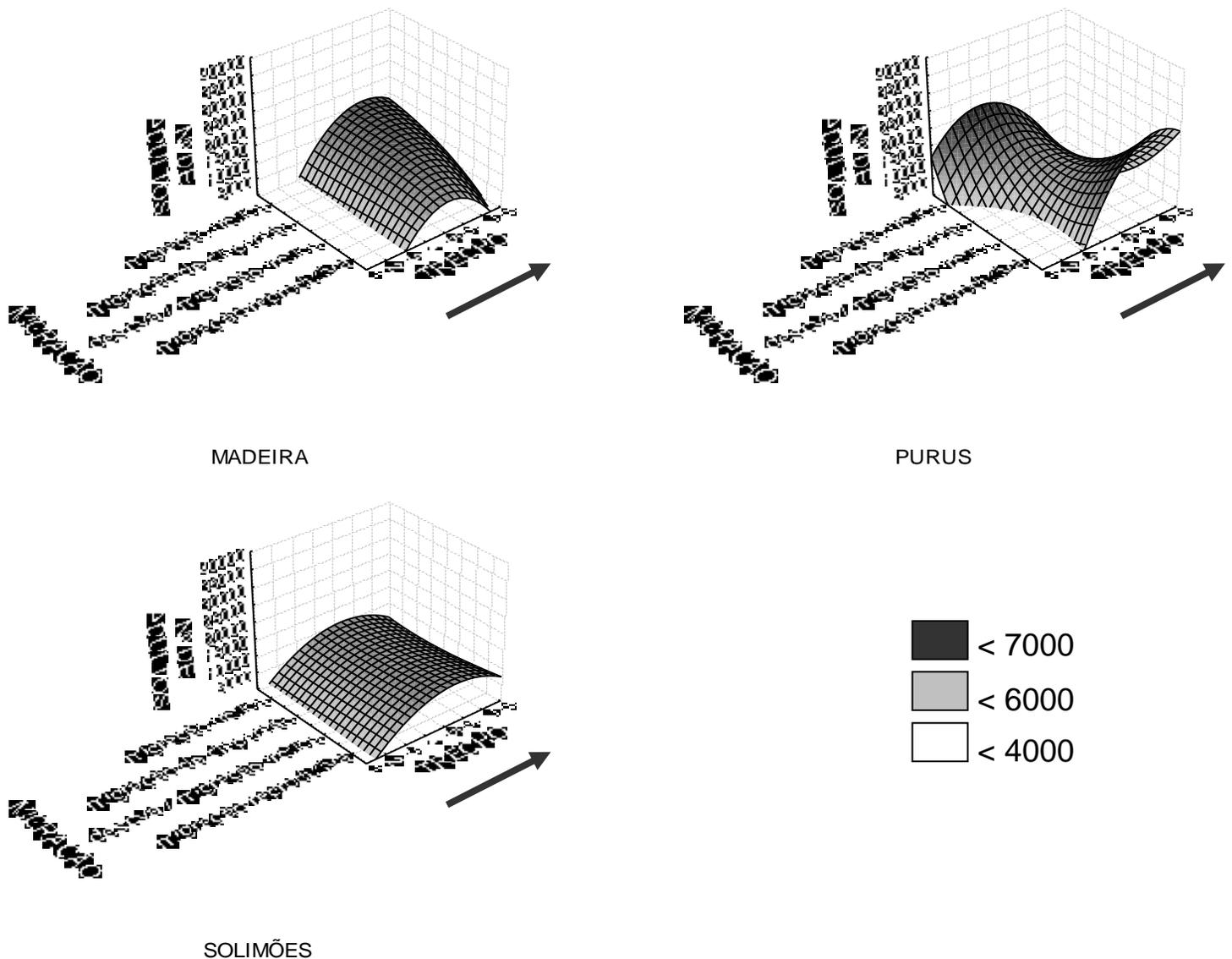
Dentre as variáveis com influência significativa sobre o número de adultos, o esforço e o trecho apresentaram correlação linear positiva (Fig. 2). Quanto ao tipo de ambiente, os lagos foram mais produtivos. Apesar de haver uma correlação linear negativa com a variável “Ano”, esta não foi significativa. Também não houve diferenças no número de adultos de acordo com o ciclo hidrológico e o movimento migratório.



**Figura 2** – Relação de fatores e covariáveis com o número de adultos de *P. nigricans* capturados nas três sub-bacias estudadas, no período de janeiro de 1994 a dezembro de 2004.

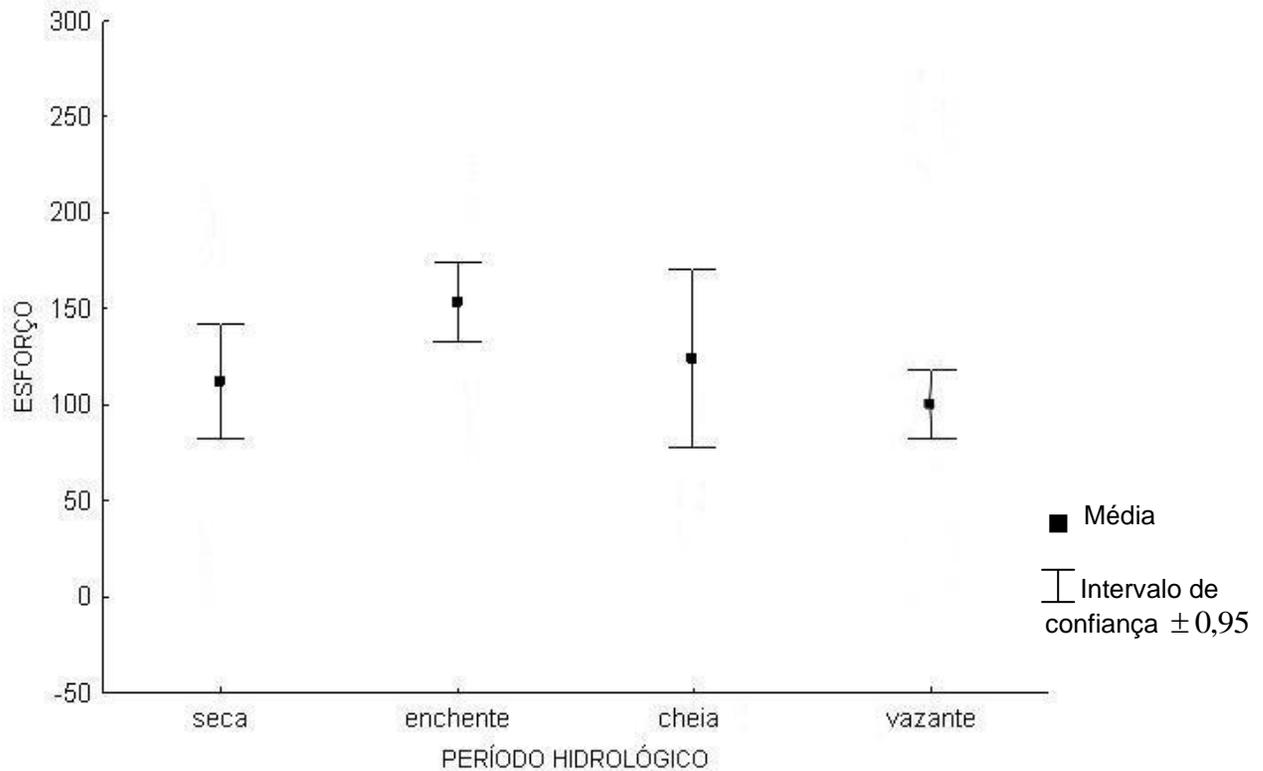
Ambos os modelos de ANCOVA mostraram-se significativos ( $P < 0,05$ ) e explicaram, respectivamente, 9,0% e 24%, da variação do número de jovens e adultos da captura de curimatã por viagem.

A presença de adultos em trechos a montante, independente da sub-bacia foi maior nos períodos de migração reprodutiva e migração trófica (Fig 3).



**Figura 3** – Número de adultos de *P. nigricans* capturados durante diferentes movimentos migratórios em trechos das três sub-bacias estudadas, no período de janeiro de 1994 a dezembro de 2004. A direção da seta indica o trecho a montante.

O esforço de pesca médio foi maior no período hidrológico de enchente e menor durante a vazante, contudo, durante a cheia registrou-se a maior dispersão em torno da média (Fig. 4).



**Figura 4** – Esforço de pesca (n.º. pescador x n.º. dias) efetuado sobre *P. nigricans* por viagem de pesca em diferentes períodos hidrológicos na Amazônia Central de janeiro de 1994 a dezembro de 2004.

A correlação linear entre o número de jovens e o número de adultos capturados foi positiva, mas não significativa ( $r=0,05$ ;  $p=0,21$ ;  $n=640$ ), indicando que o número de jovens não apresenta associação (relação de interdependência) com o número de adultos nas amostras.

#### 4.4 Discussão

Na Amazônia, os peixes realizam movimentos migratórios que estão diretamente relacionados com a variação do nível dos rios e suas características intrínsecas (JUNK 1985, VAZZOLER & MENEZES 1992, MERONA & GASCUEL 1993). As mudanças do nível das águas permitem ou facilitam o acesso aos locais de alimentação e de proteção no período de enchente, e a saída destes locais durante a vazante (BARTHEM & FABRÉ 2004). No entanto, um conjunto de fatores pode tornar peculiar o padrão migratório adotado por uma determinada espécie e dificultar a identificação deste padrão. Dentre esses fatores, tem-se: a amplitude de distribuição da espécie, suas estratégias de vida adotadas, aliadas a heterogeneidade de ambientes na qual a espécie está inserida e as variáveis abióticas intervenientes.

Dentre tais fatores, a análise da variação interanual na abundância de jovens de *P. nigricans* indicou uma diminuição em sua produção no decorrer dos anos analisados. No entanto, não se pode associar estes resultados à ocorrência de fenômenos de El Niño-Oscilação do Sul, registrados nos anos de 1997 e 2002 (ZENG *et al.* 2008). Isso porque seriam esperadas depleções pontuais seguidas de recuperações, no entanto a tendência de declínio mostrou-se constante. Dessa forma, a queda na produção durante o período de tempo estudado pode estar mais relacionada ao aumento do esforço e a consequente redução da produtividade.

O aumento do nível dos rios mostrou-se diretamente proporcional ao incremento na abundância de indivíduos jovens mas não apresentou qualquer tipo de correlação com a abundância dos adultos de *P. nigricans*. É provável que a diminuição na abundância de jovens curimatãs, conforme a descida das águas, seja um reflexo de seu crescimento acelerado após o nascimento (OLIVEIRA, 1997) que normalmente se dá durante a enchente (WELCOMME 1979, LOWE-MCCONNELL 1987). Durante os períodos de águas altas, os jovens curimatãs encontram nas áreas inundáveis as condições ideais para um crescimento rápido (BARTHEM & FABRÉ 2004). Dessa forma, quando o nível dos rios baixa, tais indivíduos já apresentam condições

morfofisiológicas para se incorporar à parcela adulta da população. Segundo OLIVEIRA (1997), a espécie atinge 19 cm em média, de comprimento padrão em seu primeiro ano de vida. Já a dinâmica dos adultos provavelmente apresenta relações mais complexas do que uma correlação linear com o nível hidrológico. Além disso, o uso de quotas impossibilita a distinção de períodos de enchente e vazante, visto que o nível do rio tende a ser semelhante durante esses períodos, mas o comportamento migratório dos adultos não. VIEIRA (2003) também não encontrou influência do nível do rio sobre a abundância de jaraquis na Amazônia Central, o que corrobora a hipótese.

O número de indivíduos adultos também pode ter se mantido relativamente constante independente do nível do rio, devido a mecanismos compensatórios relacionados ao esforço de pesca, tais como: (1) o aumento do esforço nos períodos em que os cardumes estariam mais dispersos, o que segundo, RIBEIRO & PETREIRE (1990), ocorre durante a ampliação do ambiente aquático; (2) A diminuição do esforço durante a vazante. Isso porque a contração do ambiente aquático torna os cardumes mais acessíveis aos aparelhos de pesca, conforme constatado por BATISTA (1999) para o curimatã em sub-bacias da Amazônia Central. Por outro lado, a grande amplitude de variação em torno da média do esforço na cheia, seria um reflexo da maior ou menor acessibilidade dos pescadores para chegar aos lagos de várzea e efetuar a captura dos indivíduos que ali se encontram.

A existência de descarte de jovens pela pesca nas amostras não pôde ser comprovada, isso porque o incremento do esforço de pesca favoreceu tanto no aumento da captura de curimatãs adultas quanto de jovens. Além disso, o número de adultos não apresentou relação de interdependência significativa sobre a captura de jovens. Porém, a maior quantidade de adultos nas capturas (71,65%), somando-se todos os anos analisados, pode estar associada a outras variáveis relacionadas à pesca ou de origem abiótica não discriminada neste trabalho.

Quanto à utilização do espaço dentro de uma mesma sub-bacia, os jovens foram mais abundantes nas amostras provenientes do canal principal do rio. Já em ambientes

de lago registrou-se uma maior captura de adultos. Neste sentido, os lagos formados nas áreas inundáveis durante a cheia fornecem tanto aos adultos quanto aos alevinos às condições ideais para alimentação e crescimento (LOWE MCCONNEL 1987, BARTHEM & GOULDING 1997). Já durante a seca, muitos lagos perdem a conexão com o canal principal do rio, aprisionando os indivíduos que não conseguiram sair dessas áreas durante a vazante (BARTHEM & FABRÉ 2004). Dessa forma, há indícios de que dentro dos lagos há indivíduos de todas as faixas etárias, sendo os jovens menos vulneráveis ao aparelho de pesca, dado o comprimento reduzido ( $CT < 10$  cm), que não lhes permitem ficar retidos, resultando na maior captura de adultos. Estes, dentro dos lagos estariam mais abundantes e seriam mais vulneráveis do que no canal principal dos rios. No período de vazante os jovens que estariam saindo dos lagos pela primeira vez em direção ao canal principal dos rios, conforme já observado por RIBEIRO & PETRERE (1990), teriam tamanho comercialmente atrativo.

