

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

CLODOALDO CAMARGO

EFEITOS DO BLOQUEIO DA MIGRAÇÃO REPRODUTIVA NAS RESERVAS

METABÓLICAS DA TABARANA SALMINUS HILARII (CHARACIFORMES

CHARACIDAE)

Dissertação de mestrado apresentado ao programa de pós-graduação da Universidade de Mogi das Cruzes como parte de requisitos para obtenção do título de mestre em Biotecnologia

Área de Concentração: Biotecnologia Ambiental

Orientadora: Dra. Renata Guimarães Moreira

**Mogi das Cruzes SP
2007**

FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Camargo, Clodoaldo

Efeitos do bloqueio da migração reprodutiva nas reservas metabólicas da Tabarana *Salminus Hilarii* (Characiformes Characidae) / Clodoaldo Camargo. -- 2007.

65 f.

Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) -

Universidade de Mogi das Cruzes, 2007

Área de concentração: Ciências ambientais

Orientador: Prof^ª Dr^ª Renata Guimarães Moreira

1. Tabarana - Sedentarismo 2. Tabarana –
Maturação 3. Tabarana – Mobilização I. Título II.

Moreira, Renata Guimarães

CDD 597

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ATAS

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM BIOTECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

Às quatorze horas do dia vinte e oito de maio de dois mil e sete, na Universidade de Mogi das Cruzes, realizou-se a defesa de dissertação "Efeitos do bloqueio da migração reprodutiva nas reservas metabólicas da tabarana *Salminus hilarii* (Characiformes: Characidae)" para obtenção do grau de Mestre pelo(a) candidato(a) **Clodoaldo Camargo**. Tendo sido o número de créditos alcançados pelo(a) mesmo(a) no total de 50 (cinquenta), a saber: 26 unidades de crédito em disciplinas de pós-graduação e 24 unidades de crédito no preparo da dissertação, o(a) aluno(a) perfaz assim os requisitos para obtenção do grau de Mestre. A Comissão Examinadora estava constituída dos Senhores Professores Renata Guimarães Moreira e Alexandre Wagner Silva Hilsdorf da Universidade de Mogi das Cruzes e Ronaldo de Carvalho Araújo da Universidade Federal de São Paulo, sob a presidência do primeiro, como orientador da dissertação. A Sessão Pública da defesa de dissertação foi aberta pelo Senhor Presidente da Comissão que apresentou a candidata. Em seguida o(a) candidato(a) realizou uma apresentação oral da dissertação. Ao final da apresentação da dissertação, seguiram-se as arguições pelos Membros da Comissão Examinadora. A seguir a Comissão, em Sessão Secreta, conforme julgamento discriminado por cada membro, considerou o(a) candidato(a)

aprovado
(aprovado(a)/reprovado(a))

por

maioria
(unanimidade/maioria)

Mogi das Cruzes, 28 de junho de 2007

Comissão Examinadora

Julgamento

[Assinatura]
Prof.ª Dr. Renata Guimarães Moreira

aprovado
(aprovado(a)/reprovado(a))

[Assinatura]
Prof. Dr. Alexandre Wagner Silva Hilsdorf

Reprovado
(aprovado(a)/reprovado(a))

[Assinatura]
Prof. Dr. Ronaldo de Carvalho Araújo

aprovado
(aprovado(a)/reprovado(a))

DEDICATÓRIA

A quem foi e está presente em minha vida...

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas e estiveram ao meu lado durante o processo de desenvolvimento pessoal meu. A eles devo tudo o que sou. E se hoje consegui chegar até aqui, foi porque eles me incentivaram, apoiaram, enalteceram os meus dons e me ensinaram a ver que nunca sabemos de tudo, apenas temos uma pequena porção da sabedoria dada por Deus, mas que se formos sagazes e não tivermos preguiça de procurar o que desconhecemos, alcançaremos o que almejamos. Tudo isso sempre na simplicidade, no amor, na humildade e na verdade. Sem ter medo ou vergonha de dizer não sabe, mas sou capaz e vou descobrir o que não sei. A eles minha extensão de vida, a luz de meu Sol, a brisa que toca minha pele, ao amor e compreensão que me destinaram. Aos pais maravilhosos que foram. A meu pai **Pedro Camargo** e minha mãe **Elidia Candido Camargo**.

Agradecimentos:

Agradeço aos meus pais, irmãos e toda minha família pelo apoio.

Aos professores, aos alunos do laboratório de metabolismo e reprodução de peixes, em especial a Cristiele Da Silva Ribeiro por me ajudar em várias e nas mais difíceis etapas do projeto.

A professora Renata Guimarães Moreira, por me acolher, pela paciência que tem tido comigo, fazendo com isso o bom desenvolvimento experimental e desenrolar da pesquisa.

Aos professores da UMC e a instituição.

Aos pesquisadores componentes da banca de defesa.

Aos amigos e a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais uma etapa.

De tudo ficaram três coisas

A certeza de que estava sempre começando, a certeza de que era preciso continuar e a certeza de que seria interrompido antes de terminar.

Fazer da interrupção um caminho novo.

Fazer da queda um passo de dança, do medo uma escada, do sonho uma ponte, da procura um encontro.

(Fernando Sabino)

RESUMO

A Bacia do Alto Tietê apresenta uma grande quantidade de barragens que altera a dinâmica da vida aquática, sendo a reprodução dos peixes reofílicos um problema associado à presença destes barramentos. A tabarana, *Salminus hilarii* é um peixe de grande importância na ictiofauna da Bacia do Alto Tietê e assim foi escolhida como modelo para se estudar o papel do impedimento migratório causado pelas barragens na dinâmica metabólica das fêmeas adultas. Durante o período de cerca de 30 meses fêmeas de tabarana foram coletadas em 3 diferentes ambientes: Rio Tietê em um trecho livre de barragens; Rio Tietê, à jusante da barragem de Ponte Nova e um terceiro grupo foi composto por animais coletados em viveiros de cultivo na Piscicultura da Barragem de Ponte Nova. Os animais foram coletados ao longo do ciclo reprodutivo e a concentração de proteínas e lipídios totais foi determinada nos ovários, fígado, plasma, músculo branco e vermelho. A concentração de triglicérides, colesterol e ácidos graxos livres também foi determinada no plasma das fêmeas nos diferentes estádios de maturação nos 3 ambientes. Os resultados mostram que o avanço da maturação vem acompanhado de um aumento da massa do ovário devido a maior deposição de proteínas e lipídios no ambiente natural. Nos ambientes impactados, a deposição de substratos protéicos e lipídicos nos ovários, na fase de maturação avançada é prejudicada. No ambiente natural, o fígado aumenta a síntese de lipídios com o avanço da maturação e tanto a musculatura branca quanto a vermelha mobilizam lipídios para os ovários. Já no cativeiro, a síntese de lipídios hepáticos também se intensifica, mas nenhuma mobilização precisa ser realizada, pois o aporte energético (dieta) continua mesmo na fase de maturação. Sugere-se que no cativeiro, a proteína depositada nos ovários durante a fase de maturação avançada é catabolizada na fase de regressão, mas os aminoácidos não são reciclados, mas sim transformados em glicogênio hepático e/ou lipídio plasmático. E, de uma forma geral, a alteração da cadeia trófica associada ao sedentarismo alteram os processos de deposição e mobilização de substratos energéticos em *S. hilarii* contribuindo para o insucesso na reprodução.

Palavra-chave: 1.Tabarana-Sedentarismo 2.Tabarana–Maturação 3. Tabarana-Mobilização

ABSTRACT

A great number of dams are present at The Upper Tiete River Basin and these dams can alter the aquatic dynamic, including migratory fish reproduction. The migratory fish species tabarana, *Salminus hilarii* is a one of the most important species of this basin and was chosen to be used as a model to study the role of migratory impediment in the metabolism of females along the reproductive cycle. During 30 months, adult females were sampled in 3 different collecting sites: Tiete River – a free running water site (River Group) ; Tiete River – near the Ponte Nova Dam (Dam Group); and a third group with animals in captivity (Ponte Nova Dam Fish farm) (Captivity Group). Females were sampled along the reproductive cycle; protein and lipid content were measured in ovaries, liver, plasma, white and red muscle. Triglycerides, cholesterol and free fatty acids were also measured in the plasma of the females along the reproductive cycle. The results show that the ovary mass increase with maturation due to an increase in lipids and proteins deposition in animals sampled in the river group. Also in this group, the hepatic synthesis of lipids increases with maturation and both, white and red muscle mobilizes lipids to the maturation ovaries. In the impaired ambient, lipids and protein deposition in the ovaries during the maturation phase is affected. When animals are maintained in the fish farm, hepatic synthesis of lipids also increases, but no mobilization is observed, probably because the animals do not stop eating. It can be suggested that in captivity, the ovary protein, higher during the maturation phase is catabolized during the regression period, but the amino acids instead of being recycled, are transformed in hepatic glycogen and/or plasma lipids. In general, it can be concluded that the food chain, together with the sedentary habits alter the deposition and mobilization patterns in *S. hilarii*, contributing for the known reproductive failure.

Work-key: 1.Sedentary-tabarana 2. Maturation-tabarana 3. Mobilization-tabarana

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1 Ilustração Salminus Hilarii.....	24
2 Ilustração Mapa de localização dos pontos de coleta: Rio (1) e Barragem (2).....	24
3 Ilustração Rio Tietê.....	25
4 Ilustração Barragem (ponto de bloqueio do Rio Tietê).....	25
5 Ilustração Cativairo.....	26
6 Ilustração Captura dos animais com rede de arrasto.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Concentrações Protéicas em diferentes tipos de tecidos ao longo do ciclo reprodutivo (Rio)	31
Tabela 2 Concentrações Protéicas em diferentes tipos de tecidos ao longo ciclo reprodutivo (Barragem)	36
Tabela 3 Concentrações Protéicas em diferentes tipos de tecidos ao longo do ciclo reprodutivo (Cativeiro)	38
Tabela 4 Concentrações Lipídicas em diferentes tipos de tecidos ao longo ciclo reprodutivo (Rio)	40
Tabela 5 Concentrações Lipídicas em diferentes tipos de tecidos ao longo do ciclo reprodutivo (Barragem)	42
Tabela 6 Concentrações Lipídicas em diferentes tipos de tecidos ao longo ciclo reprodutivo (Cativeiro)	43
Tabela 7 Concentração de Lipídios Plasmáticos ao longo do ciclo reprodutivo (Rio)	44
Tabela 8 Concentração de Lipídios Plasmáticos ao longo do ciclo reprodutivo (Barragem)	46
Tabela 9 Concentração de Lipídios Plasmáticos ao longo do ciclo reprodutivo (Cativeiro)	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CESP	Companhia Energética de São Paulo.....	13
MMA	Ministério do Meio Ambiente.....	13
PMNA II	Programa Nacional do Meio Ambiente.....	13
SMA	Secretária de Meio Ambiente do Estado de São Paulo.....	13

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	22
2.1 Gerais.....	22
2.2 Específicos.....	22
3 MATERIAIS E METODOS.....	23
3.1 Grupos experimentais.....	23
3.2 Processamento pós-captura e obtenção de amostras.....	27
3.3 Análise de substratos metabólicos.....	28
3.4 Análises dos resultados.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1 Aspectos reprodutivos e índice gonadossomático.....	30
4.2 Análises metabólicas.....	34
5 SUGESTÕES.....	52
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Região de Estudo – A Bacia do Alto Tietê

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e Cabeceiras, com 1889 km² de área de drenagem, é constituída pelos rios Tietê, Claro, Paraitinga, Biritiba-Mirim, Jundiaí e Taiaçupeba e pelos reservatórios Ribeirão do Campo, Ponte Nova, Jundiaí, Taiaçupeba, Biritiba – Mirim e Paraitinga (SENDACZ *et al.*, 2005).

A bacia compreende o Sistema Produtor Alto Tietê, que consiste na transferência de água do reservatório de Ponte Nova, parcialmente derivada do rio Tietê, para uma Estação Elevatória. As águas são recalçadas até o túnel de interligação Tietê/Biritiba, a partir do qual todo o escoamento é feito por gravidade; por meio dos sistemas canal – túnel – canal, a água é transferida para o reservatório Jundiaí e, posteriormente, para o reservatório de Taiaçupeba, onde é feita a captação pela SABESP (SENDACZ *et al.*, 2005).