Considerando as diferentes sub-bacias analisadas, não houve diferenças significativas em termos de número de curimatãs jovens e adultos capturados no Solimões, Madeira e Purus. VIEIRA (2003), também não encontrou diferenças na abundância de jaraquis (*Semaprochilodus spp.*) entre essas sub-bacias. Este resultado não seria o esperado, visto que na Amazônia Central, o Solimões e o Purus são considerados mais produtivos em comparação ao Madeira (BATISTA 1999). Para CARVALHO & BATISTA (1998), a alta produtividade estaria relacionada à dimensão das áreas de várzea, que é maior no Solimões, seguida do Purus. Contudo, a similaridade que tem sido encontrada em termos de número de jovens e adultos por sub-bacia, permitem resgatar o modelo de dispersão cíclica, para jaraquis, proposto por RIBEIRO (1983) para o rio Negro e seus tributários, e ampliado por VIEIRA (2003) para demais sub-bacias da Amazônia Central. Para estes autores, os jaraquis ocupam sistematicamente vários ambientes aquáticos por meio da transferência contínua de grupos de indivíduos para novos ambientes. Dessa forma, mesmo havendo maior produtividade em uma determinada sub-bacia, a dispersão dos indivíduos tornaria similar à quantidade destes em diferentes ambientes. Dados à proximidade taxonômica

e as similaridades em termos de estratégias de vida, adaptação e ocupação de habitats dos caracídeos, é plausível levantar a hipótese de que o modelo de dispersão cíclica também possa ser aplicado ao curimatã.

Neste estudo, outro fator que corroborou com o modelo de dispersão cíclica foi o incremento de adultos a montante nas três sub-bacias analisadas. Conforme o modelo proposto por RIBEIRO (1983), durante a vazante, os indivíduos adultos saem de tributários onde estavam se alimentando (denominados lares tróficos) e dão início a uma migração ascendente via Solimões-Amazonas (GOULDING 1979, SMITH 1979, RIBEIRO 1983).

Os resultados obtidos nesse trabalho podem levar as seguintes conclusões: (1) Os indivíduos se distribuem espacial e temporalmente de forma similar, considerando as sub-bacias Solimões, Purus e Madeira. (2) Dentro de cada sub-bacia, somente os indivíduos adultos realizam migrações ascendentes colonizando novas regiões, enquanto que os jovens devem permanecer próximos às áreas onde nasceram até atingir tamanhos que lhes permitam dar início a migrações de dispersão ascendentes. (3) Ambientes de lago são freqüentados por indivíduos jovens e adultos, contudo, os primeiros tornam-se vulneráveis aos aparelhos de pesca apenas quando deixam essas regiões e atingem o canal principal dos rios. Em segundo caso, grupos de indivíduos que não conseguiram abandonar os lagos durante a vazante, ficam aprisionados e passam a crescer nesses locais, tornando-se alvo da pesca. (4) O aumento do esforço de pesca tem resultado no incremento tanto de jovens quanto de adultos nas capturas.

Diante dos resultados obtidos, rejeita-se a hipótese de similaridade na distribuição espaço-temporal de jovens e adultos de *P. nigricans* dentro de uma mesma sub-bacia e se aceita a hipótese de similaridade na distribuição espaço-temporal de jovens e adultos de *P. nigricans* entre diferentes sub-bacias (Solimões, Madeira e Purus).

## Referências

- BATISTA, V.S.. Biologia e administração pesqueira de alguns caraciformes explorados na Amazônia Central. **Tese**. Manaus: FUA, 131 pp. 1999.
- BARTHEM, R.B. & FABRÉ, N.N.. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFFINO, M. L. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**. Manaus: Ibama/ProVárzea, 17 - 62. 2004.
- BARTHEM, R.B. & GOULDING, M.. **The catfish connection: Ecology, migration and conservation of Amazon predators**. Columbia University Press, New York. 144pp. 1997.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L.. **Ecology: From individuals to ecosystems**. 4ª ed. Blackwell Publishing Ltd. p. 36. 2006.
- BITTENCOURT, M.M. & AMADIO, S.A.. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazônica**. 37(2): 303 – 308. 2007.
- CARVALHO, A.R. & BATISTA, V.S.. Relation of catch per effort and floodplain lake's area in lower Solimões river, Amazon (Brazil). **Abstracts of the Congress of the American Fisheries Society**: 281. 1998.
- DURAND, J.R. & LOUBENS, G.. Observations sur la sexualité et la reproduction des *Alestes barpiorioze* du bas Chari et du lac Tchad. Cah. ORSTOM, **Sér. Hydrobiol.**, 4: 61 - 81. 1970.
- DURAND, J.R. & LOUBENS, G.. Développement embryonnaire et larvaire des *Alestes barenioze*. Cah. ORSTOM, **Sér. Hydrobiol.** 5: 53 – 61. 1971.
- FREITAS, C.E.C.; NASCIMENTO, F.A. & SOUZA, F.K.S.. Levantamento do estado de exploração dos estoques de curimatã, jaraqui, surubim e tambaqui. In: ProVárzea. **O setor pesqueiro na Amazônia: análise da situação atual e tendências do desenvolvimento a indústria da pesca**. Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea. Manaus: Ibama. 77-100. 124pp. 2007.
- GOULDING, M.. **Ecologia de pesca do rio Madeira**. Manaus: Inpa/CNPq. 172pp. 1979.
- GOULDING, M.. **The fishes and the forest: explration in Amazonian natural history**. Los Angeles, University Calif. Press. 280pp. 1980.

JUNK, W.J.. Temporary fat storage, an adaptation of some fish species to the water level fluctuations and related environmental changes of the Amazon River. **Amazoniana**, 9: 315 – 351.1985.

JUNK, J.W.; BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E.. The flood pulse concept in river floodplain systems. **Canadian Special Publications of Fisheries and Aquatic Sciences**.106:110 – 127. 1989.

LOUBENS, G. & PANFILI, J.. Biologie de *Prochilodus nigricans* (Teleostei: Prochilodontidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). **Ichthyol. Explor. Freshwaters** 6 (1): 17 – 32. 1995.

LOWE-McCONNELL, R.H.. Ecological studies in tropical fish communities. **Cambridge University Press**. Cambridge. 384 pp. 1987.

MARTYN L. C., & ETIENNE, B.. **Migration of freshwater fishes**. Blackwell Science Ltd., Malden, MA.. 420pp. 2001.

MERONA B. & GASCUEL D.. The effects of flood regime and fishing effort in the overall abundance of an exploited fish community in the Amazon floodplain. **Aquatic Living Resources**. 6: 97–108. 1993.

MONTREUIL, V.; GARCÍA, A. & RODRÍGUEZ, R.. Biología reproductiva de «boquichico», *Prochilodus nigricans*, en la amazonía peruana. **Folia amazónica** 12: (1-2). 5 – 13. 2001.

MOTA, S.Q. & RUFFINO, M.L.. Biologia e pesca do curimatã (*Prochilodus nigricans* AGASSIZ, 1829) (PROCHILODONTIDAE) no médio Amazonas. **Revista UNIMAR** 19(2): 493-508. 1997.

MUSICK, J.A.; HARBIN, M.M. & COMPAGNO, L.J.V.. Historical zoogeography of the selachii. In: Carrier JC, Musick JA, Heithaus M (eds) The biology of sharks and their relatives. **CRC Press, Boca Raton, FL**, 33–78, 2004.

OLIVEIRA, M.I.B. de.. Determinação da idade e aspectos da dinâmica populacional do curimatã *Prochilodus nigricans* (Pisces: Prochilodontidae) da Amazônia Central. **Dissertação**. INPA/FUA. Manaus. Amazonas. 79 pp. 1997.

RIBEIRO, M.C.L.B.. As migrações dos jaraquis (Pisces, Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil. **Dissertação**. INPA/FUA. Manaus. Amazonas. 192pp. 1983.

RIBEIRO, M.C.L.B. & PETRERE, M. Jr.. Fisheries ecology and management of the Jaraqui (*Semaprochilodus Taeniurus*, *S. Insignis*) in central Amazonia. **Regulated Rivers: Research and Management**. 5 (3): 195 – 215. 1990.

RICHEY, J.E.; NOBRE, C. & DESER, C.. Amazon River discharge and climate variability: 1903 to 1985. **Science**. 246: 101 - 103. 1989.

SMITH, N.J.H.. **A pesca no rio Amazonas**. INPA, Manaus. 154pp. 1979.

SMOLDERS, A.J.P.; VELDE, V.G. & ROELOFS, J.G.M.. El Niño caused collapse of the sábalo fishery (*Prochilodus lineatus*, Pisces: Prochilodontidae) in a South American River. **Naturwissenschaften**. 87: 30 – 32. 2000.

VAZZOLER, A.E.A.M. & MENEZES, N.A.. Reproductive behaviour of South America Characiformes (Teleostei, Ostariophysi): a Review. **Revista Brasileira de Biologia**. 52: 627 – 640. 1992.

VIEIRA, E.F.. Dinâmica sazonal e interanual da estrutura populacional e do impacto da exploração pesqueira do jaraqui de escama fina (*Semaprochilodus taeniurus*) e Jaraqui escama grossa (*S. insignis*) SCHOMBURGK, 1841) em subsistemas hidrográficos da Amazônia Central. **Tese**. INPA/UFAM. Manaus. Amazonas. 246pp. 2003.

VIEIRA, J.P.; GARCIA, A.M. & GRIMM, A.M.. Evidences of El Niño effects on the mullet fishery of the Patos Lagoon estuary. **Braz. arch. biol. technol.** 51 (2):433 – 440. 2008.

WELCOMME, R.L.. **Fisheries ecology of floodplain rivers**. Longman. London. 317 pp. 1979.

WELCOMME, R.L.. River fisheries. **FAO Fish. Tech. Pap.**, (262): 330 pp. 1985.

WINEMILLER, K.O., & JEPSEN, D.B... Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. **Journal of Fish Biology**. 53:267 – 296. 1998.

ZENG, N.; YOON, J.H.; MARENGO, J.A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C.A.; MARIOTTI, A. & NEELIN, J.D.. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environ. Res. Lett.** 3: 1 – 9. 2008.

## 5 DELIMITAÇÃO DE UNIDADES POPULACIONAIS EM PEIXES TROPICAIS: O CASO DE *Prochilodus nigricans* NA AMAZÔNIA CENTRAL

**Resumo:** A identificação de possíveis unidades populacionais de *Prochilodus nigricans* em sub-bacias da Amazônia Central a partir de parâmetros populacionais foi efetuada, considerando a influencia da variabilidade espacial e temporal. Para isto, duas questões foram propostas: 1. se os parâmetros de crescimento apresentariam similaridades dentro e entre as três sub-bacias analisadas; e 2. se variações climáticas interanuais resultariam em alterações nos valores desses parâmetros. Para tanto, os parâmetros de crescimento da espécie foram estimados a partir de dados de distribuição de frequência de comprimento provenientes das sub-bacias do Solimões, Madeira e Purus no período de 1994 a 2001. As amostras foram separadas por sub-bacia, tipo de ambiente (rio / lago) e intervalos de tempo divididos por um grande evento de “El niño”(1994 a 1997 / 1998 a 2001). Os resultados indicaram a existência de estoques distintos de *P. nigricans* tanto conforme o tipo de ambiente dentro de uma mesma sub-bacia, quanto entre sub-bacias distintas. Além disso, atestou que a ocorrência de secas acentuadas decorrentes de eventos climáticos tem forte influencia sobre o crescimento da espécie, comprometendo a reposição natural das populações, sobretudo nas sub-bacias Solimões e Purus. Estes resultados chamam a atenção para a necessidade de considerar mais a fundo o tipo de ambiente no qual uma espécie está inserida, bem como para a importância de um monitoramento contínuo dos valores de parâmetros populacionais, já que a pressão de pesca deve se adequar às oscilações destes parâmetros. Sugere-se ainda que mais estudos dessa natureza sejam realizados utilizando diferentes métodos.

**Palavras- Chave:** Estoques, caraciforme, sub-bacias, Brasil.

## 5.1 Introdução

O conceito de unidade populacional ou estoque, tem divergido entre muitos autores (RICKER 1975, IHSEN *et al.*1981, GULLAND 1983, SPARRE & VENEMA 1992, SHAKLEE & CURRENS 2003) e conseqüentemente, sido utilizado de forma distinta. Todavia, o conceito mais objetivo é o de que o estoque, consiste num subconjunto de indivíduos de uma determinada espécie que habita uma área geográfica particular e possui os mesmos parâmetros de crescimento e mortalidade (SPARRE & VENEMA 1992). Este é mais objetivo, visto que permite a delimitação de descritores estatísticos resultantes da soma de cada um dos indivíduos que constituem um grupo, e que portanto são exclusivos do grupo.

A delimitação de estoques é essencial para o gerenciamento adequado de recursos explotáveis, porque unidades populacionais distintas normalmente apresentam diferentes tolerâncias a pressões de pesca (BATISTA 1999). Entretanto, na prática tem sido difícil estabelecer medidas de manejo, porque os parâmetros que caracterizam os estoques estão intimamente relacionados às condições ambientais, podendo variar conforme mudanças no ambiente onde um determinado grupo está inserido (BARTHEM & FABRÉ 2004).

No Brasil, a região amazônica apresenta um conjunto de características ambientais, que tanto pode gerar a formação de estoques (CUTRIM & BATISTA 2009) quanto ocasionar flutuações nos valores dos parâmetros que os caracterizam. Sendo assim, a delimitação de estoques passa a requerer o conhecimento acerca da amplitude de distribuição da espécie e de variáveis abióticas que possam causar oscilações nos valores dos parâmetros. Tais conhecimentos são especialmente importantes, para garantir a manutenção de recursos com ampla distribuição, fortemente sujeitos as oscilações ambientais e de grande importância econômica, como é o caso do curimatã, *Prochilodus nigricans*. (CARVALHO & MERONA 1986, LOUBENS

& PANFILI 1995, MONTREUIL *et al.* 2001, CASTRO & VARI 2003, BARTHEM & FABRÉ 2004, PETRERE *et al.* 2007).

Para esta espécie, dados sobre avaliação de estoques são ainda incipientes (BATISTA 2001, MONTREUIL *et al.* 2001). Isso, segundo BAYLEY & PETRERE (1989) e BATISTA (2001), está relacionado com o conhecimento sobre se os indivíduos estão agrupados numa mesma unidade populacional ou em várias.

Dentre os métodos utilizados para a estimativa dos parâmetros populacionais, é freqüente o uso de dados de distribuição de freqüência de comprimentos (GOMIERO *et al.* 2007). Isso porque métodos baseados na leitura e contagem de anéis em estruturas rígidas são mais dispendiosos e demandam estrutura específica (LOWE-MCCONNELL 1999). Além disso, a validação das classes etárias nem sempre é possível (LIZAMA & VAZZOLER 1993), em decorrência da irregularidade na freqüência com que os anéis (ou bandas) são formados (CAMPANA 2001).

Neste contexto, torna-se relevante identificar possíveis unidades populacionais de *Prochilodus nigricans* em sub-bacias da Amazônia Central utilizando distribuições de freqüência de comprimento, considerando a influencia da variabilidade espacial e temporal sobre os parâmetros que caracterizam um determinado estoque.

Este trabalho busca responder a duas questões: Espacialmente: (1) Os parâmetros de crescimento de *P. nigricans* apresentam similaridades dentro e entre as três sub-bacias analisadas, de forma que possam ser tratados como um mesmo estoque? Temporalmente: (2) Variações climáticas interanuais podem resultar em alterações nos valores desses parâmetros, mudando as características de um dado estoque?

## 5.2 Material e métodos

### Coleta de Dados

As informações de desembarque foram extraídas do banco de dados do Programa Integrado de Recursos Aquáticos e da Várzea/PYRÁ da Universidade Federal do Amazonas. Os dados foram obtidos por coletores contratados nos principais portos de desembarque de pescado de Manaus (mercados da Panair e do Adolpho Lisboa), de janeiro de 1994 a dezembro de 2001. As unidades espaciais foram estabelecidas considerando sub-bacias hidrográficas que mais contribuíram para a produção pesqueira da espécie no período. Assim, apenas os registros de dados do curimatã provenientes das calhas dos rios Solimões (41,37%), Purus (30,17%) e Madeira (11,06%) foram considerados (Apêndices 4 e 5).

Durante o desembarque do pescado foram efetuadas medidas de comprimento furcal (CF) em centímetros, de exemplares selecionados aleatoriamente, registrando-se o local de origem do pescado. Os coletores foram orientados a obter um mínimo de 30 medidas por noite, durante 10 dias por mês, buscando totalizar pelo menos 300 medidas mensais. O número de espécimes amostrado por embarcação foi definido a cada noite, de forma a obter dispersão espacial e temporal das amostras, visando representar a variabilidade da espécie. (BATISTA 1999) Contudo, apenas os dados obtidos em pescarias com redinha foram utilizados nas análises com o intuito de reduzir o ruído devido à seletividade do instrumento de pesca. A redinha, como é conhecida localmente, é o aparelho mais propício à captura do curimatã (BATISTA 1999). Consiste de uma rede de cerco, com nylon multifilamentado escuro e malha de 20mm. Este aparelho foi utilizado em locais fundos e livres de obstáculos, tanto em rios quanto em lagos.

## Análise de Dados

As análises foram efetuadas com o auxílio do pacote computacional LFDA (Length frequency distribution analysis) versão 5.0 (KIRKWOOD *et al.* 2001) . Este permite a estimativa de curvas de crescimento sazonal e não sazonal, a partir de dados de distribuição de frequência de comprimento. Para tanto, conta com três métodos alternativos para estimativa dos parâmetros de crescimento: SLCA (Shepherd's Length Composition Analysis), PROJMAT (Projection Matrix Method) e ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis). O método usado neste trabalho foi o PROJMAT, o qual estima os parâmetros K e  $L_{\infty}$  da função de von Bertalanffy a partir de dados de distribuição de frequência de comprimento de classes dispostas seqüencialmente, onde as progressões modais inferem sobre o crescimento.

Utilizou-se como função a versão sazonal da curva de crescimento de von Bertalanffy, proposta por HOENIG & HANUMARA (1982), segundo a equação:

$$L(t) = L_{\infty} [ 1 - \exp [-K(t-t_0) + CK/2\pi \cdot \sin 2\pi (t - t_s) - CK/2 \pi \cdot \sin 2\pi (t_0 - t_s)]]$$

Onde:

$L_t$  = tamanho médio dos indivíduos com idade t;

$L_{\infty}$  = tamanho máximo que, em média, os indivíduos podem atingir (valor assintótico da curva);

k = taxa de crescimento;

$t_0$  = parâmetro relacionado com o tamanho médio dos indivíduos no instante do nascimento ( $L_0$ );

$t_s$  = idade no início da primeira oscilação sazonal de crescimento ( $-0,5 \leq t_s \leq 0,5$ ).

C – amplitude (ou intensidade) de oscilação sazonal ( $0 \leq C \leq 1$ ).

A época do ano em que há redução do crescimento, conhecido como ponto de inverno (Winter Point - WP) mas que nos trópicos está relacionado com outros eventos ecológicos, foi calculado conforme BILGIN *et al.* (2009) como sendo:

$$WP = ts + 0,5$$

Para responder a pergunta acerca da similaridade entre os parâmetros populacionais de *P. nigricans* dentro e entre as três sub-bacias em questão, analisou-se as distribuições de freqüências de comprimento furcal para cada sub-bacia, distinguindo dois tipos de ambientes: lago e rio.

Para responder a pergunta sobre a interferência de variações climáticas interanuais nos valores dos parâmetros obtidos, os dados foram analisados separadamente, considerando dois intervalos de tempo (de 1994 a 1997 e de 1998 a 2001). Tal separação atribui-se a incidência de um evento forte de ENSO ocorrido na região, entre 1997 e 1998 (ZENG *et al.* 2008).

O índice de performance de crescimento ( $\emptyset$ ) foi utilizado para comparar as curvas de crescimento de *P. nigricans* entre: sub-bacias (Solimões, Madeira e Purus), tipos de ambiente (lago e rio) e anos (1994-97 e 1998-01). A estimativa do índice deu-se segundo a equação de PAULY & MUNRO (1984) *apud* CASTRO *et al.* (2002):

$$\emptyset = \log(K) + 2 \log(L_{\infty})$$

Onde:

$\emptyset$  = Índice de performance de crescimento

Log= Logaritmo neperiano

### 5.3 Resultados

Foram utilizados os dados de comprimento furcal de 19.828 indivíduos de *P. nigricans*. Destes, 10.216 foram provenientes da sub-bacia Solimões (9.443 - rio e 773 - lago), 5.705 da sub-bacia Purus (4.704 - rio e 1.001 - lago) e 3.907 da sub-bacia Madeira (3.337 - rio e 570 - lago). Os tamanhos variaram entre 10 e 52 cm de CF.

As sub-bacias Solimões, Madeira e Purus apresentaram similaridades quanto à estrutura de tamanhos e a formação de pelo menos duas classes modais (A, B e C) (Fig. 1), contudo, as disposições das modas diferem se comparadas quanto ao tipo de ambiente (A e B) e intervalos de tempo (A e C). Neste último caso percebe-se um deslocamento das freqüências de ocorrências das classes de comprimentos superiores (A e B) para classes inferiores (C).

Os parâmetros de crescimento foram estimados (Tab. 1), gerando curvas de crescimento (Figs. 2 e 3). Estas apresentaram formato relativamente similar entre ambientes de lago e mais variável entre os canais principais dos rios (Fig. 2), no entanto, a comparação entre os parâmetros revelou mais dissimilaridades do que similaridades entre as mesmas.

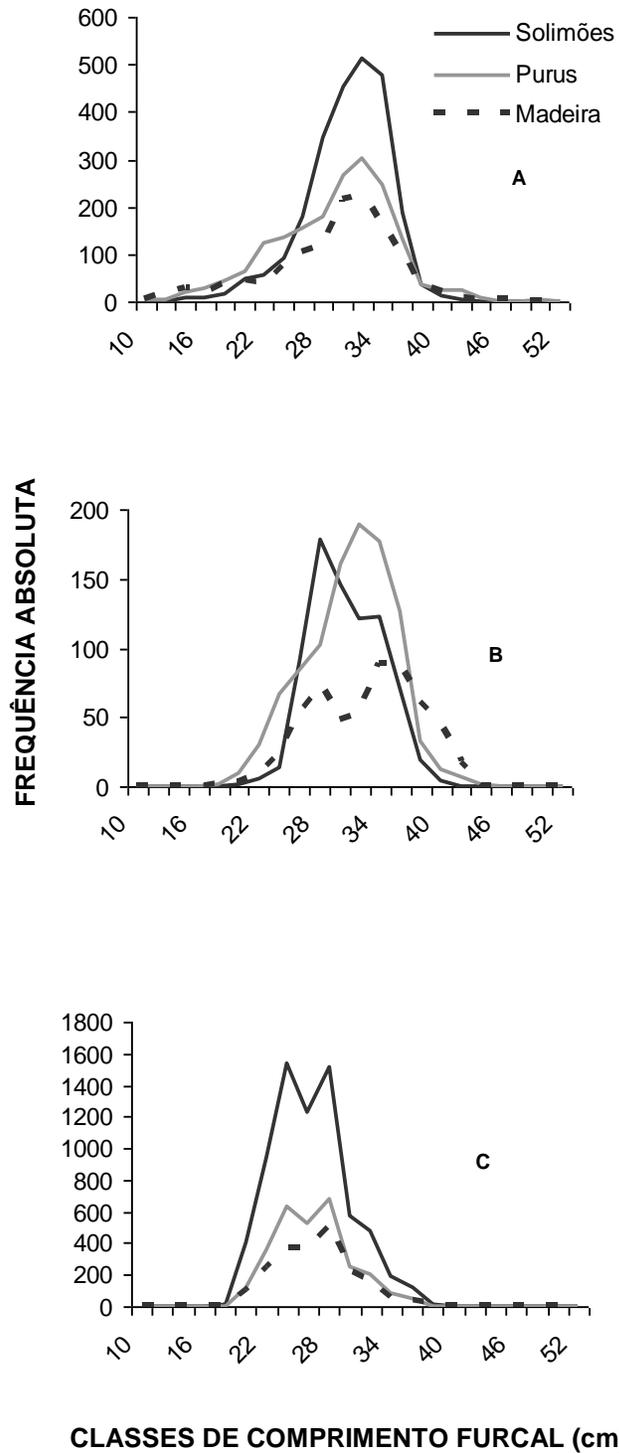
Considerando apenas as estimativas para o período de 1994-97, observaram-se diferenças dentro de cada sub-bacia, conforme o tipo de ambiente. Neste sentido, as taxas de crescimento obtiveram maiores valores em lagos. O comprimento assintótico variou de lago para rio, sendo maior em lago para as sub-bacias Solimões e Purus, em contra partida, maior na calha principal do Madeira se comparado aos lagos desta mesma sub-bacia. Os valores de WP indicaram diminuições no crescimento dos indivíduos em maio (WP=0,5), independente do tipo de ambiente para o Solimões, contudo apresentou variações dentro das demais sub-bacias. No Madeira, registrou-se diminuição no crescimento em junho (WP=0,6) na calha principal do rio e em agosto (WP=0,8) nos lagos. Já o Purus apresentou diminuição no crescimento em setembro (WP=0,9) em ambientes de rio e em outubro nos lagos (WP=1,0). Os maiores valores

de amplitude de oscilação foram estimados para as calhas principais dos rios nas três sub-bacias.

No que diz respeito à comparação dos parâmetros entre sub-bacias, para o período de 1994-97, as taxas de crescimento mostraram-se mais similares entre os lagos do que entre as calhas principais das sub-bacias.

O comprimento assintótico estimado para os lagos do Purus foi bem maior e portanto, mais distanciado das estimativas obtidas para o mesmo ambiente no Solimões e Madeira. A diminuição do crescimento ocorreu primeiro no Solimões, no mês de maio, seguido do Madeira, entre junho e agosto, e sentida por último no Purus, entre setembro e outubro. A amplitude de oscilação sazonal foi semelhante entre rios para as três sub-bacias, contudo, sempre maior em rio do que em lago.

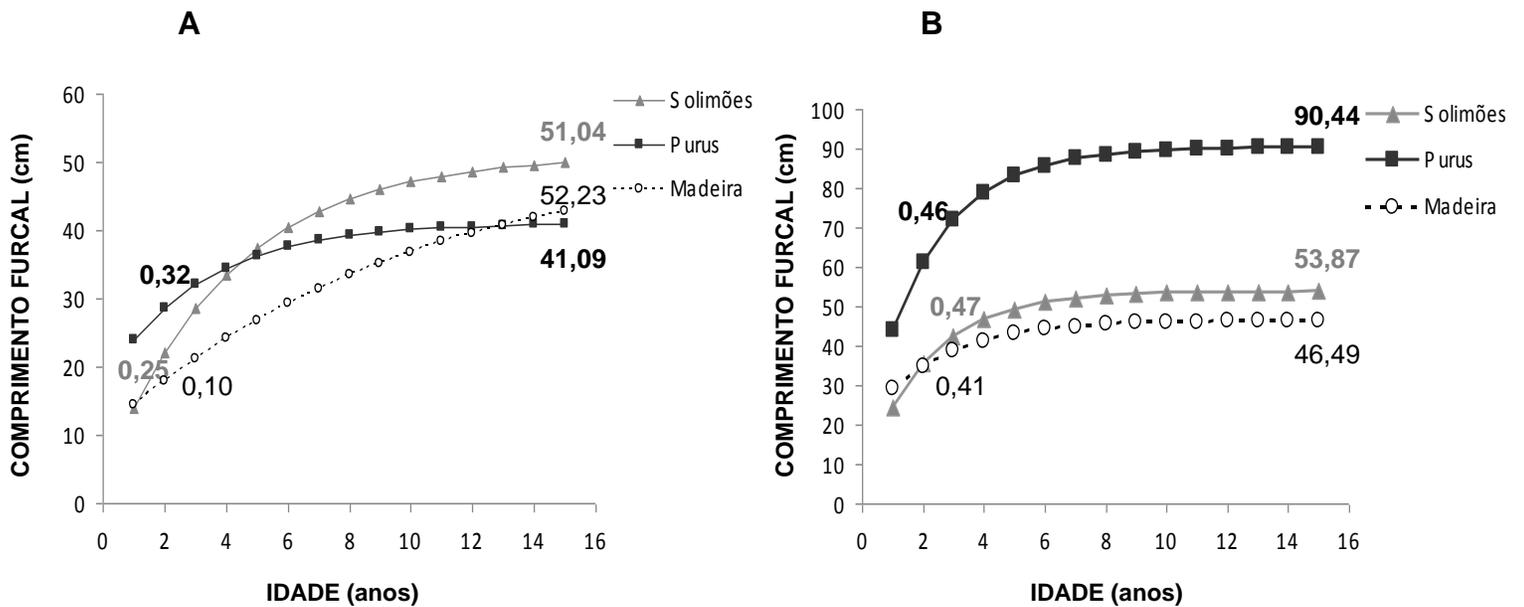
Comparando somente os dados de rio entre as três sub-bacias, em intervalos de tempos distintos (94-97 e 98-01), pôde-se observar uma diminuição nas taxas de crescimento para as sub-bacias Solimões e Purus após 1997 e um incremento no valor deste parâmetro na sub-bacia Madeira no mesmo período. O comprimento assintótico passou a ser maior após 1997, com exceção do Madeira, que diminuiu. Os valores de WP indicaram mudanças nos meses em que houve diminuições no crescimento dos indivíduos entre o Solimões e o Purus e manutenção do período para o Madeira. Neste sentido, no Solimões registrou-se uma mudança no WP de maio (0,4) entre 94-97 para abril (0,5) entre 98-01. No Purus o WP que era entre setembro (0,9) e outubro (1,0) no período de 94-97, passou para junho (0,6) entre 98-01 (Tab.1 e Fig. 3)



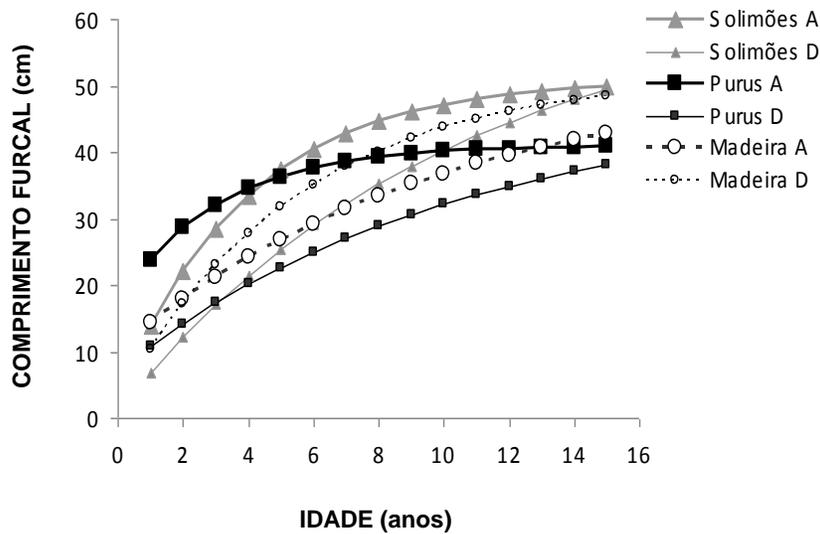
**Figura 1** – Comparação da distribuição de frequência de comprimento de *P. nigricans* nas sub-bacias estudadas. (A) Dados de rio (calha principal)1994-97; (B) Dados de lago 1994-97; (C) Dados de rio 1998-01.