Esse grande número de reservatórios que ocorrem na Bacia do Alto Tietê e Cabeceiras gera um impacto indiscutível sobre a biologia e fisiologia de diversos organismos.

Apesar da indiscutível importância destes barramentos, alguns problemas associados à estas interrupções no curso natural deste Rio são evidentes, pois estas obras produzem impactos ambientais negativos sobre a ictiofauna, reduzindo estoques das populações autóctones de peixes de piracema (migração reprodutiva), reduzem as áreas de reprodução e bloqueiam as migrações tróficas e reprodutivas (TORLONI *et al.* 1993). Como acontece em outros rios as barragens do Rio Tietê afetam a dinâmica da vida aquática, e conseqüentemente, as populações de peixes nele existentes.

Na tentativa de minimizar o impacto das barragens, algumas alternativas são propostas, como as escadas para peixes, ou outros tipos de veículos que transportam os peixes presos abaixo da barragem, e estações de reprodução de espécies nativas, para repovoamento (HILDEBRAND *et al.* 1980). No Estado de São Paulo, a CESP (Companhia Energética de São Paulo), através do Departamento de Recursos Naturais vem desenvolvendo programas de produção de alevinos para repovoamento, em cinco estações de piscicultura distribuídas pelo Estado de São Paulo, mas nenhuma situa-se na região do Alto Tietê (TORLONI *et al.* 1993).

Os aspectos abordados justificam o interesse em desenvolver projetos de investigação científica na região do Alto Tietê, inclusive para subsidiar medidas de maior alcance. O

Ministério do Meio Ambiente (MMA), por intermédio do Programa Nacional do Meio Ambiente (PNMA II) e a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA) considerou a bacia do Alto Tietê como de alta prioridade no Programa de Gestão Integrada de Ativos Ambientais, cujo objetivo geral é: “Estimular a adoção de práticas sustentáveis entre os diversos setores cujas atividades impactam o meio ambiente e contribuir para o fortalecimento da infra-estrutura organizacional e de regulamentação do poder público para o exercício da gestão ambiental, melhorando a qualidade ambiental e gerando benefícios sócio-econômicos” (PNMA, 2001).

Sabe-se que em geral, nos reservatórios são observadas notáveis alterações estruturais nas comunidades em relação às que lhes deram origem, ou seja, do sistema fluvial (AGOSTINHO & GOMES, 2005). Verifica-se durante o processo de colonização a depleção de algumas populações, para as quais as novas condições são restritivas, e a explosão de outras, que têm no novo ambiente condições favoráveis, geralmente transitórias (AGOSTINHO *et al.*, 1999). Considerando-se as espécies de peixes, sabe-se que o impacto dos reservatórios ocorre de forma mais drástica sobre as espécies de maior porte, de hábito migratório, alta longevidade e baixo potencial reprodutivo. Enquanto que a proliferação massiva ocorre entre as espécies de pequeno porte, sedentárias, com alto potencial reprodutivo e baixa longevidade, espécies estas que normalmente tem grande disponibilidade de alimento (AGOSTINHO, 1995).

Caracteristicamente a ictiofauna das regiões de cabeceira dos rios apresentam um alto grau de endemismo, com peixes de pequeno porte com distribuição geográfica restrita (Menezes, 1994). Na Bacia do Alto Tietê e Cabeceiras alguns levantamentos já foram realizados (LANGEANI, 1989; LOBO, 2006; SILVA *et al.*, 2006) demonstrando a presença de muitas espécies de pequeno porte, pertencendo a um pequeno número de famílias, valendo destacar inclusive espécies que constam na Lista Nacional das Espécies de Peixes Ameaçados de Extinção (BRASIL, 2004), como é o caso de *Glandulocauda melanogehus* e *Pseudotocinclus tietensis*.

Na Bacia do alto Tietê, a tabarana, *Salminus hilarii*, é um dos peixes de maior porte, e realiza migrações para se reproduzir. A tabarana é uma espécie congênica do dourado (*Salminus brasiliensis*), apresenta hábito alimentar carnívoro e do ponto de vista da estratégia reprodutiva é classificada como sincrônico em grupo e mantém o processo de desenvolvimento oocitário e desova apenas uma vez ao longo do ano (GODOY, 1975).

Magalhães (1931) *apud* Agostinho *et al* (2003) descreveu que a migração reprodutiva desta espécie inicia-se na estação chuvosa, período esse que os animais sobem os rios para reproduzir-se e concentram-se em áreas onde as águas dos rios são claras e rasas (inferior a 1 metro).

Considerando-se o aspecto migratório da tabarana e de outros teleósteos, fica evidente o impacto que as barragens da Bacia do Alto Tietê assim como aquelas presentes nos rios de todas as bacias hidrográficas causam no ciclo de vida dos peixes, principalmente nos aspectos relacionados à fisiologia reprodutiva destes animais

Migração e Fisiologia da Reprodução de Peixes

A migração reprodutiva de peixes é considerada, do ponto de vista fisiológico como um dos eventos biológicos mais incríveis da natureza. Os animais adultos realizam movimentos migratórios longos, chegando ao caso extremo do salmão do Pacífico que migra cerca de 1000 km, em estado hipofágico, funcionando como um sistema fechado, auto-sustentável, mobilizando as reservas armazenadas na fase anterior à migração (HOCHACHKA & SOMERO, 2002).

Os movimentos migratórios tendem a seguir caminhos particulares em uma periodicidade regular e, assim, há, inevitavelmente, uma concentração no espaço e tempo, em uma extensão variável, dependendo da severidade do ambiente. O movimento ordenado de um grande número de peixes através de um espaço restrito em uma época particular do ano forneceu a vantagem necessária para permitir a pesca de números significativos de peixes pelos seres humanos com o uso de redes simples, lanças e armadilhas (LUCAS & BARAS, 2001).

A massa do músculo, a proporção do músculo vermelho, e as reservas de energia governam a capacidade de um peixe para a migração, que é, ainda, influenciada pela temperatura ambiental e por correntes adversas, e assim pela época do ano em que a migração é realizada (LUCAS & BARAS, 2001).

Sob um ponto de vista funcional, a seleção do momento apropriado para a migração implica que os estímulos estejam identificados e interpretados corretamente. Se nós aceitarmos que os estímulos e a capacidade para a migração foram selecionados durante a co-evolução da espécie e de seu ambiente, então suas adequações atuais e futuras dependem

também de como ambiente se altera, em consequência das causas naturais ou induzidas pelo homem (LUCAS & BARAS, 2001).

Ainda hoje, há escassez de conhecimento a respeito da capacidade de natação da grande maioria das espécies dos peixes de água doce, e especialmente aquelas nos trópicos, visto que este conhecimento é cada vez mais necessário para uma melhor compreensão de suas capacidades migratórias, e de como as mudanças implementadas pelo homem tendem a afetar. Câmaras cinemáticas e respirômetros são de grande interesse para medir a velocidade e capacidade de natação. As técnicas de telemetria oferecem grande potencial para a determinação dos custos reais da migração e da funcionalidade das passagens dos peixes. Não obstante, análises mais diretas, simples e rápidas (a determinação da massa do músculo do peixe, proporção de músculo vermelho, e as reservas de energia) são extremamente relevantes uma vez que podem dar um retrato de velocidade e resistência, pela comparação com modelos existentes (LUCAS & BARAS, 2001).

Sabe-se que no processo de maturação gonadal, as fêmeas requerem grande quantidade de macro e micronutrientes, que serão transferidos para os oócitos em desenvolvimento, o que envolve processos de mobilização de reservas para as gônadas, as quais estão armazenadas em diferentes tecidos (como fígado, músculo, tecido adiposo ou ainda intestinos). No entanto, a estratégia de mobilização deste substrato pode variar dependendo da espécie considerada.

O sucesso no desempenho reprodutivo em peixes está intimamente associado com as reservas de lipídios disponíveis para o desenvolvimento gonadal. A quantidade e a qualidade dos lipídios armazenados nos tecidos de reservas em fêmeas adultas na fase pré-ovulatória, pode ser considerado como indicador do sucesso reprodutivo da espécie (ADAMS, 1999).

De uma forma geral os peixes podem apresentar diferentes padrões de mobilização de lipídios durante o ciclo reprodutivo e, esta variação ocorre devido principalmente às estratégias reprodutivas, disponibilidade e qualidade do alimento na fase de vitelogenese, habitat, idade do animal e outros parâmetros, que são revisados por Love (1980). Em fêmeas, principalmente o colesterol e os ácidos graxos são mobilizados dos músculos, acumulando-se nos ovários (LOVE, 1980). O colesterol é o precursor de hormônios esteróides nos animais e o seu conteúdo depende de alguns fatores, como desenvolvimento sexual, maturação e dieta. Em algumas espécies, como *Clarias batrachus* e *Polydon spathula*, os níveis de colesterol plasmático são mais elevados em machos do que fêmeas; por outro lado, o avanço da maturação de machos de *Salmo trutta* é acompanhado por uma redução nos níveis de

colesterol plasmático, e aumento dos valores de fosfolípidios (LOVE, 1980). Já em *Salminus brasiliensis*, os valores de colesterol plasmático mantiveram-se inalterados em machos ao longo de todo o ciclo reprodutivo, enquanto nas fêmeas ocorreu um aumento gradual, com valores máximos no final da vitelogênese, e queda abrupta nas fêmeas maduras (MOREIRA *et al.*, 2002).

Os lipídios são geralmente armazenados no fígado, tecido adiposo ou músculos e são mobilizados em resposta a necessidades energéticas, especialmente para suprir a demanda para crescimento, manutenção e reprodução. Desta forma, os níveis de lipídio armazenado se alteram significativamente ao longo do tempo entre os indivíduos e populações, em resposta às necessidades energéticas (MEFFE & SNELSON, 1993).

Alterações sazonais no armazenamento de água, lipídio e proteína nos músculos e fígado já foram observadas em várias espécies de peixes, e estas alterações têm sido relacionadas ao crescimento das gônadas e a outros processos associados com a desova (MUÑOZ & HERRERA, 1959 apud MERAYO, 1996, LOVE, 1980, DAWSON & GRIMM, 1980, DABROWSKI, 1982).

Em períodos com abundância de recursos/alimento ou ainda baixa demanda energética, os teores de lipídio geralmente aumentam no órgão de armazenamento e quando a demanda energética aumenta, os lipídios são mobilizados e seus níveis diminuem (MEFFE & SNELSON, 1993).

Os lipídios transportados no sangue, são basicamente de três origens: dieta, que são agregados na mucosa intestinal e transportados para o sangue como quilomicra; lipídio endógeno, que é processado no fígado e transportado no sangue principalmente como lipoproteína de densidade muito baixa (“Very Low Density Protein”-VLDL); e finalmente os lipídios mobilizados dos órgãos de armazenamento, primeiramente como ácidos graxos. Os lipídios são armazenados pela ação de uma enzima, a lipase lipoproteica. Esta, hidroliza os lipídios transportados em ácidos graxos e glicerol, que se difundem para as células de estoque. Uma vez na célula de reserva, ocorre o armazenamento na forma de triglicerídeos que são ressintetizados por lipases localizadas no retículo endoplasmático. Quando for necessária a mobilização, os triglicerídeos armazenados são hidrolizados pela enzima trigliceril lipase formando novamente ácidos graxos e glicerol. O glicerol pode ser transportado livremente no plasma e os ácidos graxos são transportados juntamente com a albumina (SHERIDAN, 1994).

Nos peixes, os lipídios são fontes energéticas importantes para reprodução, sendo imprescindíveis para o desenvolvimento dos ovos, construção de ninhos, cõrte, ou ainda proteção da prole (WIEGAND, 1996).

O local e a forma de armazenamento dos lipídios, varia conforme a espécie estudada. Os lipídios são armazenados principalmente como triglicerídeos, no músculo, fígado ou tecido adiposo (SHERIDAN, 1988). Foi sugerido que as diferenças no local de armazenamento podem ser atribuídas ao estilo de vida do animal; peixes sedentários apresentam uma tendência a estocar lipídios no fígado e/ou tecido adiposo enquanto que peixes mais ativos utilizam os músculos para armazenamento, pois aí estariam mais prontamente disponíveis para locomoção rápida. Mas muitas vezes esta correlação não corresponde à realidade, como no caso do bacalhau, peixe extremamente ativo, que estoca maior quantidade de lipídio (cerca de 67%) no fígado (SHERIDAN, 1988).