**Tabela 1** – Estimativa dos parâmetros populacionais de *P. nigricans* nas sub-bacias Solimões, Madeira e Purus, considerando-se dois tipos de ambientes (rio e lago) e dois intervalos de tempo (1994 - 97 e 1998 - 01). ( $T_0$ ) indica a idade teórica no tamanho zero, (K) taxa de crescimento, ( $L_\infty$ ) comprimento assintótico, (WP) momento de redução do crescimento, (C) intensidade de oscilação sazonal e ( $\emptyset$ ) performance de crescimento.

Sub-bacia	Ano	Ambiente	$T_0$	K/ano	$L_\infty$	WP	C	$\emptyset$
Solimões	De 1994 a 1997	Rio	-0,44	0,25	51,04	0,5	0,86	2,81
		Lago	-0,23	0,47	53,87	0,5	0,17	3,13
	De 1998 a 2000	Rio	-0,53	0,10	63,27	0,4	0,57	2,50
		Lago	—	—	—	—	—	—
Madeira	De 1994 a 1997	Rio	-0,66	0,10	52,23	0,6	1,00	2,44
		Lago	-0,53	0,41	46,49	0,8	0,75	2,95
	De 1998 a 2000	Rio	-0,25	0,18	51,84	0,8	0,19	2,43
		Lago	—	—	—	—	—	—
Purus	De 1994 a 1997	Rio	-0,51	0,32	41,09	0,9	1,00	2,73
		Lago	-0,59	0,46	90,44	1,0	0,20	3,58
	De 1998 a 2000	Rio	-0,59	0,10	46,96	0,6	0,71	2,34
		Lago	—	—	—	—	—	—



**Figura 2** – Curvas de crescimento sazonal de Hoenig para as três sub-bacias estudadas no período de 1994 a 1997. (A) representa os rios e (B) os lagos. Os valores no início e fim das curvas representam, respectivamente o  $K$  e o  $L_{\infty}$ .



**Figura 3** – Curvas de crescimento sazonal de Hoenig para as três sub-bacias estudadas no período de 1994 a 2001. (A) representa o período que antecedeu o evento de ENSO e (D) o período posterior ao evento.

#### 5.4 Discussão

A leitura de anéis em estruturas rígidas vem sendo utilizada como ferramenta para a estimativa de parâmetros de crescimento e determinação da idade em peixes da Amazônia. Tal método tem comprovado a existência de marcas periódicas bem definidas em estruturas como: escamas, otólitos, espinhos e vértebras, e relacionado às marcações com a ocorrência de eventos ambientais cíclicos, como a periodicidade hidrológica na região (RUFFINO & ISAAC 1994, OLIVEIRA 1997, FABRÉ & SAINT-PAUL 1998, SANTOS-FILHO & BATISTA 2005). Contudo, este tipo de estudo exige recursos humanos, materiais e infra-estrutura que dificultam o uso continuado na avaliação de estoques. Alternativamente, métodos indiretos baseados em distribuições de frequência de comprimento apresentam maior relação custo benefício no sentido de que podem se basear em informações associadas à estatística pesqueira, reduzindo os custos e permitindo maior sustentabilidade operacional (CUTRIM & BATISTA 2009). Dessa forma, estimativas indiretas de parâmetros que possam ser incorporáveis a modelos analíticos podem ser mais facilmente obtidas e validadas a partir dos métodos tradicionais baseados em estruturas rígidas (GOMIERO *et al.* 2007). Além disso, mudanças na dinâmica das populações causadas por variações ambientais ou pela própria pesca, necessitam de métodos capazes de diagnosticar tais mudanças com maior praticidade, o que é viabilizado por métodos que utilizam distribuições de frequências de comprimento.

No presente trabalho, uma análise geral da estrutura de tamanhos de *P. nigricans* apresentou similaridades no que se refere à formação e a predominância de classes modais, comparando-se as sub-bacias Solimões, Madeira e Purus, durante o período de 1994-97. Similaridades também foram observadas quanto ao deslocamento de grupos modais para classes inferiores após 1997. No entanto, os parâmetros de crescimento estimados apresentaram valores peculiares entre as sub-bacias, inclusive diferenças dentro de uma mesma sub-bacia, conforme o tipo de ambiente no qual as amostras foram obtidas.

Os valores dos índices de performance de crescimento ( $\emptyset$ ) obtiveram uma média de 2,76 para as três sub-bacias avaliadas, o que, segundo CUTRIM & BATISTA (2009) indicam uma satisfatória (inferior a cinco) estimativa dos parâmetros de crescimento, uma vez que para uma mesma espécie este índice não deve variar muito.

Considerando os tipos de ambiente dentro de cada sub-bacia em particular, para o período de 1994-97, observou-se diferenças no crescimento dos indivíduos capturados dentro dos lagos em comparação com as calhas principais dos rios de cada sub-bacia. Isso é um indício de que grupos distintos podem estar se desenvolvendo de forma independente nos dois ambientes. Diante do amplo intervalo de tempo no qual as amostras foram obtidas torna-se improvável que tais resultados sejam meras coincidências. Ainda mais porque a perda de conectividade entre os lagos e as calhas principais dos rios durante a contração do ambiente aquático, aprisiona os indivíduos que não conseguiram sair dessas áreas durante a vazante (BARTHEM & FABRÉ 2004). Estes devem desenvolver-se isoladamente dos que conseguiram abandonar essas áreas no período de contração do ambiente aquático. Como o isolamento é temporário torna-se plausível supor que o curimatã faça parte de um grupo de espécies migradoras que permanecem alguns anos residindo nas áreas alagadas antes de iniciarem suas migrações no rio, como é o caso do Tambaqui (GOULDING 1980). Poder-se-ia supor no entanto, que a ausência de cheias suficientemente grandes para reconectar os lagos de terra firme as calhas dos rios pudesse de fato estar impedindo o acesso dos exemplares a estes ambientes, contudo, anos com registros de “El niño” (seca intensa) foram sucedidos por eventos de “La niña” (cheia acentuada) durante o período de estudo (ZENG *et al.* 2008).

O fato das taxas de crescimento dos indivíduos serem mais acentuadas nos lagos condiz com as maiores ofertas de alimento e abrigo oferecidos por esses ambientes, sobretudo nos períodos de inundação das áreas alagáveis (LOWE MCCONNELL 1987, BARTHEM & GOULDING 1997).

Diferenças no comprimento assintótico dos organismos entre os dois tipos de ambientes reforçam a idéia do desenvolvimento de grupos independentes. O elevado comprimento assintótico estimado para os lagos do Purus (90,44 cm CF) não é típico, contudo, é possível que nessa sub-bacia os indivíduos atinjam tamanhos maiores, dadas as melhores condições de sobrevivência ofertadas pelos grandes lagos formados na região e sua elevada integridade biótica, conforme suposto por CUTRIM & BATISTA (2009). Sugere-se que mais coletas devam ser efetuadas nesta sub-bacia. Em virtude da diversidade de tamanhos encontrada e assim, obter uma estimativa de comprimento assintótico mais confiável.

Um outro parâmetro considerado pelo modelo de crescimento sazonal de HOENIG & HANUMARA (1982) é a amplitude de oscilação sazonal (C), que consiste numa resposta do organismo a variação ambiental. Quando C corresponde à zero, o crescimento não é sazonal, ao passo que quando C corresponde a 1,0 a sazonalidade é suficientemente grande para que o crescimento cesse por um instante durante o ano (KIRKWOOD *et al.* 2001). Este parâmetro também pode ser utilizado para distinguir o comportamento dos indivíduos frente à variação ambiental. Neste sentido, o fato de a amplitude de oscilação sazonal ter sido semelhante entre rios, para as três sub-bacias, mostra que os grupos presentes nessas áreas apresentam respostas semelhantes às mudanças no ambiente. Contudo, pôde-se observar que dentro de cada sub-bacia, a amplitude de oscilação sazonal é maior para os indivíduos que se encontram nas calhas dos rios do que nos lagos. O que é esperado, visto que os indivíduos que se encontram migrando estão mais susceptíveis as oscilações sazonais e a consequente diminuição do crescimento.

Nas análises comparativas entre as sub-bacias, para o período de 1994-97, percebe-se pouca variação nas taxas de crescimento quando comparamos os ambientes de lago entre si (sendo a diferença de 0,01 entre Purus e Solimões, 0,05 entre Purus e Madeira, 0,06 entre Madeira e Solimões). Já entre as calhas principais as diferenças foram mais acentuadas pelo menos entre o Madeira e as demais sub-bacias (sendo de 0,07 entre Purus e Solimões, 0,22 entre Purus e Madeira, 0,15 entre Madeira

e Solimões). As similaridades entre ambientes de lago e as dissimilaridades entre as calhas, podem ser um reflexo dos fatores que determinam as taxas de crescimento. Sabe-se que a taxa de crescimento é determinada pelo genótipo, mas influenciada pela condição fisiológica dos indivíduos (BEVERTON & HOLT 1957).

Neste sentido, os indivíduos presentes nos lagos devem apresentar menor variabilidade nas condições fisiológicas do que os indivíduos que se encontram migrando nas calhas dos três rios. Visto que estes desprendem maior ou menor energia, dependendo do período migratório em que se encontram. É interessante observar ainda, que as taxas de crescimento estimadas neste trabalho para ambientes de lago ( $K_{sol}=0,47$ ;  $K_{pur}=0,46$ ;  $K_{mad}=0,41$ ) estão próximas do valor descrito por OLIVEIRA (1997) para o lago Inácio na Amazônia Central ( $K=0,46$ ), mas bem abaixo deste valor considerando as parcelas presentes em ambiente de rio ( $K_{sol}=0,25$ ;  $K_{pur}=0,32$ ;  $K_{mad}=0,10$ ). Tal fato, dentre outros, torna-se uma forte evidência da existência de grupos distintos de *P. nigricans* desenvolvendo-se dentro de uma mesma sub-bacia, conforme o tipo de ambiente.

Quanto aos comprimentos assintóticos, as presentes estimativas foram maiores que a apresentada por OLIVEIRA (1997) ( $L_{\infty}=41,68$ cm CP, correspondente a 43,18cm CF) independente do tipo de ambiente para o Solimões e o Madeira. Para o Purus, o comprimento assintótico apresentado por OLIVEIRA (1997) foi superior em 2,09cm para ambiente de rio ( $L_{\infty}=41,68$ cm CF) e inferior em 47,26cm para ambiente de lago ( $L_{\infty}=90,44$ cm CF). Comprimentos assintóticos maiores que o estimado pela autora já eram esperados por BATISTA (1999), em decorrência da presença de curimatãs com até 52 cm nas amostras obtidas pelo mesmo para a Amazônia Central entre 1994 e 1996.

No que se referem às épocas do ano onde se registrou redução no ritmo de crescimento dos indivíduos, as amostras das sub-bacias Purus e Madeira apresentaram maior similaridade, onde tal diminuição coincidiu com o final da vazante (registrada, predominantemente, de abril a outubro para o Purus e de abril a setembro para o

Madeira, entre 1994-97). Para o Solimões a época de redução no ritmo de crescimento ocorreu no final da enchente (registrada, predominantemente, de novembro a maio entre 1994-97). (Apêndice 6) Segundo RIBEIRO & PETRERE (1990), durante a vazante, espécies como *P. nigricans*, realizam migrações de dispersão que duram por toda a seca, até o início da enchente quando irão desovar (LOWE-MCCONNEL 1987). No entanto, *P. nigricans*, faz parte de um grupo de peixes que difere quanto ao período hidrológico preciso no qual se dá à reprodução, que pode ser durante a enchente ou no fim da cheia (DURAND & LOUBENS 1970 1971, LOUBENS & PANFILI 1995). Para OLIVEIRA (1997), as condições para o crescimento estariam mais desfavoráveis no início da enchente e final da vazante, o que poderia estar atrelado à carência alimentar (BATISTA 1999). Considerando o tipo de migração realizada no período de vazante e as diferenças quanto ao período hidrológico no qual se dá a desova de *P. nigricans* (GOULDING 1979, LOUBENS & PANFILI 1995, MONTREUIL *et al.* 2001), supõe-se que a diminuição do ritmo do crescimento de *P. nigricans* esteja relacionada à migração de dispersão nas sub-bacias Purus e Madeira e ao período de migração reprodutiva ou desova na sub-bacia Solimões. Tais atividades geram gasto energético que reduz consideravelmente o ritmo de crescimento (GODOY 1959, OLIVEIRA, 1997).

Na Amazônia Central, secas acentuadas ao longo do sistema Solimões-Amazonas estão sendo associadas à ocorrência do fenômeno oceânico-atmosférico, denominado El Niño-Oscilação Sul (ENSO) (WELCOMME, 1985; RICHEY *et al.* 1989, ZENG *et al.* 2008). Secas intensas constituem um fator de imprevisibilidade para a manutenção de recursos como *P. nigricans*, dependentes das áreas inundáveis para completar seu ciclo de vida (BITTENCOURT & AMADIO 2007). Alguns autores já têm, inclusive, relacionado à diminuição ou colapso de espécies tradicionais à ocorrência do ENSO (MERONA & GASCUEL 1993, SMOLDERS *et al.* 2000, VIEIRA *et al.* 2008).