Love (1980) discute o processo de mobilização lipídica durante o ciclo reprodutivo dentre algumas espécies estudadas até aquele momento. Em algumas, como por exemplo, *Gadus morhua* ocorre um aumento no lipídio hepático nas fases iniciais da vitelogênese seguido de uma queda nestes teores na fase que antecede a desova. Em outras, como *Coregonus clupeaformis*, conforme avança o período reprodutivo, declinam os teores de lipídio hepático e muscular. Por outro lado, em *Salmo gairdneri*, ocorre um aumento nos teores de lipídio, principalmente triglicerídeos e ácidos graxos nas fases finais de maturação das fêmeas. De acordo com este mesmo autor, as variações decorrem da disponibilidade de alimento para cada espécie nas fases do desenvolvimento gonadal.

Trabalhos mais recentes mostram que, em fêmeas, com a chegada da fase vitelogênica, ocorre a mobilização do lipídio hepático e muscular para as gônadas. Este resultado foi observado em *Tilapia nilotica* (EL-SAYED *et al.*, 1984), *Torpedo torpedo* (ABDEL-AZIZ & EL-NADY, 1993) e *Trisopterus luscus* (MERAYO, 1996), dentre outras.

O crescimento ovariano leva a um acúmulo de proteínas e lipídios nos ovócitos em crescimento. Trabalhos pioneiros desde a década de 60 já mostravam que as reservas de proteína e lipídio diminuem durante o desenvolvimento gonadal (revisão em LOVE, 1980). Já em outras espécies, as reservas não são significativamente reduzidas durante o crescimento ovariano, mas começam a decair durante o período de desova, como por exemplo, em *Salmo gairdneri* (NASSOUR & LÉGER, 1989).

No peixe antártico *Nothothenia rossii*, principalmente colesterol e ácidos graxos parecem ser mobilizados dos músculos das fêmeas e acumular-se nos ovários (SHATUNOVSKII & KOZLOV, 1973 apud LOVE, 1980). Ainda segundo Love (1980) as fêmeas acumulam mais proteína do que lipídio com o avanço da maturação, enquanto que os machos acumulam maiores quantidades de lipídio, pois os testículos acumulam menos proteína que os ovários. O lipídio armazenado em machos fornece a energia necessária à natação e à síntese de colesterol no fígado

Poucos estudos foram conduzidos abordando os aspectos de mobilização de lipídios ao longo da migração, devido à própria dificuldade na logística do processo. A maioria dos trabalhos foi realizada até o momento com espécies de salmão do Pacífico.

Sabe-se que a migração do salmão ocorre principalmente às custas de uma velocidade de natação sustentada (HINCH *et al.*, 2002) e que os lipídios constituem a principal fonte de energia para os músculos. Os custos energéticos e depleção dos estoques de lipídios corporais são relativamente bem compreendidos durante a migração, mas poucas informações são disponíveis sobre os mecanismos de mobilização e oxidação dos lipídios durante a migração (HOCHACHKA & SOMERO, 2002; MAGNONI *et al.* 2006).

Em *Oncorhynchus nerka* foi observado que as lipoproteínas podem ser consideradas como os compostos mais importantes para uma desova bem sucedida e ainda, que na mudança para a água doce, alguns ácidos graxos das reservas de triglicérides também podem ser alterados (MAGNONI *et al.*, 2006).

Assim como para os lipídios, são relatadas alterações no metabolismo de proteínas nas fases do ciclo reprodutivo em peixes. O catabolismo das proteínas e metabolismo dos aminoácidos são eventos metabólicos importantes que ocorrem durante a migração reprodutiva do salmão (MOMMSEN *et al.*, 1980). Alguns tecidos passam por um aumento na taxa de degradação de proteínas e acredita-se que a maior fonte de proteína para peixes migradores origina-se da musculatura branca (LOVE, 1980, ANDO *et al.*, 1985).

O estradiol estimula os hepatócitos a sintetizar uma proteína específica, a vitelogenina, podendo ocorrer modificações nos teores de proteína total no fígado e no plasma, ao longo do ciclo reprodutivo.

As primeiras evidências deste fato surgiram em 1957, quando Bailey, estudando *Carassius auratus*, já havia observado que a indução de estradiol em fêmeas causava uma hipertrofia das células hepáticas, sugerindo que este órgão estaria sintetizando intensamente

vitelogenina, que estaria sendo prontamente liberada para a corrente sanguínea, para atuar nos ovários.

Em fêmeas de *Salmo salar* o avanço da maturação promove elevação nos níveis de proteína plasmática, além de aumento do tamanho do fígado. Este aumento foi relatado ao aumento no DNA total do órgão, sugerindo proliferação do tecido (VON DER DECKEN et al., 1992).

Martin *et al.* (1993) estudando *Salmo salar* observou que durante o período de maturação o fígado de fêmeas apresenta características de um órgão que aumentou seu potencial de síntese de novas proteínas. Entretanto, o teor total de proteína hepática apresentou apenas um ligeiro aumento, ao contrário do grande aumento em RNA, sugerindo que grande parte da proteína sintetizada estaria sendo exportada do fígado. O aumento na síntese de proteínas para exportação, como no caso da vitelogenina hepática já foi bem estudado em salmonídeos.

O padrão de deposição e mobilização de substratos energéticos nos peixes está diretamente associado ao padrão de desenvolvimento oocitário. O desenvolvimento ovariano em peixes pode ser classificado em sincrônico, sincrônico em grupo e assincrônico, de acordo com o padrão de crescimento dos ovócitos. Animais com desenvolvimento do tipo sincrônico desovam uma única vez e morrem; as espécies do tipo sincrônico em grupo são aquelas de desova total e o tipo assincrônico, as espécies de desova parcelada (ROCHA & ROCHA, 2006).

Os peixes mostram uma profusão de padrões dentro dos quais eles se reproduzem e dos modos como alocam tempo e recursos para este processo.

O sucesso obtido por qualquer espécie é determinado, em última instância, pela capacidade que seus integrantes têm de se reproduzirem em ambientes variáveis, mantendo populações viáveis. As espécies manifestam estratégias reprodutivas características, que proporcionam sucesso na reprodução garantindo o equilíbrio da população. Considerando-se que cada espécie tem sua distribuição estabelecida por determinado conjunto de condições ecológicas, ela deve apresentar uma única estratégia reprodutiva e, para tanto, apresentar adaptações anatômicas, fisiológicas, comportamentais e energéticas específicas (VAZZOLER, 1996).

Variações nas condições ambientais determinam mudanças em algumas características da estratégia, de modo que esta venha a ser bem sucedida. Essas características variáveis, são as táticas reprodutivas, que podem ou não exibir ampla gama de variação (VAZZOLER,

1996). Ainda com relação à influência ambiental na reprodução em peixes, pode-se verificar que, à medida que mudam as estações do ano, a conveniência do ambiente para os estágios iniciais do ciclo de vida, vulneráveis, irá variar.

Um peixe deve reproduzir-se naquele período do ano que tende a maximizar sua produção de descendentes durante sua existência. A larva deve eclodir em um meio que possa lhe prover alimento apropriado, proteção aos predadores e boas condições abióticas (WOOTON, 1990).

Peixes em altas latitudes exibem padrões altamente sazonais de reprodução. Nestes ambientes as variações sazonais mais importantes verificam-se na temperatura e fotoperíodo. Já em baixas latitudes, as variações sazonais na temperatura e fotoperíodo têm amplitudes muito menores e, geralmente o maior evento sazonal em água doce são as alterações no nível da água (aumento da pluviosidade) e a seqüência de estações úmidas e secas (WOOTON, 1990).

Lam (1983) discute algumas possíveis explicações para a importância das chuvas na determinação da época reprodutiva em peixes tropicais, como a temperatura da água, aumento da disponibilidade de alimento, diluição dos eletrólitos, principalmente o cloreto, o que diminui a condutividade da água, aumento no teor de oxigênio dissolvido e ainda alterações no pH. Acredita-se que não seja apenas um desses fatores, isolado, e sim o conjunto destes e/ou de outros ainda não totalmente conhecidos, importantes para determinar o período reprodutivo dos animais.

Observa-se então de uma forma muito clara na literatura que as variáveis ambientais influenciam de forma direta a reprodução dos peixes. Além disso, as condições nutricionais do ambiente aliadas à integridade do mesmo, são fatores determinantes no sucesso reprodutivo das espécies migradoras.

Dentro deste cenário, fica claro que as implicações fisiológicas e em última análise ecológicas que o impedimento de migração causa nos peixes reofílicos são grandes, e considerando-se as espécies ícticas tropicais, o desconhecimento destes impactos é total.

O impacto fisiológico do bloqueio migratório nos peixes reofílicos é bem conhecido na prática das pisciculturas de peixes dulciaquícolas. Sabe-se que os animais adultos não se reproduzem em condições de cativeiro, a não ser que uma suplementação hormonal seja conduzida.

Considerando-se impedimentos migratórios de uma forma geral, deve-se levar em conta que os animais impedidos de migrar, do ponto de vista metabólico, podem ser

considerados como sedentários, em comparação com aqueles que vivem em ambientes não impactados. Frente a esta constatação existe a hipótese de que o comportamento sedentário acarreta uma gama de alterações na deposição e mobilização de substratos energéticos dos animais, o que pode diretamente interferir na dinâmica reprodutiva das espécies reofílicas.

A espécie modelo – *Salminus hilarii*

Para observar os padrões de mobilização e deposição de substratos energéticos em peixes com a migração reprodutiva bloqueada na área de interesse, Alto Tietê, foi escolhida a espécie *Salminus hilarii*, a tabarana (Figura 1).

S. hilarii pertence à classe Actinopterygii, ordem dos Characiformes, família Characidae (NELSON, 1994) e apresenta tamanho menor que a espécie congênica *S. brasiliensis*. Na literatura foram registrados comprimentos máximos de 42 cm para fêmeas e 30 cm para os machos (GODOY, 1975), mas no presente trabalho, comprimentos de 52,5 cm para fêmeas e 35,5 para machos.

A tabarana é uma espécie migradora, potamódroma, piscívora e vivem em ambientes bentopelágicos. Sua distribuição ocorre nas Bacias do Rio São Francisco, Alto Tietê, Prata e Araguaia – Tocantins. Existem registros também de *S. hilarii* nas bacias do Rio Amazonas e Orinoco (FROESE & PAULY, 2006).

Com relação à dinâmica migratória, a tabarana é considerada como uma espécie de migração curta, ou seja, todo o seu percurso migratório para a reprodução ocorre em menos de 100 km (AGOSTINHO *et al.* 2003). O período reprodutivo da espécie ocorre de Novembro a Janeiro, com os ovários representando cerca de 15% da massa corpórea (IGS) (GODOY, 1975).

A escolha da tabarana como modelo para estudar as alterações metabólicas relacionadas ao bloqueio reprodutivo, deve-se à importância ecológica da espécie, porte e disponibilidade de captura. Considera-se a tabarana como modelo ideal, justamente por tratar-se de uma espécie reofílica, que certamente vem sofrendo o impacto dos barramentos da região do Alto Tietê.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é investigar o papel do bloqueio da migração reprodutiva nas reservas metabólicas de espécies ícticas reofílicas.

2.2 Objetivos Específicos

- Observar se o impedimento da migração altera a massa dos ovários ao longo do ciclo reprodutivo, utilizando-se para esta análise o índice gonadossomático;
- Verificar a existência de possíveis alterações na dinâmica de mobilização de substratos protéicos e lipídicos nos tecidos de reserva metabólica, ao longo do ciclo reprodutivo da tabarana.
- Comparar os perfis metabólicos dos animais em ambiente natural, com aqueles impedidos de migrar.

3 MÉTODO

3.1 Grupos experimentais

Para a condução do presente experimento foram considerados 3 grupos experimentais: Rio, Barragem e Cativeiro.

Os animais do grupo denominado “Rio” foram capturados com a técnica de pesca artesanal, com vara e isca viva entre os meses de Abril de 2004 a novembro de 2005. O trecho de captura destes animais foi a calha principal do Rio Tietê, entre os municípios de Mogi das Cruzes e Biritiba-Mirim/SP (23^o 32’ 45,3” S; 46^o 08’ 03,2 W) (Figuras 2 e 3).

Os animais do grupo denominado “Barragem” foram capturados no trecho imediatamente à jusante da Barragem de Ponte Nova (23 34’ 36,5 S; 45 54’ 23,9”W) (Figuras 2 e 4). Neste ambiente, os animais são interrompidos de migrar em uma parte do rio, e assim pode-se considerar que este bloqueio migratório é parcial, ocorrendo apenas no ponto da barragem. A coleta destes animais ocorreu durante o mesmo período descrito para o grupo acima.

Os animais do grupo denominado “cativeiro” ficaram mantidos em cativeiro e impedidos de migrar e se reproduzir (Figura 5). Neste grupo, 22 fêmeas ficaram divididas em 2 tanques de 100 m² na Piscicultura da Barragem de Ponte Nova, no município de Salesópolis (23^o 35’ 33,8” S; 45 58’ 9,1” W). Os animais foram alimentados “*ad libitum*” com ração comercial para peixes carnívoros, contendo 40% de proteína bruta (PURINA).

As coletas foram realizadas de forma a serem capturados animais nos diferentes estádios de maturação do ciclo reprodutivo. Como essa informação com relação ao ciclo reprodutivo da tabarana ainda é desconhecida, utilizou-se como base para o cronograma de coletas, os dados disponíveis para outras espécies da família Characidae (LIMA *et al.*, 1986; LIMA *et al.*, 1991).

No cativeiro, os animais foram coletados com rede de arrasto (Figura 6) e transportados para o laboratório, onde foi dada continuidade ao procedimento experimental.



Figura 1 – *Salminus hilarii* (RENATA GUIMARÃES MOREIRA)

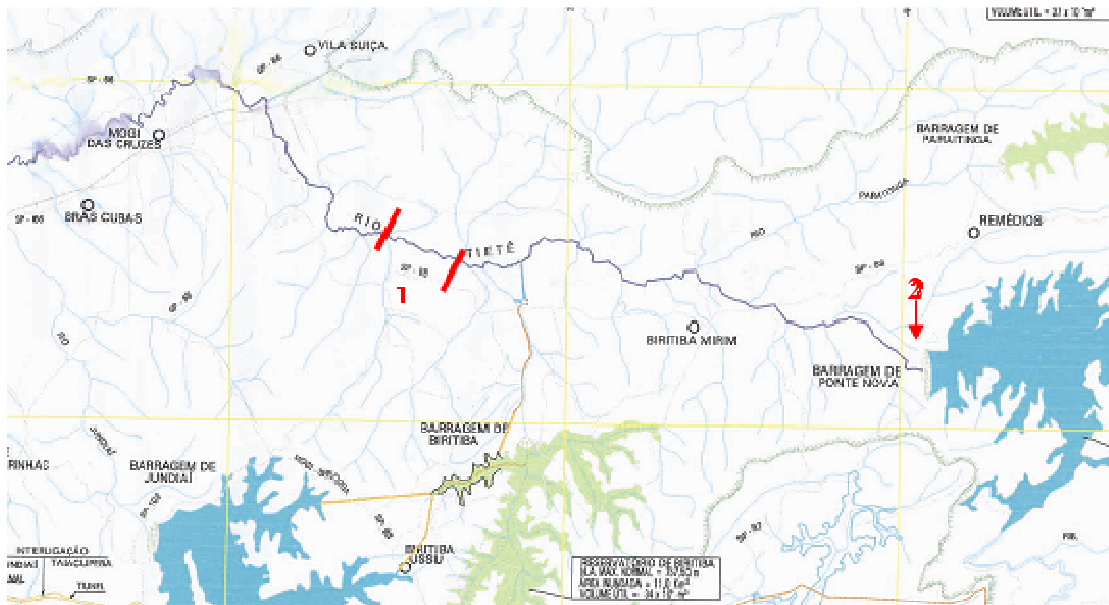


Figura 2 – Mapa de localização dos pontos de coleta: Rio (1) e Barragem (2).



Figura 3 – Rio Tietê (RENATA GUIMARÃES MOREIRA)



Figura 4 – Barragem (ponto de bloqueio do Rio Tietê) – (RENATA GUIMARÃES MOREIRA)



Figura 5-Cativeiro (RENATA GUIMARÃES MOREIRA)



Figura 6 - Captura dos animais com rede de arrasto (RENATA GUIMARÃES MOREIRA)

3.2 Processamento pós-captura e obtenção das amostras

Os peixes coletados foram imediatamente acondicionados em sacos plásticos com oxigênio e transportados para o Núcleo de Ciências Ambientais da UMC. No laboratório, os animais foram anestesiados com MS-222 (Finquel) neutralizado com bicarbonato de sódio (1g/10 l). Foi coletada uma amostra de sangue (cerca de 5 ml, dependendo do peso médio dos animais) por punção da vasculatura caudal, com seringas e agulhas descartáveis, contendo heparina sódica. As amostras de sangue foram centrifugadas a 3.000 rpm por 10 minutos e o plasma separado em alíquotas, que foram congeladas imediatamente em gelo seco e preservadas a -80°C até o processamento.

Após a coleta do sangue, os animais foram sacrificados por secção da medula espinhal na altura do opérculo e os dados morfométricos e ponderais foram registrados. A seguir, foram retirados o fígado, as gônadas, porções de tecido adiposo e da musculatura epaxial branca e vermelha. As gônadas foram pesadas em balança analítica e, assim como os demais tecidos foram congelados em nitrogênio e preservados a -80°C .

As gônadas também foram analisadas quanto ao seu aspecto macroscópico (tamanho, cor, vascularização, estágio de maturação) e foi calculado o Índice Gonadossomático (IGS), que expressa a porcentagem que as gônadas representam em relação ao peso total do animal e, é um indicador eficaz do estado funcional dos ovários.

O índice gonadossomático (IGS) determina a relação da massa gonadal com a massa corpórea do animal, indicando seu estágio reprodutivo. Este índice expressa a porcentagem das gônadas em relação a massa corporal, e é calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{IGS} = (\text{massa gonadal} / \text{massa corpórea}) \times 100$$

Os animais foram classificados macroscopicamente quanto ao sexo e estágio de maturação e no presente trabalho foram utilizadas apenas as fêmeas de tabarana. Estes estádios foram confirmados microscopicamente e serviram de base para classificar os animais em 3 estádios de maturação gonadal: Repouso, Maturação Avançada e Regressão (ou desovado) (HONJI et al., 2006). Nos animais de cativeiro, como as coletas foram programadas, a fase de maturação pode ser dividida em inicial e avançada. No entanto, como

não foi possível a coleta da fase de maturação inicial nos animais do rio e da barragem, os animais deste estágio, no cativeiro, não serão utilizados neste trabalho.

3.3 Análises de substratos metabólicos

A partir dos tecidos congelados, a determinação das concentrações de lipídios totais e proteínas totais foram realizadas por métodos enzimáticos-colorimétricos. Além disso, foi determinada a concentração desses metabólitos e das classes de lipídios no plasma, que é um indicativo da mobilização no momento da coleta. O detalhamento completo dos protocolos de dosagem está apresentado no Anexo 1.

Lipídios Totais

Os lipídios totais dos tecidos foram extraídos com uma solução de clorofórmio: metanol e água (2:1: 0,5) utilizando-se o método de Folch *et al* (1957) adaptado por Parrish (1999) para amostras de organismos aquáticos. A partir do extrato lipídico, a concentração de lipídios totais foi determinada pelo método enzimático-colorimétrico de Frings *et al.* (1972), utilizando-se como padrão, óleo de fígado de bacalhau (Cod liver oil fatty acid methyl esters, SIGMA). Os lipídios totais do plasma foram dosados diretamente, não necessitando de prévia extração, como ocorre com outros tecidos.

Ácidos Graxos Livres (AGL)

Para a determinação dos AGL plasmáticos foi utilizado o kit NEFA C (Wako Chemicals USA Inc.), baseado em um método enzimático-colorimétrico. Os AGL são determinados contra uma curva padrão de ácido oléico.

Colesterol

A concentração de colesterol plasmático foi determinada por método enzimático colorimétrico, utilizando-se “kits” da marca Liquiform Labtest e os resultados calculados contra uma curva padrão de solução aquosa de colesterol com concentração de 200 mg/dl.

Triglicérides

A concentração de triglicérides plasmático foi determinada por método enzimático colorimétrico, utilizando-se “kits” da marca Liquiform Labtest e os resultados calculados contra uma curva padrão de solução estabilizada de glicerol, equivalente a 200 mg/dL de trioleína

Proteínas

A concentração de proteínas totais no plasma foi determinada pelo método de Lowry *et al.*, (1951). O teor protéico dos tecidos foi determinado pela mesma metodologia, após precipitação e solubilização das proteínas totais segundo metodologia de Milligan & Girard (1993).

3.4 Análise dos Resultados

Os resultados das análises foram comparados entre os diferentes estádios de maturação e os diferentes ambientes utilizando-se o teste de variância ANOVA (one way) seguido do teste de Student Newmann Keuls para os dados paramétricos. Para algumas análises foi necessária a utilização de testes não-paramétricos e neste caso foi utilizada ANOVA seguida de teste de Kruskal Wallis. Todos os testes foram realizados utilizando-se o programa Sigma Stat versão 3.1 (2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aspectos reprodutivos e índice gonadossomático

A tabarana possui um par de gônadas que se localizam na cavidade abdominal, ventralmente aos rins e a vesícula gasosa, ligada à parte dorsal do celoma pelo mesentério. Os animais usados como parâmetro comparativo coletados em ambiente natural, tanto aqueles capturados em trechos de corredeira do rio quanto em trechos próximo à barragem, apresentaram suas gônadas em diversos estádios reprodutivos, dependendo da época da coleta, caracterizada macroscopicamente no estágio de repouso como sendo pequenos e de coloração avermelhada. Os animais de cativeiro apresentavam suas gônadas com essas mesmas características (HONJI *et al.*, 2006).

À medida que a maturação avança, as gônadas aumentam visivelmente de tamanho e nos ovários é possível observar oócitos pequenos e médios, sendo esta descrição caracterizada pelo estágio de maturação inicial (VAZZOLER, 1996). Na época das desovas, os ovários desenvolvidos são de cor verde-acinzentada, quando no estágio de maturação avançada (GODOY, 1975). Esta é a fase em que as gônadas podem ocupar até 2/3 da cavidade celomática. Já na fase de regressão/esgotado, oócitos brancos podem ser observados e o aspecto do órgão é flácido (VAZZOLER, 1996). Praticamente todas as gônadas das tabaranas coletadas tanto em ambiente natural como em cativeiro apresentavam-se como descritas acima por Godoy (1975) e Vazzoler (1996) nos respectivos estádios reprodutivos por eles citados, com exceção do estágio de maturação avançada dos animais de cativeiro, pois as mesmas apresentavam-se verde-azulada.

Durante a época de reprodução, as fêmeas chegam a apresentar entre 10% do peso do corpo representado pelos ovários, que são bem desenvolvidos e com um número aproximado de 25.000 a 30.000 oócitos para ambos os ovários, enquanto que os machos apresentam seu percentual em redor de 1% (GODOY, 1975).

Devido à subjetividade existente nos dados sobre estágio de maturidade baseados apenas em análises macroscópicas, a utilização de um indicador quantitativo como o IGS é muito importante, pois a variação temporal do IGS fornece indicações seguras sobre o período reprodutivo de uma espécie ou de uma população (VAZZOLER, 1996). De acordo com o IGS, e posterior análise histológica das gônadas (HONJI *et al.*, 2006), foi possível fazer uma

caracterização correta quanto aos diferentes estádios de maturação observados ao longo do ciclo reprodutivo da tabarana. As comparações feitas entre os dados de IGS nos diferentes ambientes forneceram informações muito úteis em relação ao estágio funcional dos ovários quando estes se deparam com um ambiente impactado (barragem e cativeiro).

Abaixo, segue a tabela com os valores de comprimento total, massa corpórea e IGS nos três diferentes ambientes (natural: rio; impactado: barragem e cativeiro).

Tabela 1. *Salminus hilarii* – Dados morfométricos e ponderais; Índice gonadossomático (IGS). (Média ± Erro Padrão).