No atual trabalho, a separação dos dados em dois intervalos de tempo (1994-1997 e 1998-2001), devido à incidência de um evento forte de ENSO (1997) (ZENG *et al.*, 2008) mostrou diferenças relevantes nas estimativas dos parâmetros de crescimento de *P. nigricans*. Após 1997 os grupos presentes nas sub-bacias Solimões e

Purus tiveram uma diminuição das taxas de crescimento em 0,15 e 0,22 respectivamente, além de um incremento dos comprimentos assintóticos de 12,23cm para o Solimões e 5,87cm para o Purus, ocorrendo o oposto para a sub-bacia Madeira.

Conforme a classificação proposta por MACCARTHUR & WILSON (1967), *P. nigricans* seria alocado no grupo dos r estrategistas, mais especificamente r2-estrategistas (estrategistas periódicos), considerando o modelo proposto por WINNEMILLER & ROSE (1992). Espécies com esse tipo de estratégia normalmente se recuperam rapidamente após fortes oscilações sazonais, se comparados aos k estrategistas. Isso porque quando as condições de sobrevivência no ambiente se tornam novamente adequadas, as altas taxas de fecundidade e crescimento, aliadas a maturação sexual precoce, fazem com que eles atinjam rapidamente densidades populacionais elevadas (WINNEMILLER & ROSE 1992) , além de contribuir para uma rápida ocupação de nichos ecológicos que tenham sido disponibilizados pela mortandade de outras espécies (BEGON *et al.* 2006). No entanto, se num determinado habitat, a maior parte das espécies têm estratégias de vida semelhantes, certamente a competição dificultará a reposição populacional e a ocupação espacial. Sabe-se que na região amazônica, a maioria das espécies de peixes exploradas pela pesca apresenta um comportamento próximo de r-estrategista (BARTHEM & FABRÉ 2004). Dessa forma, é possível que a competição tenha sido uma variável de grande influencia na recuperação de *P. nigricans* após o evento de ENSO dentro de cada sub-bacia analisada.

O fato de as amostras provenientes da sub-bacia Madeira terem apresentado taxas mais elevadas de crescimento após o ENSO, gera pelo menos duas hipóteses. (1) A competição nesta sub-bacia é baixa, se comparada às demais ou (2) o grupo residente na área em particular, está melhor adaptado às oscilações ambientais e portanto, se recupera mais rapidamente. Neste sentido, as condições ambientais das sub-bacias Purus e Solimões são bastante peculiares as do Madeira. Esta sub-bacia, das três, possui as menores dimensões de várzea (BATISTA, 1998; 1999), além de ser considerada a mais degradada (BARTHEM *et al.*, 2004). Para CUTRIM & BATISTA

(2009), no entanto, as condições mais críticas de sobrevivência da matrinxã no Madeira, aliadas a alta taxa de exploração, estariam gerando mecanismos compensatórios por parte da população, o que para estes autores, justificaria a elevada taxa de crescimento estimada na referida sub-bacia. Dado o grau de parentesco entre *B. amazonicus* e *P. nigricans*, acredita-se que o mesmo possa ter acontecido para esta espécie no Madeira, após o ENSO, tornando a 2ª hipótese mais provável.

É relevante observar que entre 1994 e 2001, a seca de 1997 de fato foi a maior registrada para o Solimões, mas não para as demais sub-bacias analisadas (Apêndice 6). Apesar disso, as amostras das três sub-bacias sofreram oscilações quanto aos parâmetros estimados. Isso nos faz pensar sobre se a reposição populacional de *P. nigricans* nas sub-bacias Madeira e Purus não seriam dependentes da vinda de imigrantes do Solimões, uma vez que flutuações ambientais mais pronunciadas nesta sub-bacia parecem ter influenciado as condições fisiológicas dos grupos presentes nas duas sub-bacias supracitadas. Sendo assim, corrobora-se com modelo de dispersão cíclica, para jaraquis, proposto por RIBEIRO (1983) para o rio Negro e seus tributários, e ampliado por VIEIRA (2003) para demais sub-bacias da Amazônia Central. Para estes autores, os jaraquis ocupam sistematicamente vários ambientes aquáticos por meio da transferência contínua de grupos de indivíduos para novos ambientes. Durante a vazante, os indivíduos adultos saem de tributários onde estavam se alimentando (denominados lares tróficos) e dão início a uma migração ascendente via Solimões-Amazonas (GOULDING 1979, SMITH 1979, RIBEIRO 1983), colonizando novas áreas.

Após 1997, houve ainda, antecipação do período de diminuição do ritmo de crescimento. O mesmo foi antecipado em até quatro meses para os indivíduos presentes na sub-bacia Purus e em um mês para os indivíduos do Solimões. Uma possível explicação para isso seria de que as reservas energéticas adquiridas no período de cheia, após a seca intensa, não foram suficientes para que os indivíduos pudessem completar com pleno sucesso os três ciclos sazonais que sucedem as cheias (migração de dispersão, reprodutiva e desova), exaurindo antecipadamente as reservas energéticas. Conforme GODOY (1959), o deslocamento contra a correnteza dos

movimentos ascendentes leva os peixes à exaustão, resultando na metabolização das reservas energéticas acumuladas durante o período de alimentação. Se na próxima cheia, por alguma razão, estes indivíduos não alocarem a quantidade ideal de gordura e proteína, certamente esgotarão mais cedo as reservas energéticas comprometendo seu ciclo de vida e a consequente manutenção populacional.

Diante dos resultados obtidos podem-se chegar as seguintes conclusões: 1. As curvas de crescimento da espécie mostram dissimilaridades entre as amostras obtidas tanto conforme o tipo de ambiente dentro de uma mesma sub-bacia, quanto entre sub-bacias distintas, o que caracteriza a formação de diferentes estoques. 2. A ocorrência de secas acentuadas decorrentes de eventos climáticos como o ENSO tem forte influencia sobre os parâmetros de crescimento de *P. nigricans*, comprometendo a reposição natural das populações, sobretudo nas sub-bacias Solimões e Purus.

Os resultados obtidos neste trabalho são considerados inovadores no sentido de que considera a formação de estoques tanto entre quanto dentro de uma mesma sub-bacia na região Amazônica e atenta para flutuações nos valores de parâmetros populacionais frente a fortes oscilações ambientais. Sugere-se que mais estudos dessa natureza sejam realizados utilizando diferentes métodos para que futuramente se possa prever com maior grau de confiabilidade o comportamento de uma dada espécie de acordo com o tipo de habitat no qual ela está inserida e as variações climáticas intervenientes.

## Referências

- BARTHEM, R.B.; CHARVET-ALMEIDA, P.; MONTAG, L.F.A. & LANNA, A.E.. **Amazon Basin**, GIWA Regional assessment 40b. Sweden, University of Kalmar/UNEP. 60pp. 2004.
- BARTHEM, R.B. & FABRÉ, N.N.. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFFINO, M. L. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**. Manaus: Ibama/ProVárzea, p. 17-62. 2004.
- BARTHEM, R.B. & GOULDING, M.. **The catfish connection: Ecology, migration and conservation of Amazon predators**. Columbia University Press, New York. 144pp. 1997.
- BATISTA, V.S.. Distribuição, dinâmica da pesca e dos recursos pesqueiros na Amazônia Central. **Tese**. INPA/FUA: 291 pp. 1998.
- BATISTA, V.S.. Biologia e administração pesqueira de alguns caraciformes explorados na Amazônia Central. **Tese**. Manaus: FUA, 131 pp. 1999.
- BATISTA, V.S.. Biologia e administração pesqueira de alguns caraciformes explorados na Amazônia Central. **Tese de professor titular**, FUA, Manaus. 131 pp. 2001.
- BAYLEY P.B. & PETRERE JR., M.. Amazon fisheries: Assessment methods, current status and management options. Canadian Special Publication on **Fisheries and Aquatic Sciences**, 106: 385-398. 1989.
- BEGON, M., HARPER, J.L. & TOWNSEND, C.R.. **Ecology: From individuals to ecosystems**. 4<sup>a</sup> ed. Blackwell Publishing Ltd. p. 36. 2006.
- BEVERTON, R.J.H. & HOLT, S.J.. On the dynamics of exploited fish populations. **Fisheries Investments Series** (2) 19: 533 pp. 1957.
- BILGIN, S.; OZEN, O. & SAMSUN, O. Sexual seasonal growth variation and reproduction biology of the rock pool prawn, *Palaemon elegans* (Decapoda: Palaemonidae) in the southern Black Sea. **Scientia Marina** 73(2): 239 – 247. 2009.
- BITTENCOURT, M.M. & AMADIO, S.A.. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazônica**, 37(2): 303 - 308. 2007.

- CAMPANA, S.E.. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. **Journal of Fish Biology**, 59(2):.197-242. 2001.
- CARVALHO, J.L. & MERONA, B.. Estudo de dois peixes migratórios do baixo Tocantins, antes do fechamento da barragem de Tucuruí. **Amazoniana**, 9(4): 595-607. 1986.
- CASTRO, P.M.G.; CERGOLE, M.C.; CARNEIRO, M.H.; MUCINHATO, C.M.D. & SERVO, G.J.M. Crescimento, mortalidade e taxa de exploração do Goete, *Cynoscion jamaicensis* (Perciformes: Scianidae), na região Sudeste/Sul do Brasil. **Bol. Inst. Pesca**. 28(2):141-153. 2002.
- CASTRO, R.M.C., & VARI, R.P.. Prochilodontidae (Flannel mouth characiforms). p. 65–70 In: Reis, R. E.; Kullander, S. O. & Ferraris Jr, C. J. editors. **Checklist of the freshwater fishes of South and Central America**. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brazil. 2003.
- CUTRIM, L. & BATISTA, V.S.. Dinâmica populacional da matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. **Zoologia** 26 (2): 195 -203. 2009.
- DURAND, J.R. & LOUBENS, G.. Observations sur la sexualité et la reproduction des *Alestes barpizioze* du bas Chari et du lac Tchad. Cah. ORSTOM, **Sér. Hydrobiol.**, 4: 61 - 81. 1970.
- DURAND, J.R. & LOUBENS, G.. Développement embryonnaire et larvaire des *Alestes barenioze*. Cah. ORSTOM, **Sér. Hydrobiol.**, 5: 53 – 61. 1971.
- FABRÉ, N.N. & SAINT-PAUL, U.. Annulus formation on scales and seasonal growth of the Central Amazonian Anostomid *Schizodon fasciatus* (Osteichthyes, Characoidei). **Journal of Fish Biology**. 53: 1-11. 1998.
- GODOY, M.P.. Age, growth, sexual maturity, behavior migration, tagging and transplantation of the Curimbatá (*Prochilodus scrofa* Steindachner, 1881) of the Mogi Guassu River, São Paulo, Brasil. **An. Acad. Brasil Cienc.** 31:447-477. 1959.
- GOMIERO, L.M., CARMASSI, A.L. & BRAGA, F.M.S.. Crescimento e mortalidade de *Brycon opalinus* (Characiformes, Characidae) no Parque Estadual da Serra do Mar, Mata Atlântica, Estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, 7 (1). 2007.
- GOULDING, M.. **Ecologia de pesca do rio Madeira**. Manaus: Inpa/CNPq. 172pp. 1979.

GOULDING, M. **The fishes and the forest: exploration in Amazonian natural history.** Los Angeles, University Calif. Press. 280pp. 1980.

GULLAND, J.A.. Fish stock assessment: A manual of basic methods. **FAO/ser. Food. Agric.**, 1: 1-223. 1983.

HOENIG, J.M. & HANUMARA, R.C.. A statistical study of a seasonal growth model for fishes. **Tech. Report.** Depart. Computer Science and Statistic, Univ. Rhode Island, Narragansett. 1-126. 1982.

IHSSEN, P.E.; BOOKE, H.E.; CASSELMAN, J.M.; MCGLADE, J.M.; PAYNE, N.R. & UTTER, F.M.. Stock identification: materials and methods. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 38: 1838–1855.1981.

KIRKWOOD, G.P.; AUKLAND, R & ZARA, S.J.. **Length frequency distribution analysis (LFDA), version 5.0.** MRAG Ltd, London, UK. 2001.

LIZAMA, M. de los A.P., & VAZZOLER. A.E.A. de M.. Crescimento em peixes do Brasil: uma síntese comentada. *In* **Encontro Brasileiro de Ictiologia**, 10. Resumos, Inst. Pesca–CPA/SAA, São Paulo, 154 pp. 1993.

LOUBENS, G. & PANFILI, J.. Biologie de *Prochilodus nigricans* (Teleostei: Prochilodontidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). **Ichthyol. Explor. Freshwaters** 6 (1): 17 - 32. 1995.

LOWE-McCONNELL, R.H.. Ecological studies in tropical fish communities. **Cambridge University Press.** Cambridge. 384 pp. 1987.

LOWE-McCONNELL, R.H.. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais.** Ed. da Universidade de São Paulo. 1999.

MACCARTHUR, R.H. & WILSON, E.O.. The Theory of Island Biogeography. Princeton, NJ: **Princeton University Press.** p. 203. 1967.

MERONA, B. & GASCUEL, D.. The effects of flood regime and fishing effort in the overall abundance of an exploited fish community in the Amazon floodplain. **Aquatic Living Resources.** 6: 97–108. 1993.

MONTREUIL, V.; GARCÍA, A. & RODRÍGUEZ, R.. biología reproductiva de «boquichico», *Prochilodus nigricans*, en la amazonía peruana. **Folia amazónica** 12: 1-2. 2001.

OLIVEIRA, M.I.B. de.. Determinação da idade e aspectos da dinâmica populacional do curimatã *Prochilodus nigricans* (Pisces: Prochilodontidae) da Amazônia Central. **Dissertação**. INPA/FUA. Manaus. Amazonas. 79 pp. 1997.

PETRERE JR. M.; BATISTA, V.S.; FREITAS, C.E.C.; ALMEIDA, O.T. & SURGIK, A.C.S.. Caracterização socioeconômica da atividade pesqueira e da estrutura de comercialização do pescado na calha Solimões-Amazonas. 19 -58. In: ProVárzea. **O setor pesqueiro na Amazônia: análise da situação atual e tendências do desenvolvimento a indústria da pesca**. Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea. Manaus: Ibama. 122pp. 2007.

RIBEIRO, M.C.L.B.. As migrações dos jaraquis (Pisces, Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil. **Dissertação**. INPA/FUA. Manaus. Amazonas. 192pp. 1983.

RIBEIRO, M.C.L.B. & PETRERE, M. Jr.. Fisheries ecology and management of the Jaraqui (*Semaprochilodus Taeniurus*, *S. Insignis*) in central Amazonia. **Regulated Rivers: Research and Management**. 5 (3): 195 – 215. 1990.

RICKER, W.E.. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. **Bull. Fish. Bd Can.**, 191: 1- 328. 1975.