Ambiente	Estádio	N	Ct (cm)	Pt (g)	IGS
Rio	Repouso	5	39,7 ± 2,23	656,57 ± 104,24	0,99 ± 0,04 ^{a*}
	Maturação avançada	10	41,97 ± 2,35	932,78 ± 114,5	10,8 ± 1,66 ^{**}
	Regressão	6	42,25 ± 2,75	879,17 ± 216,63	1,95 ± 0,12 ^{a*}
Barragem	Repouso	6	35,83 ± 0,81	437,17 ± 28,52	0,72 ± 0,06 ^{b*}
	Maturação avançada	10	85,5 ± 45,9	760,2 ± 102,23	9,97 ± 0,92 ^{**}
Cativeiro	Repouso	4	35,6 ± 0,58	477,6 ± 31,1	0,68 ± 0,08 ^{b*}
	Maturação inicial	5	36,2 ± 0,43	577 ± 30,67	1,71 ± 0,16
	Maturação avançada	7	36,13 ± 1,2	637 ± 57,33	9,96 ± 1,05 ^{**}
	Regressão	6	34,87 ± 0,82	518 ± 47,09	8,45 ± 1,88 ^{b**}

^{ab} Letras diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo estágio e ambientes diferentes

* Símbolos diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo ambiente e estádios diferentes; Ct - comprimento total; Pt – Peso Total

Os dados da tabela mostram que os valores de IGS aumentam independente do ambiente, à medida que o estágio de maturação avança, diminuindo apenas na fase de regressão, demonstrando assim um bom desenvolvimento das gônadas na fase reprodutiva da tabarana.

As gônadas aumentam de tamanho justamente pelo fato de o animal, durante o processo de maturação, produzir e liberar a vitelogenina, uma glicolipofosfoproteína que é

posteriormente incorporada pelos ovários, para o amadurecimento dos oócitos que, quando maduros, apresentam tamanho aumentado.

Não houve diferença no valor do IGS na fase de maturação avançada entre os ambientes. Com relação aos animais de cativeiro, o IGS apresentou diferença estatística entre as fases reprodutivas sendo maior para maturação avançada em relação às fases de repouso ($P= 0,001$) e regressão.

O IGS dos animais de cativeiro não diminuiu da fase de MA para regressão, situação essa que não ocorreu para os animais de ambiente natural. Isso demonstra que houve uma diminuição do tamanho do ovário cerca de 5,5 vezes apresentando diferença estatística significativa ($P<0,001$) nos animais que vivem em seu ambiente natural, fato esse que não está ocorrendo nos peixes em cativeiro, sendo que a diminuição do ovário ocorreu somente cerca de 1,17 vezes, não apresentando nenhuma diferença estatística. Esse tipo de fase é comum de se encontrar em animais de cativeiro, principalmente os que possuem o tipo de desova total, pois os mesmos não conseguem desovar naturalmente. Segundo Baldisserotto (2002), caso o oócito não seja liberado na desova, ele degenera sendo fagocitado pelas células da granulosa. O número de oócitos que sofrem atresia pode aumentar se a fêmea não for colocada em condições ótimas para a reprodução. Além disso, o estresse causado pela manipulação também pode levar à atresia. Isso significa que pode estar ocorrendo alguma disfunção na fisiologia nos animais devido ao confinamento em que estão submetidos, refletindo uma reabsorção mais lenta de todo o vitelo incorporado no oócito e que não ocorre nos peixes do rio, já que estes demonstraram uma reabsorção mais eficiente e rápida. Ainda segundo Baldisserotto (2002), em condições naturais, a atresia é muito reduzida, e sua ocorrência pode estar relacionada ao estresse da fêmea. Neste contexto, são conhecidos vários trabalhos que caracterizam o desenvolvimento oocitário e as camadas foliculares que envolvem o oócito (ROCHA & ROCHA, 2006; TYLER, & SUMPTER, 1996). No entanto, estudos sobre a atresia (processo de reabsorção e/ou regeneração do oócito) e a caracterização da involução e/ou degeneração dos folículos pós-ovulatórios são ainda bem restrito para as espécies nacionais (SANTOS *et al.*, 2005).

Os meses das coletas dos animais de cativeiro foram previamente fixados com a finalidade de se obter todos os estádios reprodutivos da tabarana, baseados nos meses de coleta dos animais de ambiente natural. Sendo assim, pôde-se constatar uma diferença em relação à época de determinado estágio reprodutivo entre os ambientes estudados, mais

especificamente o estágio de regressão. No ambiente natural, os meses em que os animais capturados apresentavam as gônadas em regressão, foram de dezembro a abril, e a partir dessa informação, a coleta para esse estágio em cativeiro foi realizada no início de abril.

Aproximadamente dois meses após essa coleta, os animais ainda apresentavam suas gônadas em regressão quando a coleta programada seria para constatar seus ovários em repouso. Pode-se assim verificar que os animais de cativeiro levam um tempo maior para reabsorver todos os substratos energéticos gonadais que, ao longo do ciclo reprodutivo foram desviados para as gônadas na formação do vitelo, levando assim a uma regressão tardia.

Entre os ambientes o IGS também apresentou diferença estatística significativa nas fases de repouso sendo maior no rio do que em cativeiro e barragem ($P=0,010$) e em regressão sendo maior no cativeiro em relação ao rio ($P= 0,004$). Na fase de regressão/ovulado, os animais de cativeiro apresentaram IGS mais elevado do que os animais do rio ($P=0,004$), demonstrando a dificuldade que ocorre na reabsorção dos substratos gonadais quando os animais são impedidos de migrar.

Conforme Nakatani *et al.* (2001), o período reprodutivo da tabarana estende-se de outubro a fevereiro, mas conforme Andrade *et al* (2004), o período reprodutivo estende-se de outubro a janeiro, e pelo fato de durante esse período, principalmente de outubro a dezembro, o rio apresentar um nível baixo d'água, foram coletados poucos animais maduros.

No grupo de animais em regressão, o IGS apresentou uma grande variação de valores, indicando diferentes etapas de reabsorção do vitelo dos ovários, fato que ocorre quando o animal é impedido de realizar a desova e esse material é reabsorvido pelo animal.

De uma forma geral, pode-se observar que apesar da diminuição da massa do ovário nos animais confinados durante a fase de repouso ocorrer, essa diferença não ocorre na fase de maturação avançada, ou seja, o animal compensa a defasagem inicial, possivelmente mobilizando substratos de forma diferenciada. Esse aspecto será abordado a seguir.

4.2 Análises metabólicas

Os valores das concentrações de proteínas e lipídios teciduais assim como os parâmetros plasmáticos já mencionados foram comparados seguindo duas variáveis: ambiente

e estágio de maturação. A análise estatística foi realizada de forma independente, tratando cada variável separadamente.

Na tabela 2 observa-se que no ambiente natural existe um aumento da concentração de lipídios gonadais ($P < 0,001$) mas não de proteínas ($P=0,966$) com a chegada da fase de maturação avançada dos animais e conseqüente queda na fase de regressão gonadal. No cativeiro, o aumento de proteínas é significativo ($P < 0,001$), mas o de lipídios não é pronunciado, ocorrendo diferença estatística apenas na fase de regressão gonadal, fase em que a concentração lipídica é maior que aquela encontrada nos animais em repouso ($P = 0,023$). No ambiente de barragem, onde o impedimento de migração não é total também ocorre um aumento da concentração de lipídios na fase de maturação avançada ($P = 0,002$), mas de forma contrária ao que ocorreu nos demais ambientes, a concentração protéica decaiu na fase de maturação avançada ($P = 0,031$).

Sabe-se que o vitelo presente nos ovários dará origem ao saco vitelínico da futura larva. Dessa forma, a composição do vitelo é de grande importância para o sucesso da espécie. Interpretando os resultados de acúmulo de lipídios nos ovários dos animais de cativeiro é importante demonstrar que certamente será um prejuízo para a prole a baixa concentração de lipídios na fase de maturação avançada, pois os ácidos graxos presentes nesses lipídios terão grande importância na formação dos tecidos da futura larva (WIEGAND, 1996).

No cativeiro, como não ocorre a ovulação e desova, as fêmeas reabsorvem as reservas contidas nos oócitos. Os dados da tabela 2 mostram que na fase de regressão gonadal ocorre uma queda na concentração de proteínas gonadais, que certamente são reabsorvidas para outro tecido do animal. Pode-se adiantar aqui que nos demais tecidos analisados (músculo branco, vermelho e fígado) não ocorre incremento de proteínas na fase de regressão, ficando então essa questão. Para onde a proteína gonadal estaria sendo mobilizada na fase de regressão gonadal?

De uma forma geral, as proteínas são catabolizadas em aminoácidos que são em última análise utilizados para a síntese de novas proteínas. Os aminoácidos produzidos no catabolismo além de ser diretamente reciclados podem também ser metabolizados em glicogênio ou lipídios e utilizados no metabolismo energético. Se os aminoácidos forem utilizados para a produção de energia, seus esqueletos de carbonos são convertidos em acetil-CoA, que entra no ciclo de Krebs, produzindo assim ATP (NELSON & COX, 2006).

Como na fase de regressão gonadal as fêmeas em cativeiro apresentam degradação de proteínas gonadais os resultados mostram que esses aminoácidos não estão sendo depositados em nenhum dos tecidos de reserva analisados, sugerindo-se então que eles estão estejam sendo convertidos em carboidratos. Sabe-se que um dos papéis da insulina é captar os aminoácidos plasmáticos e converte-los em proteínas, nas células musculares esqueléticas. Além disso, a insulina inibe a gliconeogênese (conversão de lipídios e/ou aminoácidos em glicogênio). Como o peixe comporta-se fisiologicamente como um mamífero diabético (MONN, 2001) a concentração de insulina circulante é normalmente baixa, prejudicando essa captação e conversão dos aminoácidos circulantes em proteína muscular e por outro lado não causa inibição na gliconeogênese. Esse fato explica o aumento da concentração de glicogênio hepático encontrado por Rodrigues (2006 – com. pessoal) nas fêmeas de cativeiro na fase de regressão gonadal.

Adicionalmente, os aminoácidos resultantes do catabolismo das proteínas podem ser convertidos em lipídios. Observando-se os dados de lipídios plasmáticos que serão apresentados posteriormente neste trabalho (Tab. 6), fêmeas no cativeiro apresentam uma elevação dos lipídios plasmáticos na fase de regressão gonadal, quando comparadas com a fase de maturação avançada ($P < 0,001$).

Ainda na tabela 2, comparando-se agora animais dentro de um mesmo estádio, mas ambientes diferentes, pode-se observar que os animais confinados no cativeiro apresentam concentrações protéicas mais elevadas que aqueles do rio na fase de regressão gonadal ($P < 0,001$). Na fase de maturação avançada, os animais de cativeiro apresentam uma maior concentração de proteínas que os animais da barragem ($P = 0,003$). Coincidentemente, o perfil lipídico comporta-se da mesma forma, com animais do cativeiro com maior concentração de lipídios gonadais que aqueles da barragem e do rio na fase de repouso ($P = 0,007$) e na fase de regressão ($P = 0,043$) (apenas em relação aos animais do rio). Na fase de maturação avançada, não ocorre diferenças na deposição de lipídios nas gônadas entre os animais dos 3 ambientes ($P = 0,068$).

Tabela 2 – Concentração de lipídios e proteínas totais (mg/g) gonadais (média ± erro padrão)

Ambiente	Repouso	Maturação Avançada	Regressão
Lipídios Totais			
Rio	4,2 ± 1,18 ^{a*}	44,3 ± 3,09 ^{**}	27,6 ± 3,37 ^{a*}
Barragem	11,2 ± 1,78 ^{a*}	56,2 ± 6,86 ^{**}	
Cativeiro	21,9 ± 4,98 ^{b*}	33,4 ± 2,67	39,5 ± 3,89 ^{b**}
Proteínas Totais			
Rio	81,5 ± 12,34 [*]	116,3 ± 26,37 ^{a*}	27,6 ± 3,37 ^{a**}
Barragem	81,6 ± 7,43 [*]	56,2 ± 6,86 ^{b**}	
Cativeiro	78,8 ± 9,3 [*]	138,8 ± 5,82 ^{a**}	97,1 ± 6,57 ^{b*}

^{ab} Letras diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo estádio e ambientes diferentes

^{*} Símbolos diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo ambiente e estádios diferentes

Apesar de não haver diferença na deposição de lipídios e proteínas nas fêmeas maduras do cativeiro, um trabalho paralelo com os mesmos animais mostrou que os níveis de expressão do FSH (hormônio folículo-estimulante) foram menores na barragem (6,3x) e no cativeiro (15,6x) do que aqueles encontrados nos animais na fase de repouso, do rio (Melo, 2006), sugerindo que os baixos níveis de expressão de FSH no ambiente de cativeiro possam contribuir para o insucesso de reprodução dos animais de cativeiro.

Comparando-se os níveis de expressão do FSH ao longo do ciclo reprodutivo, os dados mostram que nos animais presentes no ambiente natural, nos trechos livres de barramento (rio), ocorre uma queda nesses níveis na transição da fase de repouso para de maturação avançada, aumentando em seguida esses valores, na fase de regressão gonadal (Melo, 2006). Esse perfil é normalmente encontrado na maioria dos teleósteos estudados (Rocha & Rocha, 2006). No entanto, nos animais encontrados nos ambientes impactados (barragem e cativeiro), a expressão do FSH desde o estádio de repouso já apresentou-se baixa, não se alterando com o avanço da maturação, o que pode ser corroborado pelo que foi observado no presente trabalho, em que no cativeiro, não existe aumento da deposição de lipídios nos ovários na fase de maturação avançada em relação à fase de repouso.

Análises da concentração dos esteróides gonadais de *S. hilarii*, mostraram haver um aumento da concentração de estradiol nos animais do rio com o avanço da maturação e uma queda não significativa na fase de maturação avançada (Amaral, 2007). O aumento de

estradiol na fase de maturação corrobora a queda da expressão do FSH nos animais Maturação Avançadas, via o controle de feedback negativo proposto na literatura (Rocha & Rocha, 2006). A queda na expressão gênica do FSH nas fêmeas em maturação avançada está acompanhada pelo aumento na expressão do LH, que também corrobora o aumento na síntese de 17α hidroxiprogesterona nas fêmeas do rio, na chegada da fase de maturação avançada do ciclo reprodutivo (Amaral, 2007).

A deposição de proteínas e lipídios no tecido hepático ocorre de forma diferente daquela observada nos ovários. Na tabela 3 pode-se observar que os animais de cativeiro apresentam uma queda na concentração de lipídios hepáticos, em todos os estádios de maturação, ao serem comparados com os animais do rio e da barragem. Quanto à concentração protéica o mesmo padrão é observado, ou seja, animais confinados armazenam menos proteína no fígado do que aqueles do rio, nas fases de repouso ($P < 0,001$) e regressão ($P = 0,002$).

Considerando-se agora a variação ao longo do ciclo reprodutivo, observa-se que tanto no rio quanto no cativeiro os animais na fase de maturação avançada acumulam uma maior quantidade de lipídios hepáticos do que aqueles em repouso ($P = 0,012$ no rio e $P = 0,038$ no cativeiro).

A variação da concentração de proteína hepática ao longo do ciclo reprodutivo ocorre apenas nos animais confinados. Na barragem o avanço da maturação é seguido por um aumento nessa concentração ($P < 0,01$) e no cativeiro a fase de reabsorção gonadal é acompanhada por uma queda na concentração de proteínas hepáticas ($P = 0,007$). Esta variação não ocorre no ambiente natural ($P = 0,321$).

Observando-se as concentrações lipídicas gonadais e hepáticas pode-se observar que os animais de cativeiro apresentam de uma forma geral um aumento na concentração lipídica gonadal e uma queda na concentração desse substrato no fígado, em relação aos animais do ambiente natural. Esse perfil sugere uma maior deposição de lipídios nas gônadas, o que pode ser claramente observado na variação deste substrato ao longo do ciclo reprodutivo nos ovários. No fígado observa-se uma maior deposição de lipídios nos animais na fase de maturação avançada, possivelmente para suprir a demanda gonadal.

O fígado é estimulado pelo hormônio esteróide 17β -estradiol, para iniciar a síntese de vitelogenina, que é um glicolipoproteína responsável pela maturação dos oócitos. A vitelogenina é secretada pelo fígado e transportada pelo plasma até os ovários, onde será incorporada pelos oócitos (ROCHA & ROCHA, 2006).

Além da maior concentração lipídica, no cativeiro existe também uma maior deposição de proteínas nas gônadas, em todo ciclo reprodutivo, assim como uma menor deposição hepática deste substrato nos animais confinados.

Com relação ao ciclo reprodutivo, os animais coletados no ambiente natural não apresentam variações na deposição de proteínas hepáticas, o que está de acordo com o proposto por Martin *et al.* (1993) pois a proteína sintetizada pelo fígado (principalmente as lipoproteínas e vitelogenina) são produzidas e rapidamente liberadas para a circulação sanguínea após sua síntese.

Já Moreira *et al.* (2002) observaram que em *Salminus brasiliensis* houve queda dos teores protéicos hepáticos na fase inicial de maturação gonadal, aumento na fase final de maturação e uma nova queda nos animais maduros.

Tabela 3 – Concentração de lipídios e proteínas totais hepáticas (mg/g) (média \pm erro padrão)

Ambiente	Repouso	Maturação Avançada	Regressão
Lipídios Totais			
Rio	17,8 \pm 1,02 ^{a*}	25,3 \pm 2,46 ^{a**}	26,9 \pm 2,09 ^{a**}
Barragem	17,6 \pm 3,29 ^a	25,7 \pm 4,63 ^a	
Cativeiro	2,3 \pm 0,24 ^{b*}	4,8 \pm 0,80 ^{b**}	2,9 \pm 0,60 ^b
Proteínas Totais			
Rio	165,7 \pm 10,13 ^a	140,2 \pm 38,51	155,5 \pm 8,04 ^a
Barragem	95,5 \pm 9,55 ^{b*}	123,6 \pm 5,21 ^{**}	
Cativeiro	99,0 \pm 10,93 ^b	118,43 \pm 6,78 [*]	75,9 \pm 7,99 ^{b**}

^{ab} Letras diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo estádio e ambientes diferentes

^{*} Símbolos diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo ambiente e estádios diferentes

As análises da deposição de lipídios e proteínas na musculatura branca demonstram que, da mesma forma do fígado, os animais do cativeiro, em todas as fases do ciclo reprodutivo depositam uma menor quantidade destes substratos. Adicionalmente, fica claro também que os lipídios armazenados na musculatura branca não sofrem variações relacionadas ao ciclo reprodutivo nos ambientes impactados, no entanto, no ambiente natural ocorre uma queda na deposição de lipídios com o avanço do ciclo reprodutivo (Tab.4). Neste tecido, a única

alteração sazonal observada foi no ambiente de barragem, onde os animais mobilizaram proteínas musculares no período reprodutivo, possivelmente para suprir alguma deficiência alimentar neste ambiente impactado (Tab. 4). Apesar do ambiente de cativeiro também ser caracterizado como um ambiente impactado, neste local a dieta fornecida aos animais é balanceada, com 40% de proteína bruta, não ocorrendo assim déficit protéico no animal, de origem alimentar. Deve-se observar também, que em peixes, ao contrário de mamíferos, a proteína é o primeiro substrato energético a ser utilizado, seguido dos lipídios e proteínas.

Deve-se observar também que no estágio de repouso, as fêmeas de cativeiro depositam uma menor quantidade de proteínas na musculatura branca, sugerindo que mesmo apresentando alto teor protéico, provavelmente parte da proteína da ração pode não ser digerível. Isso sugere que animais confinados em cativeiro consomem uma dieta que apresenta os requerimentos protéicos e lipídicos inferiores às exigências nutricionais de *Salminus hilarii*, provavelmente por apresentarem uma baixa porcentagem de ingredientes de origem animal.

Comparando-se a concentração de lipídios hepáticos e musculares de *S. hilarii* verifica-se que a musculatura esquelética dos peixes armazena pequenas quantidades deste substrato, o que pode ser verificado em diversas espécies de peixes. Segundo Henderson & Tocher (1987), que revisam a distribuição do armazenamento de lipídios em vários tecidos de peixes, a concentração lipídica hepática da perca é maior que a muscular. O mesmo pode ser encontrado no salmão do Atlântico capturado na costa da Escócia, que continha 10% de lipídio no fígado e 4% no músculo.

Por outro lado em *Pleuronectes platessa* o fígado apresenta uma contribuição quase insignificante de reserva energética, sendo que, o principal órgão de reserva de energia e proteína nesses peixes é a musculatura (DAWSON & GRIMM, 1980).

Esses diferentes resultados com relação ao acúmulo muscular ou hepático dos lipídios são explicados por Sheridan (1994). Em peixes, os lipídios são distribuídos entre o tecido adiposo mesentérico, fígado e músculo. A capacidade de armazenamento varia com a espécie, hábito de vida, bem como com a estação e ou estágio de desenvolvimento.

O tecido adiposo é o local de deposição primária. O armazenamento de lipídios no fígado e músculo é secundário e provavelmente é influenciado pelo padrão de história de vida do animal. Alguns autores sugerem que o fígado é importante para o armazenamento de lipídios em peixes sedentários e o músculo é mais importante em peixes ativos. Tal correlação

ecológica é difícil de manter, pois certamente um número de fatores interage em um complexo que influenciam na dinâmica de lipídios de peixes (SHERIDAN, 1994).

Tabela 4 – Concentração de lipídios e proteínas totais no músculo branco (mg/g) (média \pm erro padrão)

Ambiente	Repouso	Maturação Avançada	Regressão
Lipídios Totais			
Rio	11,4 \pm 2,99 ^{a*}	4,0 \pm 0,94 ^{**}	3,4 \pm 0,37 ^{a**}
Barragem	6,0 \pm 0,28	5,2 \pm 0,58 ^a	
Cativeiro	2,2 \pm 0,17 ^b	2,3 \pm 0,25 ^b	2,0 \pm 0,07 ^b
Proteínas Totais			
Rio	185,3 \pm 21,52 ^a	160,6 \pm 18,92	164,5 \pm 11,06
Barragem	142,7 \pm 10,67 [*]	210,2 \pm 20,19 [*]	
Cativeiro	116,8 \pm 3,59 ^b	112,3 \pm 2,03	123,7 \pm 7,15

^{ab} Letras diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo estágio e ambientes diferentes

^{*} Símbolos diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo ambiente e estágios diferentes

Analisando-se agora o músculo vermelho observa-se primeiramente que a deposição de lipídios neste tecido é mais elevada que na musculatura branca (Tab.5). Essa característica é clássica de todos os vertebrados devido ao principal papel do músculo vermelho no metabolismo aeróbico, ao passo que o maior armazenamento de glicogênio na musculatura branca esquelética ocorre devido ao seu papel na glicólise anaeróbica (Schmidt – Nielsen, 2002).

Poucas variações ocorrem na deposição de lipídios no músculo vermelho ao longo do ciclo reprodutivo. Apenas no ambiente natural (rio), foi observada uma queda da concentração de lipídios no músculo vermelho na fase de maturação avançada e regressão (P= 0,012), sugerindo uma contribuição deste tecido no processo de mobilização de lipídios para as gônadas (Tab.5). Alternativamente, pode-se ainda considerar que, estando estes animais em um ambiente onde certamente os movimentos natatórios são mais intensos, os lipídios da musculatura vermelha podem estar sendo utilizado na movimentação do animal, que é mais

intensa na fase de maturação, devido à migração. Nos ambientes impactados, como os animais são considerados sedentários, não existe esse gasto energético aeróbico ao longo do ciclo reprodutivo e assim a concentração de lipídios na musculatura vermelha não se altera ao longo do ciclo ($P= 0,129$ na barragem e $P= 0,328$ no cativeiro) (Tab. 5).

Por conta dessa atividade natatória, observa-se também que na fase de repouso, os animais do rio acumulam mais lipídios na musculatura vermelha ($P = 0,002$) do que os animais dos ambientes impactados (Tab.5).

Considerando-se a concentração de proteínas na musculatura vermelha observa-se claramente na tabela 5 que esse substrato não se altera ao longo do ciclo reprodutivo, evidenciando que não ocorre a mobilização de proteínas da musculatura vermelha para as gônadas em desenvolvimento.