RICHEY, J.E.; NOBRE, C. & DESER, C.. Amazon River discharge and climate variability: 1903 to 1985. **Science**. (246): 101 - 103. 1989.

RUFFINO, M.L. & ISAAC, V.J.. The fisheries of the lower Amazon: Questions of management and development. **Acta Biologica Venezuelica**, 15(2): 37-46. 1994.

SANTOS-FILHO, L.C. & BATISTA, V.S... Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypophthalmus marginatus*) na Amazônia Central. **Acta Amazônica** 35 (1): 85-92. 2005.

SHAKLEE, J.B.; CURRENS, K.P.. Genetic stock identification and risk assessment. In: Hallerman, E.M. (Ed.), Population Genetics: Principles and Applications for Fisheries Scientists. **American Fisheries Society**, Bethesda. 291–328. 2003.

SMITH, M.A.. **Pesca no Rio Amazonas**. Manaus, CNPq/ INPA, 154pp. 1979.

SMOLDERS, A.J.P.; VELDE, V.G. & ROELOFS, J.G.M.. El Niño caused collapse of the sábalo fishery (*Prochilodus lineatus*, Pisces: Prochilodontidae) in a South American River. **Naturwissenschaften**. 87: 30 – 32. 2000.

SPARRE, P. & VENEMA, S.C.. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. **FAO Fisheries Technical Paper** N° 306.1. Rev. 1. Rome, FAO, 376 p. 1992.

VIEIRA, E.F.. Dinâmica sazonal e interanual da estrutura populacional e do impacto da exploração pesqueira do jaraqui de escama fina ((*Semaprochilodus taeniurus*) e Jaraqui escama grossa (*S. insignis*) SCHOMBURGK, 1841) em subsistemas hidrográficos da Amazônia Central. **Tese**. INPA/UFAM. Manaus. Amazonas. 246pp. 2003.

VIEIRA, J.P.; GARCIA, A.M. & GRIMM, A.M.. Evidences of El Niño effects on the mullet fishery of the Patos Lagoon estuary. **Braz. arch. biol. technol.** 51 (2):433 – 440. 2008.

WELCOMME, R.L.. River fisheries. **FAO Fish. Tech. Pap.**, (262): 330 pp. 1985.

WINEMILLER, K.O. & ROSE, K.A.. Patterns of life-history diversification in North American fishes: implications for population regulation. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.** 49: 2196-2218. 1992.

ZENG, N.; YOON, J.H.; MARENGO, J.A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C.A.; MARIOTTI, A. & NEELIN, J.D.. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environ. Res. Lett.** 3: 1 – 9. 2008.

## 6 DISCUSSÃO GERAL

O conceito de metapopulação, originalmente proposto por LEVINS (1969), vem se tornando uma das ferramentas mais importantes da ecologia para a compreensão da dinâmica de espécies que vivem em habitats fragmentados (KRITZER & SALE 2004), ou heterogêneos. Além disso, minimiza a necessidade de limites geográficos bem definidos, que por sua vez, torna relativo o conceito de população, proposto por RAVINOVICH (1985), conforme mencionado no primeiro capítulo desta dissertação.

Modelos metapopulacionais descrevem um sistema aberto, onde extinção e colonização são eventos dependentes do movimento de indivíduos entre um conjunto de manchas ou habitats irregulares onde as subpopulações estão inseridas (HASTINGS 1997). Neste sentido, quando os indivíduos se movem com frequência entre subpopulações, as catástrofes locais e flutuações no número de indivíduos são amortecidas. Em contra partida, quando não há movimento entre as manchas, as subpopulações se comportam independentemente (LEVINS 1969, RICKLEFS 2003). Se as subpopulações são pequenas, elas têm altas probabilidades de extinção, e assim a metapopulação gradualmente se extingue (RICKLEFS 2003).

No atual trabalho, o incremento de indivíduos adultos a montante nas três sub-bacias analisadas, aliados, ao fato de que, apesar da ocorrência de anomalias climáticas serem mais intensas sobre uma determinada sub-bacia, os efeitos sobre as coortes são sentidos de forma semelhante para as demais, hipotetiza que *Prochilodus nigricans* constitui uma metapopulação na Amazônia Central. Neste sentido, a reposição de uma determinada subpopulação é dependente da vinda de imigrantes. Dessa forma, flutuações ambientais mais pronunciadas numa sub-bacia de maior amplitude, influencia a manutenção de grupos presentes nas sub-bacias de menor amplitude.

Apesar de não mencionar o termo metapopulação, o modelo de dispersão cíclica, para *Semaprochilodus*, proposto por RIBEIRO (1983) para o rio Negro e seus

tributários, pode ser compreendido como um modelo metapopulacional, no qual existe uma transferência contínua de grupos de indivíduos para novas áreas geográficas. Ainda segundo o autor, a ascensão dos adultos compensaria a mortalidade natural, enquanto a descida das larvas no sistema Solimões-Amazonas após a desova, realimentaria o sistema, mantendo-o em equilíbrio.

Uma vez definido que *P. nigricans* constitui uma metapopulação em sub-bacias da Amazônia Central, nos perguntamos sobre se é possível que as subpopulações apresentem características peculiares como parâmetros populacionais distintos e portanto, segundo SPARRE & VENEMA (1992) e BEGG & WALDMAN (1999), constituam diferentes estoques. Neste sentido, têm-se evidências da existência de estoques distintos na região amazônica para Characiformes (CUTRIM & BATISTA 2009), no entanto, a delimitação precisa de estoques requer uma abordagem holística (ABAUNZA 2008), ainda mais quando existem tantas definições para o referido conceito (RICKER 1975, IHSEN *et al.* 1981, GULLAND 1983, SPARRE & VENEMA 1992, SHAKLEE & CURRENS 2003). Embora o conceito proposto por SPARRE & VENEMA (1992) seja mais objetivo, no sentido de que permite a delimitação de descritores estatísticos característicos de cada grupo de indivíduos, a maioria dos modelos de crescimento disponíveis não fornecem a dispersão dos dados no ajuste dos modelos. Isso impossibilita a execução de testes estatísticos comparando as curvas. Apesar disso, as curvas desenhadas facilitam ao leitor efetuar análises comparativas (CUTRIM & BATISTA 2009).

Neste estudo, observações nos deslocamentos de classes modais, a comparação dos parâmetros estimados e das curvas de crescimento geradas, consistiram nas ferramentas utilizadas para aceitar a hipótese da existência de estoques distintos, tanto conforme o tipo de ambiente dentro de uma mesma sub-bacia, quanto entre sub-bacias diferentes. O fato de haverem estoques distintos de uma determinada espécie numa região, não descarta a existência de uma metapopulação. Isso porque as características genóticas dos indivíduos são diretamente afetadas pelo tipo de ambiente no qual eles estão inseridos. Assim, subpopulações sujeitas a

diferentes condições devem apresentar características intrínsecas diferenciadas. Neste sentido, a transferência periódica de indivíduos de uma região para as demais pode estar contribuindo para a manutenção da integridade genética da metapopulação.

Registros históricos revelam que anomalias climáticas e desastres naturais ocorrem irregularmente. As respostas biológicas a esses fatores são igualmente irregulares (RICKLEFS 2003) e não obstante, difíceis de prever. Neste sentido, o atual trabalho mostrou indícios do comportamento de *P. nigricans* diante de um evento de seca intensa gerado pelo fenômeno oceânico-atmosférico El Niño - Oscilação Sul, em 1997. No capítulo dois ficou evidente o colapso de coortes mais velhas no ano posterior ao evento. No capítulo três, mostramos que houve diminuição significativa no número de jovens e adultos com o passar dos anos, apesar de não ficar claro a influência de fenômeno sobre a abundância de jovens e adultos, e finalmente no capítulo quatro, discriminamos diminuições consideráveis nas taxas de crescimento de subpopulações presentes em pelo menos duas sub-bacias após a ocorrência da anomalia climática. Esperamos que mais estudos avaliando o efeito de grandes oscilações ambientais sobre a biologia das espécies, gerem dados mais robustos que possam ser incorporados a modelos analíticos para avaliação de estoques frente aos efeitos da pesca e às mudanças ambientais.

Finalmente, o fato de *P. nigricans* constituir uma metapopulação chama a atenção para a importância de manter a acessibilidade dos indivíduos aos diferentes habitats.

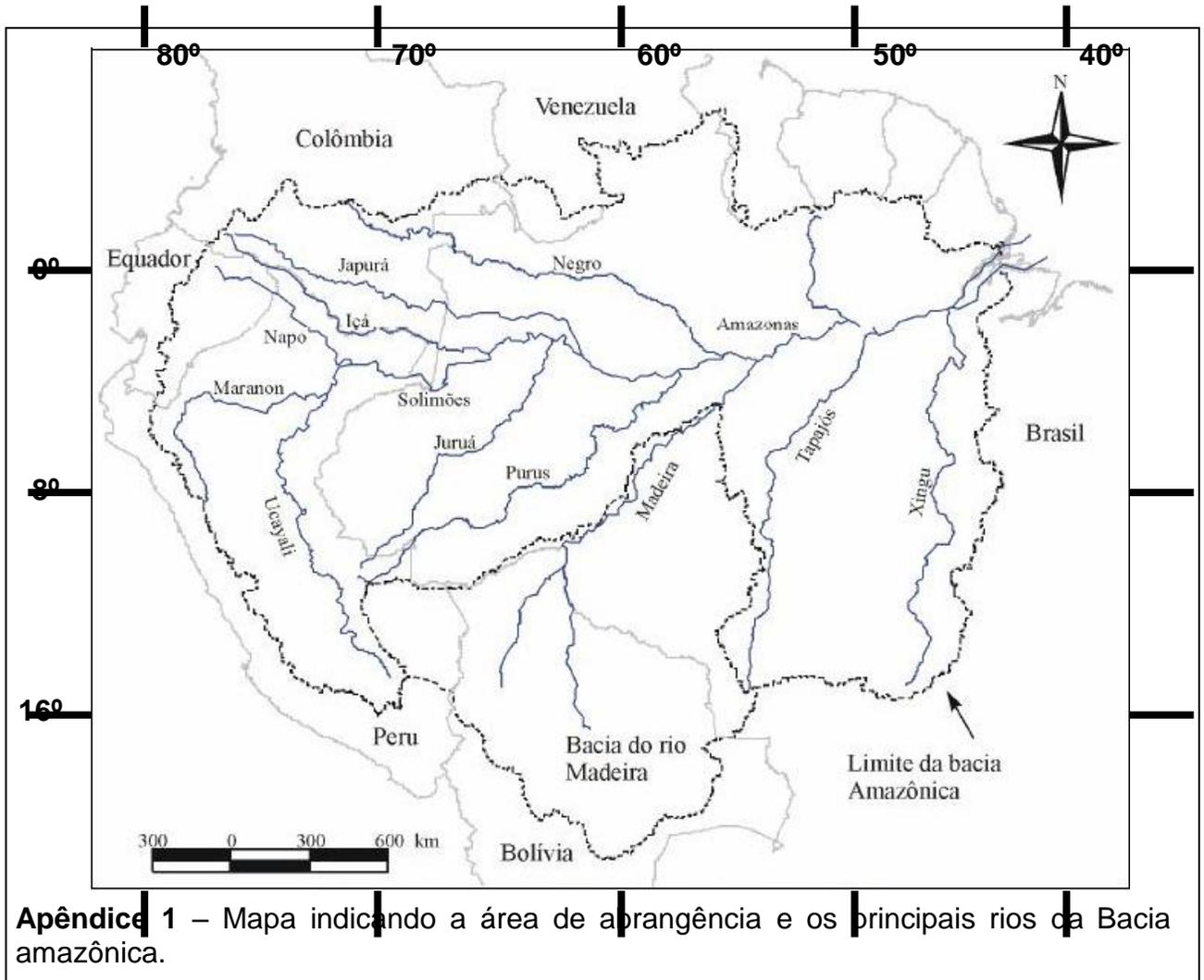
## Referências

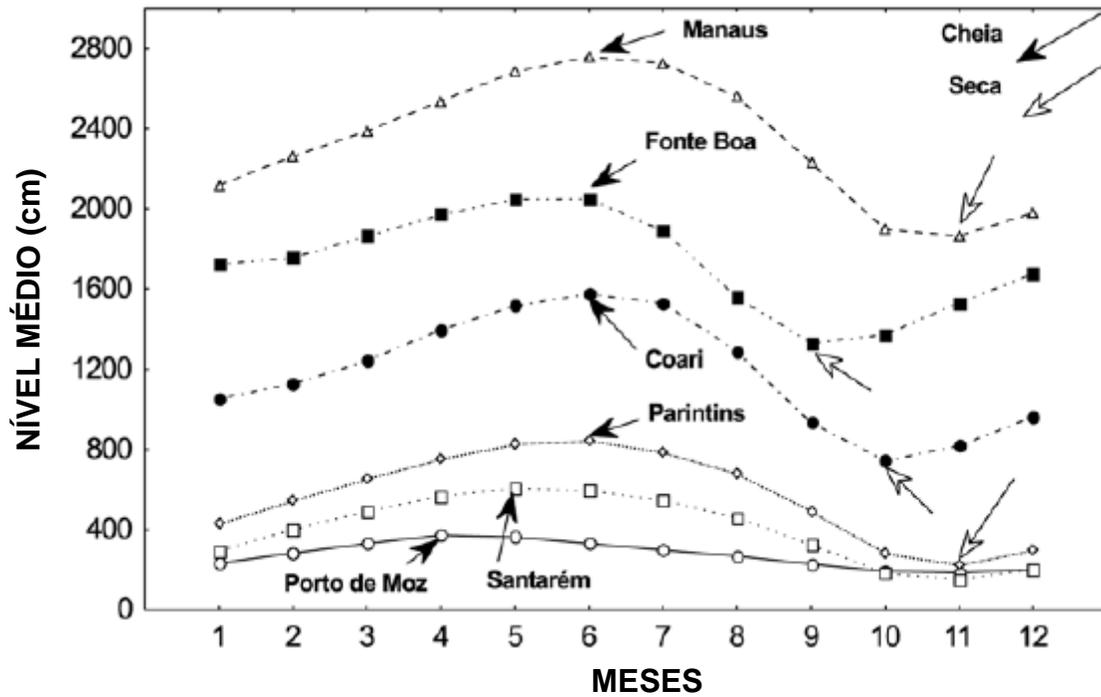
- ABAUNZA, P.. Horse mackerel: Identification of stocks. **Fisheries Research** 89: 101–103. 2008.
- BEGG, G.A.; WALDMAN, J.R.. An holistic approach to fish stock identification. **Fish. Res.** 43: 35 – 44. 1999.
- CUTRIM, L. & BATISTA, V.S.. Dinâmica populacional da matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. **Zoologia** 26 (2): 195 -203. 2009.
- GULLAND, J.A.. Fish stock assessment: A manual of basic methods. **FAO/ser. Food. Agric.**, 1: 1-223. 1983.
- HASTINGS, A.. **Population Biology: Concepts and Models**. New York: Springer. 1997.
- IHSSEN, P.E.; BOOKE, H.E.; CASSELMAN, J.M.; MCGLADE, J.M.; PAYNE, N.R. & UTTER, F.M.. Stock identification: materials and methods. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 38: 1838–1855.1981.
- KRITZER, J.P. & SALE, P.F.. Metapopulation ecology in the sea: from Levins' model to marine ecology and fisheries science. **Fish and fisheries**. 5: 131 –140. 2004.
- LEVINS, R.. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. **Bulletin of the Entomological Society of America** 15, 237–240. 1969.
- RAVINOVICH.. Croissance en longueur d'Alestes baremoze (Joannis, 1835) (Poissons; Characidae) dans le bas Chari et la Lac Tchad. **Cah.Orstom (hydrobiol.)**, 3(1): 59–105. 1985.
- RIBEIRO, M.C.L.B.. As migrações dos jaraquis (Pisces, Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil. **Dissertação**. INPA/FUA. Manaus. Amazonas. 192pp. 1983.
- RICKER, W. E.. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. **Bull. Fish. Bd Can.**, 191: 1- 328. 1975
- RICKLEFS, R.E.. (ed.) **A economia da natureza**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 501pp. 2003.

SHAKLEE, J. B.; CURRENS, K.P.. Genetic stock identification and risk assessment. In: Hallerman, E.M. (Ed.), Population Genetics: Principles and Applications for Fisheries Scientists. **American Fisheries Society**, Bethesda. 291–328. 2003.

SPARRE, P. & VENEMA, S.C.. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. **FAO Fisheries Technical Paper** N° 306.1. Rev. 1. Rome, FAO, 376 p. 1992.

## Apêndices



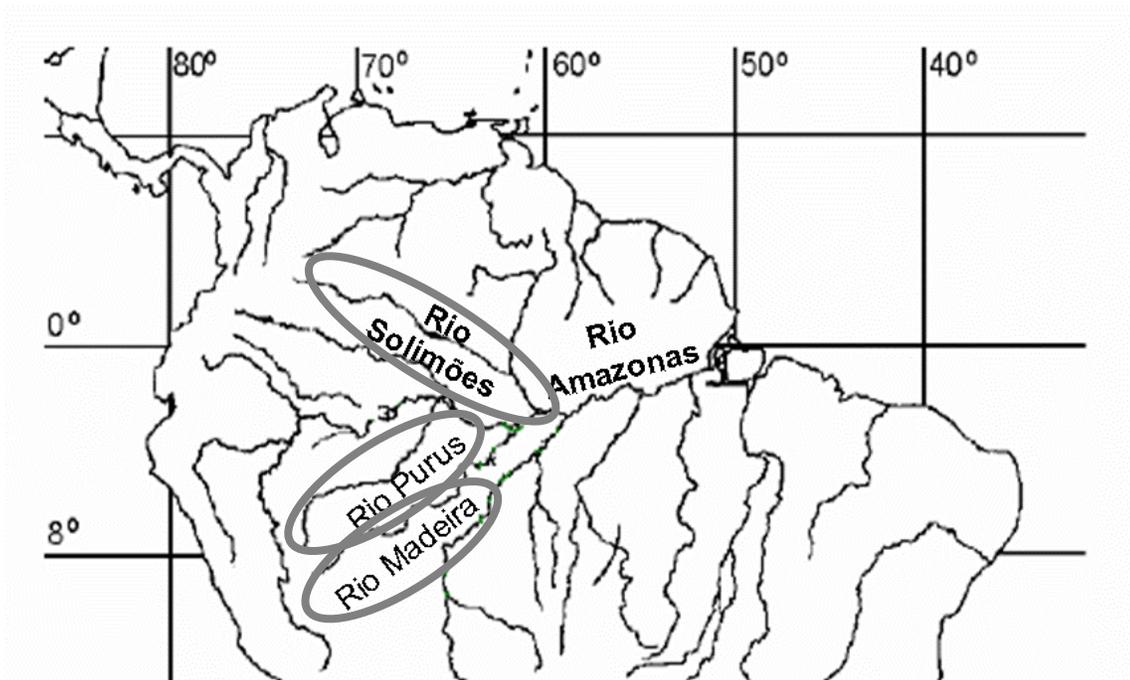
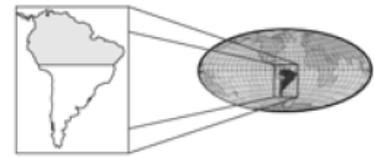


**Apêndice 2** – Nível médio histórico do subsistema Solimões – Amazonas nas cidades de Fonte Boa, Coari, Manaus, Parintins, Santarém e Porto de Moz registrado pelo DNAEE. As setas escuras indicam os picos de enchente e as claras os picos de seca. Fonte: BARTHEM & FABRÉ (2004).

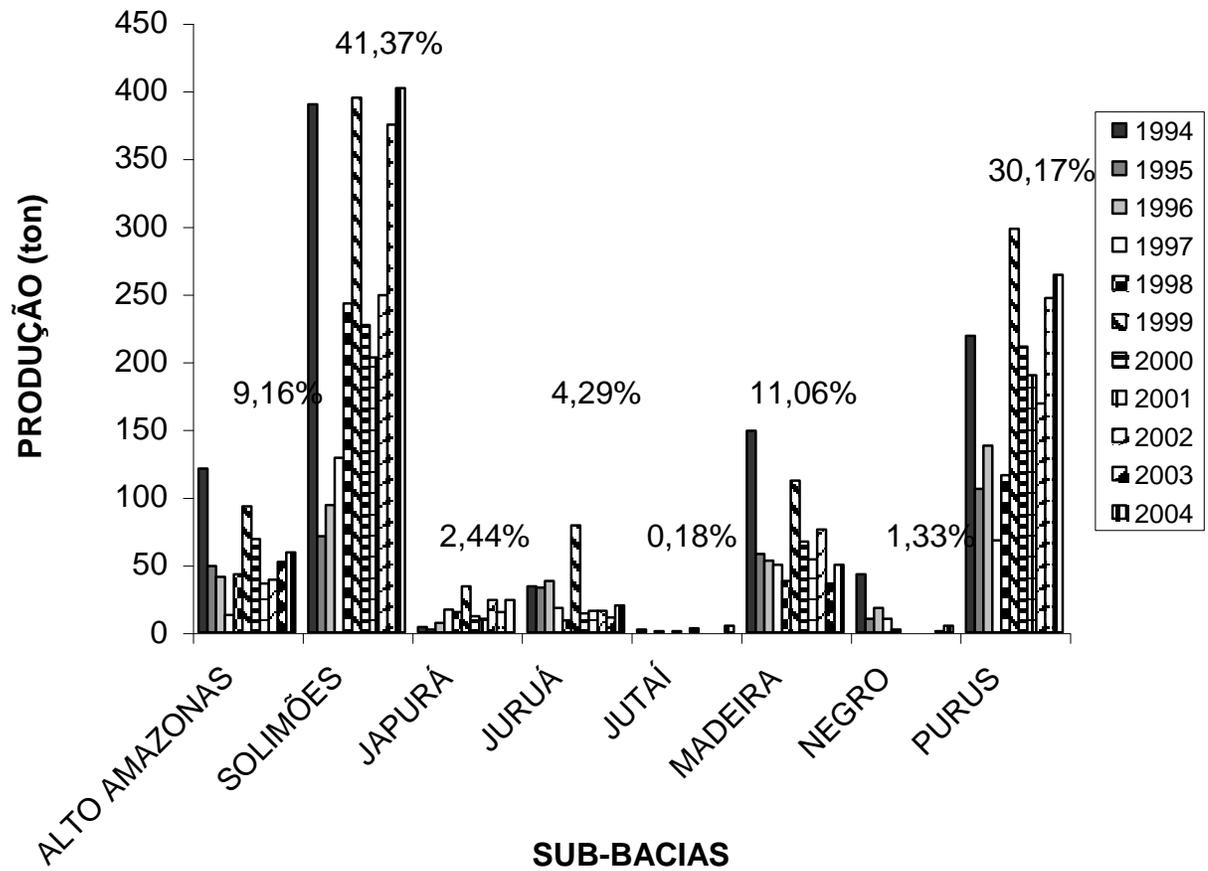
**Apêndice 3** – Composição relativa em percentagens do desembarque dos principais portos ao longo do sistema Solimões-Amazonas em 2004.

Nome Peixe	Táxon	Belém	Santarém	Manaus	Tefé	Iquitos	Pucalpa	Média Total
Curimatã	<i>Prochilodus nigricans</i>	2,8	4,3	18,7	19,3	36,2	32,2	18,9
Dourada	<i>Brachyplatystima rousseauxii</i>	23,6	19,6	0,2	0,1	2,8	9,1	9,2
Jaraqui	<i>Semaprochilodus</i> spp.	1,0	7,5	25,9	18,5	0,2	0,0	8,9
Branquinha	<i>Curimatidae</i> (alguns gêneros)	0,1	0,0	1,5	2,6	18,4	12,9	5,9
Pacu	<i>Serrasalminae</i> (alguns gêneros)	0,6	2,4	12,7	7,1	3,6	4,7	5,2
Mapará	<i>Hypophthalmus</i> spp.	1,3	19,0	0,3	0,4	3,0	3,8	4,6
Tambaqui	<i>Colossoma macropomum</i>	0,3	2,9	9,5	3,7	3,1	2,8	3,7
Surubim e Caparari	<i>Pseudoplatystoma</i> spp.	0,6	11,7	0,3	1,4	2,4	4,6	3,5
Pescada Branca	<i>Plagioscion</i> spp.	6,8	6,7	0,8	0,4	2,2	2,6	3,3
Aruanã	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	0,0	0,4	1,6	15,0	1,7	0,8	3,3
Aracu	<i>Anostomidae</i> (alguns gêneros)	1,2	3,6	6,3	1,5	2,5	1,7	2,8
Sardinha	<i>Triportheus</i> sp.	0,0	0,0	6,3	5,2	1,2	2,1	2,5
Piramutaba	<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	8,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,6	2,4
Tucunaré	<i>Cichla</i> spp.	2,0	0,9	2,5	6,7	1,3	0,7	2,3
Matrinchá e Jatuarana	<i>Brycon</i> spp.	0,1	0,0	8,5	2,0	1,4	0,4	2,1
Pirapitinga	<i>Piaractus brachypomus</i>	0,2	1,1	2,2	4,3	1,6	0,8	1,7
Filhote	<i>Brachyplatystima filamentosum</i>	2,2	3,7	0,0	0,0	0,4	2,1	1,4
Acarí-Bodó	<i>Loricariidae</i> (alguns gêneros)	0,0	1,4	0,1	2,7	2,2	2,0	1,4
Pirarucu	<i>Arapaima gigas</i>	0,0	0,0	0,1	0,3	3,9	3,5	1,3
Pescadinha Gó	<i>Macrodon ancylodon</i>	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Cubiu e Orana	<i>Hemiodontidae</i> (alguns gêneros)	0,0	0,1	0,7	0,7	3,1	1,8	1,1
Tamoatã	<i>Hoplosternum littorale</i>	5,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Acará-Açu	<i>Astronotus crassipinnis</i>	0,1	0,0	0,2	2,7	1,3	0,5	0,8
Pescada Amarela	<i>Cynoscion acoupa</i>	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
Traíra	<i>Hoplias malabaricus</i>	1,5	0,1	0,1	0,1	1,4	0,0	0,5
Mandi	<i>Pimelodus</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,5
Gurijuba	<i>Arius parkeri</i>	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Apapá	<i>Pellona</i> spp.	1,7	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5
Bacu	<i>Doradidae</i> (alguns gêneros)	0,1	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Outros		26,1	5,6	1,2	5,3	6,1	7,6	8,6
Total		100	100	100	100	100	100	100

Fonte: (BARTHEM & FABRÉ 2004).



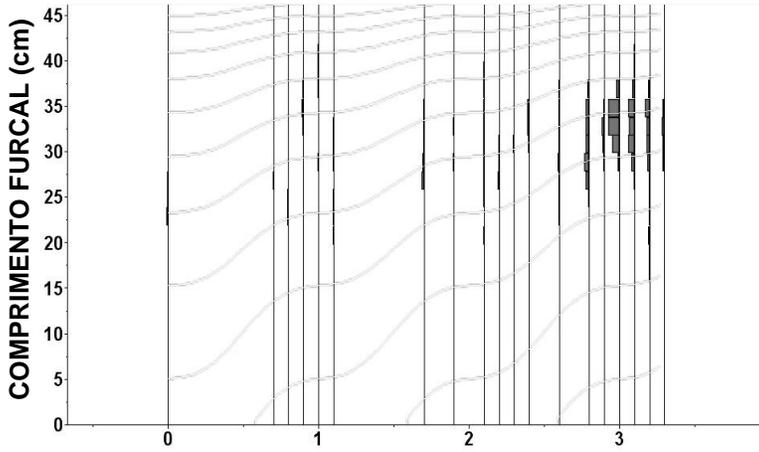
**Apêndice 4** – Sub-bacias hidrográficas da Amazônia Central de onde os exemplares de curimatã foram capturados nos anos de 1994 a 2004.



**Apêndice 5** – Produção pesqueira de *P. nigricans* de sub-bacias da Amazônia Central nos anos de 1994 a 2004. As percentagens indicam o nível de contribuição de cada sub-bacia.