No entanto, ao serem comparados os animais nos diferentes ambientes fica claro que os animais do rio armazenam mais proteínas na musculatura vermelha do que os animais confinados, tanto na fase de repouso ($P = 0,011$) quanto de regressão gonadal ($P = 0,002$). Essa maior concentração pode estar ligada a diversos fatores. Em primeiro lugar deve-se levar em conta as condições nutricionais, pois sendo a tabarana um peixe carnívoro, ictiófago, a disponibilidade de proteína animal no ambiente natural é certamente mais elevada do que nos ambientes impactados. Como já foi relatado, no cativeiro, a dieta fornecida aos animais é balanceada, fornecendo uma alta porcentagem de proteína aos animais (%), mas como estudos nutricionais para essa espécie são ausentes, não se conhece a exigência protéica da tabarana, que provavelmente é maior do que os 40% presentes na ração comercial.

Esse fato também pode ser sugerido quando se observam os dados da tabela 4, que como já foi discutido, também na musculatura branca, os animais de cativeiro, em todas as fases do ciclo reprodutivo apresentam menor deposição protéica.

Tabela 5 – Concentração de lipídios e proteínas totais no músculo vermelho (mg/g) (média \pm erro padrão)

Ambiente	Repouso	Maturação Avançada	Regressão
Lipídios Totais			
Rio	121,8 ± 12,77 ^{a*}	56,7 ± 16,08 ^{**}	53,9 ± 12,78 ^{**}
Barragem	26,4 ± 1,48 ^b	71,4 ± 15,49	
Cativeiro	55,33 ± 9,78	68,6 ± 5,34	66,1 ± 5,43
Proteínas Totais			
Rio	117,8 ± 4,00 ^a	97,5 ± 12,92	124,7 ± 3,64 ^a
Barragem	65,5 ± 18,0 ^b	92,8 ± 13,58	
Cativeiro	86,4 ± 6,25 ^b	92,9 ± 3,6	87,7 ± 5,82 ^b

^{ab} Letras diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo estádio e ambientes diferentes

* Símbolos diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo ambiente e estádios diferentes

Como não houve variação na concentração de proteínas na musculatura vermelha ao longo do ciclo reprodutivo em nenhum dos ambientes, fica claro que neste tecido a proteína esta exclusivamente envolvida nos processos natatórios. Sendo a proteína um substrato utilizado exclusivamente no metabolismo aeróbico, sugere-se que no ambiente natural os animais tendem a utilizá-lo de forma muito mais intensa, e desta forma o “turnover” é mais acelerado quando comparado com os animais de cativeiro.

Esta constatação pode ser comprovada quando são analisadas as concentrações de proteínas plasmáticas na tabela 6. Os dados mostram que em todas as fases do ciclo reprodutivo a concentração de proteínas plasmáticas nos animais do rio são maiores que nos animais dos ambientes impactados.

Apesar destas alterações relacionadas com o ambiente, os dados da tabela 6 demonstram que não existem variações na concentração das proteínas plasmáticas em relação ao ciclo reprodutivo em nenhum dos ambientes analisados.

Como já citado anteriormente, na fase de maturação avançada os peixes normalmente não se alimentam e durante a migração funcionam como um sistema fechado. Nesta fase, todos os tecidos corpóreos são sustentados por reservas que foram armazenadas no período pré-migração. No caso da proteína, a deposição que foi observada no ovário ocorre devido a um acúmulo de vitelogenina sintetizada pelo fígado e a ausência de variações plasmáticas deste substrato demonstra um processo de mobilização hepática e deposição ovariana intensa

de proteínas. No rio, os dados da tabela 6 mostram que existe uma clara tendência a um aumento da concentração de proteínas plasmáticas na fase de maturação avançada, mas esta diferença não foi estatisticamente significativa.

Em *Parophrys vetulis* houve um aumento das proteínas plasmáticas na fase de desova e pós-desova (JOHNSON *et al.*, 1991) e o mesmo foi observado na espécie congênica à tabarana *Salminus brasiliensis* (MOREIRA *et al.*, 2002).

Considerando-se a concentração plasmática de lipídios totais, os dados da tabela 6 demonstram que alterações ao longo do ciclo reprodutivo foram observadas nos animais do ambiente natural e do cativeiro. Nestes animais, o avanço da maturação veio acompanhado por uma queda dos lipídios plasmáticos, seguida por uma elevação na fase de regressão gonadal ($P < 0,001$).

Tabela 6 – Concentração de lipídios totais plasmáticos (mg/dL) (média \pm erro padrão)

Ambiente	Repouso	Maturação Avançada	Regressão
Lipídios Totais			
Rio	1130,7 \pm 104,65*	794,9 \pm 156,36**	1224,7 \pm 147,74*
Barragem	911,3 \pm 40,89 ^a	962,5 \pm 35,27	
Cativeiro	1248,5 \pm 75,65 ^{b*}	952,5 \pm 36,69**	1310,6 \pm 17,09*
Proteínas Totais			
Rio	32,5 \pm 1,92 ^a	40,3 \pm 7,54 ^a	37,9 \pm 2,92 ^a
Barragem	24,2 \pm 1,06 ^b	27,8 \pm 3,30	
Cativeiro	18,5 \pm 1,35 ^b	19,6 \pm 0,75 ^b	19,9 \pm 0,68 ^b

^{ab} Letras diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo estágio e ambientes diferentes

* Símbolos diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo ambiente e estágios diferentes

Para que sejam entendidas as variações dos lipídios totais plasmáticos é importante analisar o comportamento das principais classes de lipídios, como os triglicérides, o colesterol e os ácidos graxos livres, ou seja, os não esterificados.

A análise dos triglicérides plasmáticos mostra que o impedimento da migração não altera a concentração plasmática deste substrato (Tab. 7). A única alteração observada nesse

parâmetro foi um aumento da sua circulação nas fêmeas na fase de maturação avançada no cativeiro ($P = 0,002$).

As análises de triglicerídeos para algumas espécies de salmão demonstram uma queda de 6 vezes da concentração da fase de pré-desova para a fase de migração (MAGNONI *et al.*, 2006). No entanto estes autores sugerem claramente que, como o perfil de triglicerídeos foi analisado apenas em espécies anádromas, fica difícil concluir se as alterações na concentração de triglicérides está associada ao jejum que ocorre durante à migração ou ao estresse osmótico que os animais sofrem ao entrar na água doce. Neste caso, o estresse osmótico levaria a uma diminuição na alimentação o que contribuiria para a queda na concentração de triglicérides. No caso da tabarana, como a migração não está associada a estresse osmótico, o jejum durante a fase de migração talvez não ocorra de forma tão intensa como nos salmonídeos anádromos, não alterando assim a concentração de triglicérides plasmáticos.

No cativeiro fica evidente inclusive um aumento da concentração de triglicérides plasmáticos na fase de maturação avançada ($P = 0,002$), que corresponderia à fase de jejum dos salmonídeos. É importante também destacar que a fase de maturação avançada na tabarana corresponde com o período de temperaturas mais elevadas, quando certamente os animais se alimentam mais.

Tabela 7 – Concentração de triglicérides plasmáticos (mg/dL) (média \pm erro padrão)

Ambiente	Repouso	Maturação Avançada	Regressão
Rio	232,9 \pm 56,75	351,6 \pm 69,15	194,7 \pm 27,61
Barragem	168,7 \pm 8,53	272,5 \pm 40,76	
Cativeiro	135,5 \pm 5,99*	373,2 \pm 33,53**	152,6 \pm 9,36*

^{ab} Letras diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo estádio e ambientes diferentes

* Símbolos diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo ambiente e estádios diferentes

Os triglicérides representam a principal fonte de armazenamento de lipídios nos organismos animais. Quando a exigência energética é maior que o consumo, os triglicérides dos tecidos (principalmente do tecido adiposo) são quebrados pela ação da enzima triacilglicerol lípase em moléculas de ácidos graxos livres e glicerol. O excesso de ácidos graxos circulantes pode ser novamente esterificado em triglicérides ou em fosfolipídios que

formarão as membranas celulares (SCHMIDT- NIELSEN, 2002). Devido à sua natureza hidrofóbica, os triglicérides são transportados no plasma pelas lipoproteínas que mostram grandes alterações nos estudos de migração com salmonídeos (MAGNONI *et al.*, 2006).

Os lipídios circulam no plasma como ácidos graxos livres ou como triglicérides, associados aos fosfolipídios e colesterol nas moléculas complexas conhecidas como lipoproteínas.

No presente trabalho foi analisada a concentração de ácidos graxos livres plasmáticos e os dados estão apresentados na tabela 8. Os resultados demonstram claramente que não existem alterações na concentração dos ácidos graxos ao longo do ciclo reprodutivo em nenhum dos ambientes analisados.

Por outro lado, esses dados demonstram que o confinamento no cativeiro causa um aumento na concentração de ácidos graxos livres nos animais em todas as fases do ciclo reprodutivo. Esse resultado pode levantar algumas hipóteses com relação às alterações no processo de mobilização lipídica no ambiente confinado, que pode estar relacionado com a locomoção e/ou nutrição.

A maior concentração de ácidos graxos plasmáticos pode ser devido a uma alta mobilização ou baixa utilização. No primeiro caso, a elevação dos ácidos graxos livres pode estar relacionada ao fornecimento de uma ração não adequada com relação ao conteúdo lipídico e desta forma, ao longo de todo o ciclo reprodutivo, o animal precisa mobilizar os ácidos graxos de suas reservas (armazenadas como triglicérides) para que sejam oxidados e consequentemente produzam a energia necessária para o organismo.

No segundo caso a elevação pode estar relacionada a uma baixa atividade natatória dos animais, que não necessitam de um suplemento energético para a musculatura, e assim não utilizam os ácidos graxos livres do plasma. No salmão do Atlântico foi observado que ocorre um aumento na concentração de ácidos graxos livres plasmáticos quando os animais entram no ambiente de água doce, sugerindo a utilização destes ácidos graxos para suportar os custos de locomoção e desenvolvimento gonadal (BOOTH *et al.*, 1999). Dessa forma, o comportamento sedentário preveniria a utilização desses ácidos graxos, mantendo-os elevados no plasma.

Por outro lado, segundo Babin & Vernier (1989) os ácidos graxos livres representam uma pequena fração dos lipídios totais plasmáticos e desta forma a natação prolongada não alteraria a taxa de “turnover” desses ácidos graxos, como foi observado na truta arco-íris (BERNARD *et al.*, 1999).

Estes dados suportam a hipótese de que ao invés dos ácidos graxos livres, as lipoproteínas estariam principalmente envolvidas no desenvolvimento gonadal, o que foi confirmado por Magnoni *et al.*, (2006), que observaram que em *Oncorhynchus nerka* as lipoproteínas representam cerca de 93% dos lipídios circulantes e que essas lipoproteínas diminuem drasticamente na fase de maturação.

Outro ponto importante nesta análise é que o desenvolvimento gonadal é responsável pela utilização de apenas cerca de 6% dos lipídios circulantes e 94% estaria sendo utilizado na locomoção dos animais (BRETT, 1973). Esse fato corrobora o resultado do presente trabalho, pois no ambiente onde esta locomoção não é necessária (cativeiro) a concentração de ácidos graxos livres é maior em todas as fases do ciclo reprodutivo.

Outro ponto importante levantado por Booth *et al.*, (1999) é que quando os animais utilizam os ácidos graxos livres como fonte de energia, ocorre uma redução do consumo das proteínas musculares, auxiliando a manutenção da integridade das proteínas musculares, necessárias para a natação. Esse fato ocorre no presente trabalho, pois a baixa concentração de ácidos graxos livres plasmáticos nos animais do rio coincide exatamente com a maior deposição de proteínas na musculatura branca e vermelha (Tabs. 4 e 5).

Tabela 8 – Concentração de ácidos graxos livres (mg/dL) (média \pm erro padrão)

Ambiente	Repouso	Maturação Avançada	Regressão
Rio	6,5 \pm 0,93 ^a	5,6 \pm 0,81 ^a	8,4 \pm 1,21 ^a
Barragem	8,6 \pm 1,05 ^a	6,4 \pm 0,58 ^a	
Cativeiro	11,3 \pm 0,50 ^b	11,8 \pm 1,09 ^b	11,7 \pm 0,64 ^b

^{ab} Letras diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo estádio e ambientes diferentes

* Símbolos diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo ambiente e estádios diferentes

Um outro ponto importante a ser levantado com relação à concentração de ácidos graxos livres é o fato de que o confinamento dos animais gera um quadro de estresse fisiológico, que já foi descrito para uma grande quantidade de espécies (WENDELAAR BONGA, 1997). Esse estresse é causado por vários fatores, como confinamento, manejo,

deficiência alimentar, ou seja, condições que são adversas àquelas encontradas no ambiente natural.