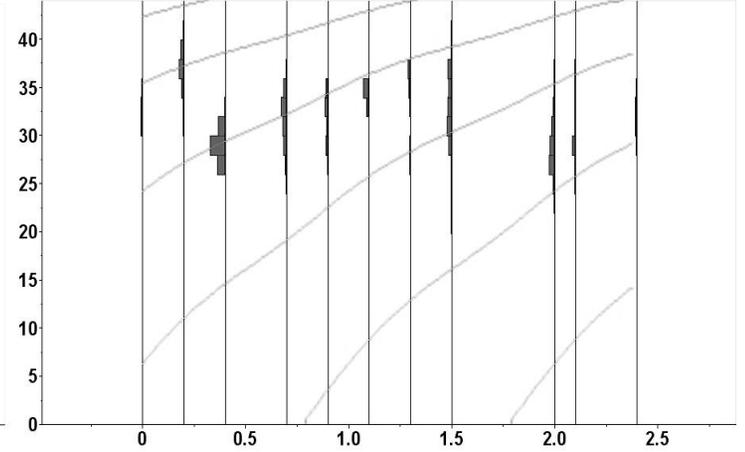
Solimões – Calha principal (de 1994 a 1997)

$$T_0 = -0,44 \quad K = 0,25 \quad L_\infty = 51,04$$



Solimões – Lago (de 1994 a 1997)

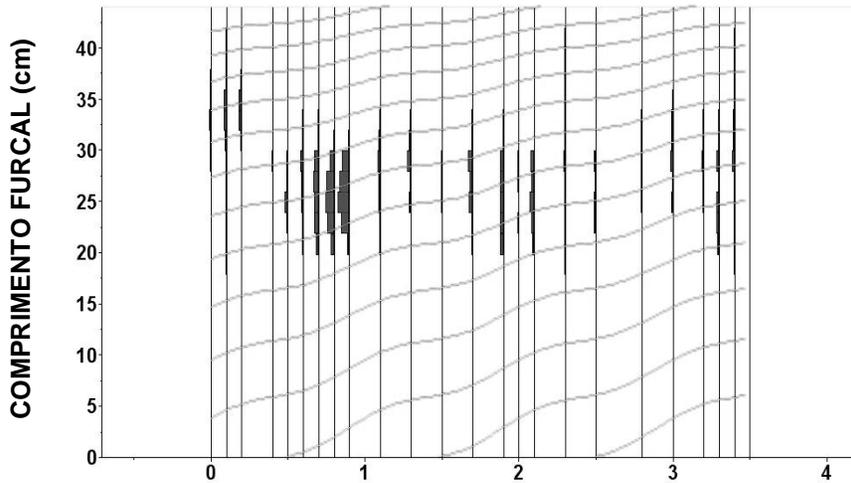
$$T_0 = -0,23 \quad K = 0,47 \quad L_\infty = 53,87$$



TEMPO

Solimões – Calha principal (de 1998 a 2001)

$$T_0 = -0,53 \quad K = 0,10 \quad L_\infty = 63,27$$



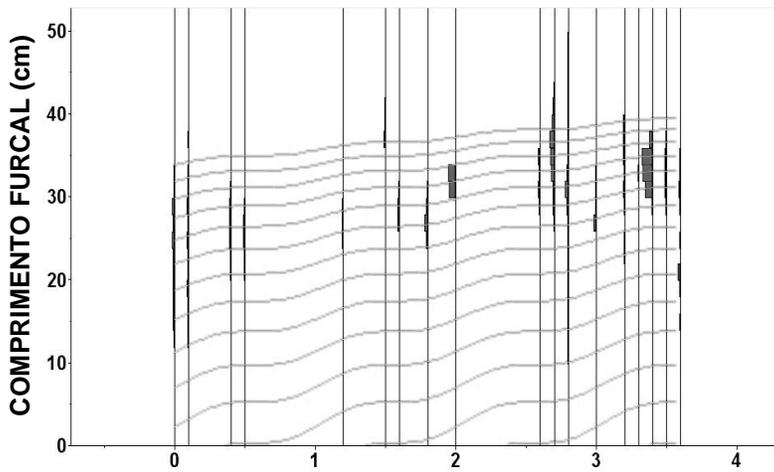
TEMPO

**Apêndice 6** – Distribuição ajustada de freqüências de comprimento para a sub-bacia Solimões considerando os tipos de ambiente (calha principal e lago) e diferentes

intervalos de tempo (1994 -1997 e 1998 -2001). As barras negras representam as classes modais e as linhas curvas traçam os deslocamentos modais.

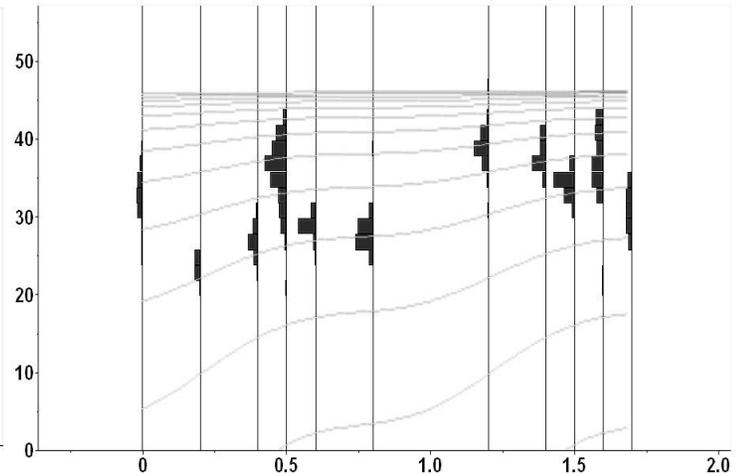
Madeira – Calha principal (de 1994 a 1997)

$$T_0=-0,66 \quad K=0,10 \quad L_\infty=52,23$$



Madeira – Lago (de 1994 a 1997)

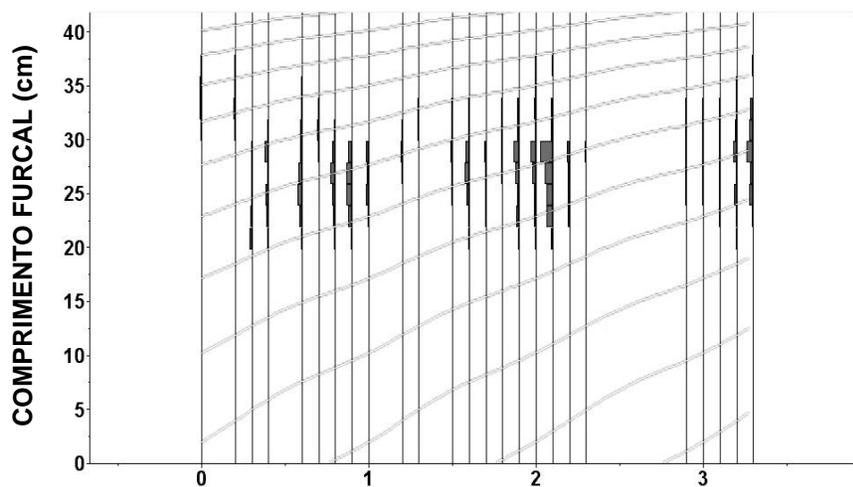
$$T_0=-0,53 \quad K=0,41 \quad L_\infty=46,49$$



TEMPO

Madeira – Calha principal (de 1998 a 2001)

$$T_0=-0,25 \quad K=0,18 \quad L_\infty=51,84$$

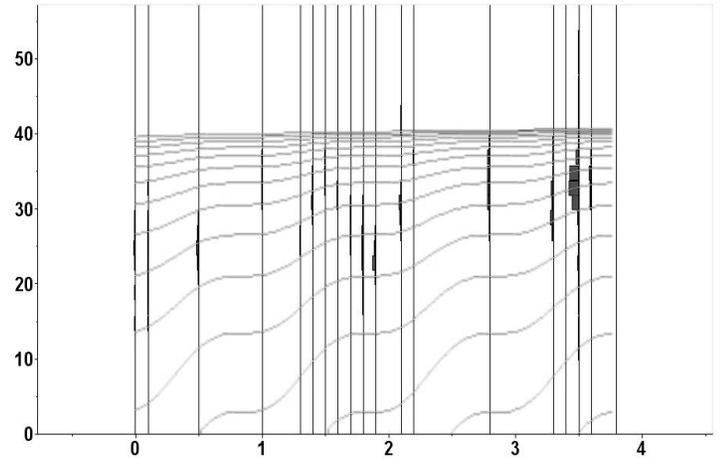
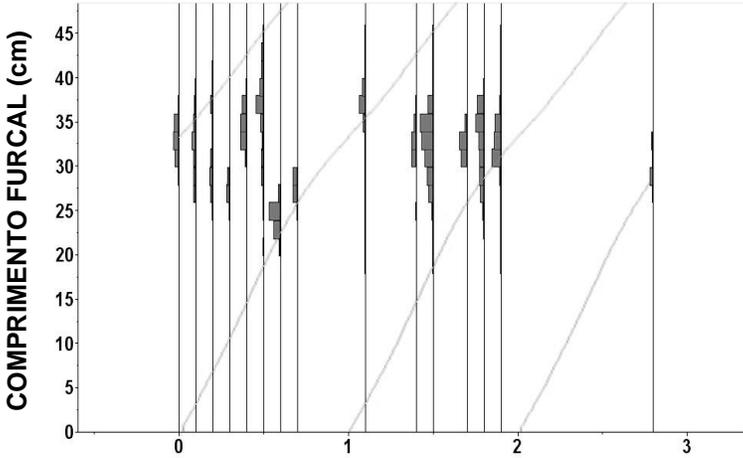


TEMPO

**Apêndice 7** – Distribuição ajustada de freqüências de comprimento para a sub-bacia Madeira considerando os tipos de ambiente (calha principal e lago) e diferentes intervalos de tempo (1994 -1997 e 1998 -2001). As barras negras representam as classes modais e as linhas curvas traçam os deslocamentos modais.  
Purus – Calha principal (de 1994 a 1997) Purus – Lago (de 1994 a 1997)

$T_0=-0,25$   $K=0,18$   $L_{\infty}=51,84$

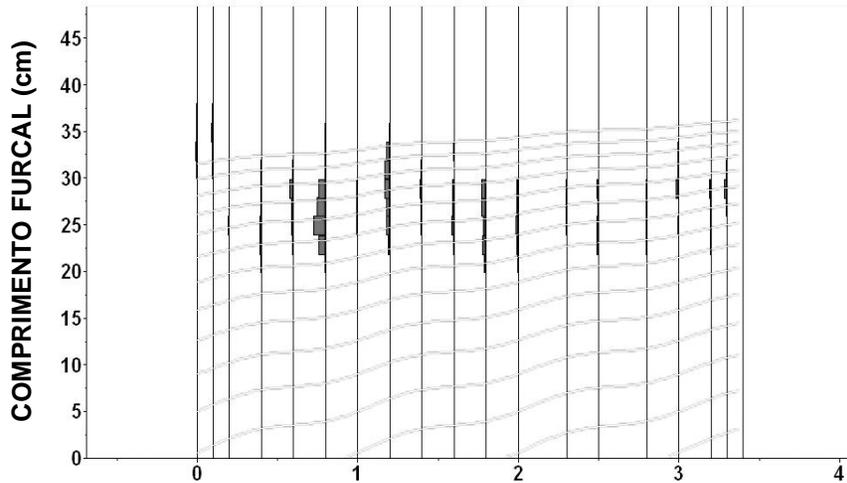
$T_0=-0,59$   $K=0,46$   $L_{\infty}=90,44$



TEMPO

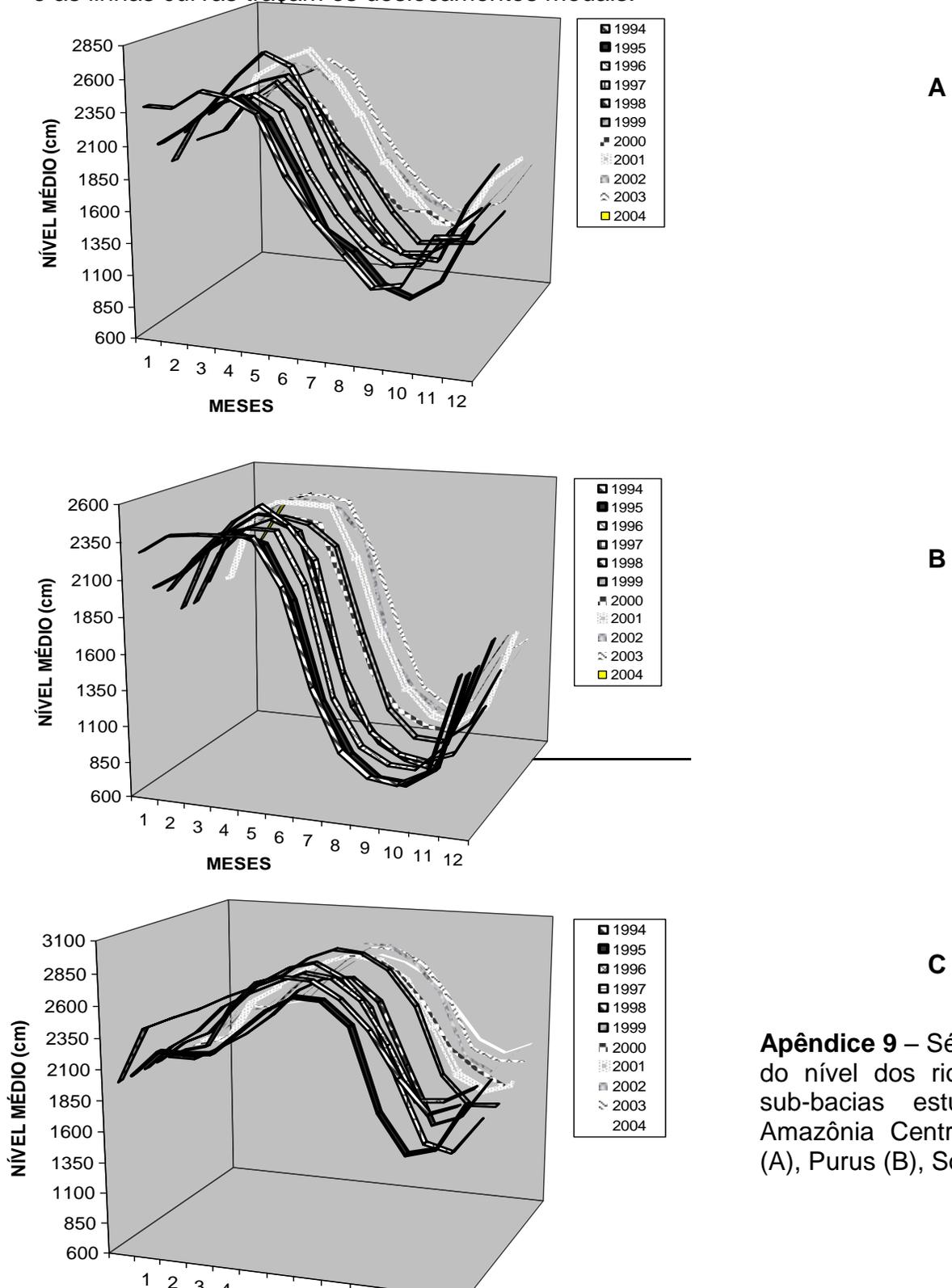
Purus – Calha principal (de 1998 a 2001)

$T_0=-0,59$   $K=0,10$   $L_{\infty}=46,96$



TEMPO

**Apêndice 8** – Distribuição ajustada de freqüências de comprimento para a sub-bacia Purus considerando os tipos de ambiente (calha principal e lago) e diferentes intervalos de tempo (1994 -1997 e 1998 -2001). As barras negras representam as classes modais e as linhas curvas traçam os deslocamentos modais.



**Apêndice 9** – Série histórica do nível dos rios nas três sub-bacias estudadas na Amazônia Central. Madeira (A), Purus (B), Solimões (C).