As respostas fisiológicas ao estresse são acompanhadas por um aumento na síntese de catecolaminas e de cortisol, o que já é bem conhecido na maioria dos vertebrados. O cortisol apresenta uma série de ações, dentre elas a quebra de substratos energéticos, como a glicogenólise e a lipogenólise. No caso desta última ação, o cortisol potencializa a ação da enzima triacilglicerol lipase (já descrita anteriormente), aumentando assim a quebra dos triglicérides armazenados nos tecidos de reserva e liberando os ácidos graxos livres no plasma. Esse mecanismo pode também explicar a maior concentração de ácidos graxos livres nos animais do cativeiro, que se mantém ao longo de todo o ciclo reprodutivo.

Um trabalho paralelo vem determinando também o perfil dos ácidos graxos presentes nos tecidos de reserva da tabarana. Essa determinação vai demonstrar se o confinamento e a alteração da cadeia trófica alteram os ácidos graxos que são normalmente mobilizados para os tecidos de reserva e principalmente para os ovários, visto que o perfil dos ácidos graxos depositados nos ovários reflete a reserva vitelínica das larvas.

Além das análises já mencionadas, foi considerado como importante também a determinação da concentração de colesterol plasmático. Os dados estão apresentados na tabela 9 e mostram que no ambiente natural e na barragem não ocorrem alterações na concentração de colesterol ao longo do ciclo reprodutivo. No entanto, no cativeiro, os animais apresentam uma queda na concentração de colesterol plasmático na fase de maturação avançada, que é restabelecida no período de regressão gonadal ($P = 0,018$). Essa queda na concentração de colesterol no ambiente confinado é observada em todas as fases do ciclo reprodutivo quando as fêmeas são comparadas com aquelas capturadas no ambiente natural (Tab. 9).

Esses dados demonstram que no cativeiro ocorre uma deficiência no consumo de colesterol, o que novamente deve ocorrer devido à dieta diferenciada dos animais nos diferentes ambientes. O colesterol é uma molécula presente principalmente nas membranas celulares e é exclusivo de organismos animais. No rio e na barragem a alimentação das tabaranas é quase que exclusivamente baseada em peixes, já no cativeiro, a ração utilizada conta na sua composição com fontes de origem animal (farinha de peixe) e vegetal (soja, milho e trigo). Devido ao alto custo da farinha de peixe, normalmente as fábricas de rações empregam principalmente o farelo de soja como componente da ração, o que fornece uma alta porcentagem de proteína da ração. A farinha de peixe tem uma participação muito pequena nas rações comerciais, e isso pode ser evidenciado nos resultados do presente trabalho.

Essa deficiência certamente é responsável pela queda na concentração plasmática de colesterol que ocorre na fase de maturação avançada nos animais de cativeiro, pois nessa fase é necessário um aporte de colesterol nas camadas foliculares dos oócitos, para a esteroidogênese.

O colesterol é a molécula precursora da síntese de todos os hormônios esteróides. Na fase de vitelogênese, via modulação hipotalâmica, o hormônio folículo estimulante (FSH) é secretado pela hipófise e estimula a conversão do colesterol presente nas camadas foliculares dos oócitos em estradiol. O estradiol estimula a síntese hepática de vitelogenina que é incorporada nos oócitos e responsável pela vitelogênese (ROCHA & ROCHA, 2006). Desta forma, o papel do colesterol no ciclo reprodutivo dos peixes é de grande importância, corroborando os resultados encontrados no presente projeto. No ambiente natural e na barragem, como o aporte de colesterol certamente não é limitado, não é necessário o recrutamento plasmático na fase reprodutiva.

Tabela 9 – Concentração de colesterol plasmático (mg/dL) (média ± erro padrão)

Ambiente	Repouso	Maturação Avançada	Regressão
Rio	385,7 ± 34,17 ^a	310,6 ± 47,67 ^a	368,2 ± 34,19 ^a
Barragem	352,3 ± 5,18	278,3 ± 29,36 ^a	
Cativeiro	183,2 ± 11,56 ^{b*}	159,65 ± 3,89 ^{b**}	189,0 ± 6,17 ^{b*}

^{ab} Letras diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo estádio e ambientes diferentes

* Símbolos diferentes significam valores estatisticamente diferentes dentro de um mesmo ambiente e estádios diferentes

Estudos já realizados com espécies migratórias como *Coregonus clupeaformis* (LAMBERT & DODSON, 1990), *Clupeaformis artedii* (LAMBERT & DODSON, 1990), e *Salmo salar* (JONSSON *et al.*, 1997) demonstraram que lipídios e proteínas são os substratos mais prontamente disponíveis nos tecidos dos peixes. E, em salmonídeos sabe-se que os lipídios são utilizados preferencialmente em relação às proteínas nos movimentos migratórios (JONSSON *et al.*, 1997). Deve-se lembrar que a maioria dos peixes, principalmente as

espécies carnívoras apresentam dificuldades na utilização de glicose como fonte energética (MOON, 2001) e desta forma, lipídios e proteínas serão sempre as fontes preferenciais.

Shanghavi & Weber (1999) sugerem que a glicose não é um combustível importante para a locomoção na truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Realizando-se análises com animais antes e após o exercício, com amostras de fígado e musculatura branca foi observado que durante a natação sustentada, não houve estímulo para liberação de glicose hepática, porém houve um decréscimo significativo para os níveis de glicogênio, porém ao comparar os animais antes e após o exercício, não foi encontrada diferença estatística significativa, sugerindo que este não é um substrato metabólico importante para os processos aeróbicos de produção energética.

Na tabarana, um trabalho paralelo (RODRIGUES, 2006-com. pessoal) vem demonstrando que o glicogênio muscular realmente não se altera ao longo do ciclo reprodutivo e nem mesmo sofre alterações com o confinamento. Porém no fígado, observa-se uma maior deposição de glicogênio hepático nos animais sedentários, demonstrando certamente que os animais do trecho livre do rio utilizam esse substrato como fonte energética para realizar a migração reprodutiva, mobilizando o glicogênio hepático (glicogenólise) para utilização nos tecidos periféricos, sendo as moléculas de glicogênio quebradas em glicose-6-fosfato (RANDALL *et al.*, 2000).

De uma forma geral considerando-se os dados de lipídios totais e suas classes nos diferentes ambientes, fica claro que no ambiente natural e no cativeiro, a queda de lipídios totais plasmáticos ocorre na fase de maturação devido à incorporação desse substrato nos ovários. No ambiente natural, fica evidenciado que o fígado aumenta a síntese desse substrato com o avanço da maturação e que tanto a musculatura branca quanto a vermelha mobilizam lipídios para os ovários.

No cativeiro, a síntese de lipídios hepáticos também se intensifica, no entanto não ocorre mobilização muscular desses lipídios, muito provavelmente devido ao contínuo fornecimento de ração, que impede que neste ambiente, as fêmeas comportem-se metabolicamente como um sistema fechado. Em resumo, nenhuma mobilização precisa ser realizada, pois o aporte energético continua mesmo na fase de maturação.

Considerando-se a concentração de colesterol, fica evidente que a porcentagem de lipídios de origem animal na ração é insuficiente para manter o aporte adequado de colesterol para a síntese dos esteróides nos ovários e desta forma, na fase de maturação avançada,

quando a esteroidogênese gonadal é mais intensa, ocorre uma queda de colesterol plasmático, devido a uma possível mobilização para os ovários. No rio e na barragem onde a base alimentar dos animais é composta por peixes, essa variação não ocorre.

Outro ponto importante a ser abordado é que na tabarana, a fase de jejum que normalmente ocorre nos salmonídeos no período de migração (HOCHACHKA & SOMERO, 2002), não ocorre de forma tão pronunciada, haja vista a manutenção das concentrações plasmáticas de triglicérides ao longo do período reprodutivo no ambiente natural.

Com relação à deposição de proteína nas gônadas, que ocorre na fase de maturação tanto no rio quanto no cativeiro, existe uma maior deposição nos animais confinados, possivelmente devido a uma maior mobilização hepática, pois o fígado dos animais em cativeiro apresenta menor concentração de proteína hepática nas fases de repouso e regressão do ciclo reprodutivo.

Sugere-se que no caso de reprodutores, mesmo a oferta de rações balanceadas não consegue reproduzir no animal os perfis de substratos energéticos que esses encontrariam no ambiente natural. Características como perfil protéico e energético da dieta certamente estão alterando a dinâmica metabólica dos animais. Adicionalmente, o sedentarismo no cativeiro e em locais próximos à barragem interferem na mobilização de substratos e acúmulo destes em alguns locais de armazenamento, como nas gônadas por exemplo.

De uma forma geral, os ovários das fêmeas em cativeiro depositam uma menor quantidade de lipídios na fase de maturação avançada quando comparadas com os animais do ambiente natural, focando principalmente na deposição de proteínas. Ao serem impedidas de migrar, essa proteína hepática é catabolizada e os aminoácidos resultantes são convertidos em lipídios plasmáticos e/ou, via gliconeogênese, convertidos em glicogênio e armazenados no fígado.

Já na barragem, existe uma produção insuficiente de proteínas hepáticas que reflete em um deficiente acúmulo nos ovários em maturação e diferentemente dos demais ambientes, a fase reprodutiva é acompanhada por uma maior deposição de proteínas na musculatura esquelética.

É de grande importância ressaltar que foi inesperada a captura de fêmeas no ambiente do rio, no estágio de regressão, pois em um trecho de livre migração, esperava-se encontrar os animais desovados, ou seja, com folículos ovarianos vazios. Essa constatação leva a concluir,

que mesmo nesse ambiente, já existe um grau de impacto que está levando os animais a, por algum motivo, reabsorver os seus oócitos vitelogênicos, ao invés de eliminá-los.

De uma forma geral, apesar do baixo tamanho amostral dos animais nos ambientes de rio e barragem, o presente trabalho se torna um passo inicial para demonstrar que em ambientes impactados as fêmeas de espécies com estratégia reprodutiva do tipo sincrônico em grupo sofrem alterações metabólicas que certamente contribuem para o insucesso reprodutivo. Esse é o primeiro trabalho que aborda as diferenças de deposição de substratos energéticos em espécies nativas de peixes quando impedidas de migrar e é um passo importante para demonstrar o impacto que as ações antrópicas podem causar na área de conservação e biodiversidade.

Sem dúvida essas análises devem ser ampliadas para um número maior de espécies nativas da fauna íctica, principalmente aquelas que sejam representativas das bacias hidrográficas em que os reservatórios estão presentes. A presença de reservatórios é uma realidade inquestionável no Brasil e a necessidade desses reservatórios para armazenamento de água e/ou geração de energia elétrica é imprescindível no atual grau de desenvolvimento e ocupação do país. No entanto, deve-se deixar bem claro, com trabalhos nas áreas de fisiologia, ecologia, biologia populacional, e outros, que o impacto do represamento existe e que formas de mitigar esse impacto devem ser sempre reavaliadas.

Os resultados obtidos permitem concluir que existem alterações no perfil metabólico da tabarana (*Salminus hilarii*) ao longo do ciclo reprodutivo nos três ambientes até aqui estudados. Adicionalmente, pode-se observar que o impedimento de migração acarreta alterações nos processos de deposição de substratos nas gônadas, possivelmente devido ao hábito sedentário somado à alimentação disponível em cativeiro.

5 SUGESTÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que o avanço da maturação vem acompanhado de um aumento da massa do ovário devido a maior deposição de lipídios no ambiente natural. Ainda nesse ambiente, o fígado aumenta a síntese de lipídios com o avanço da maturação e tanto a musculatura branca quanto a vermelha mobilizam lipídios para os ovários.

Já nos ambientes confinados, a deposição de substratos protéicos e lipídicos nos ovários, na fase de maturação avançada é prejudicada. No cativeiro, a síntese de lipídios hepáticos também se intensifica, mas nenhuma mobilização precisa ser realizada, pois o aporte energético (dieta) continua mesmo na fase de maturação.

Observa-se ainda que no cativeiro, a proteína depositada nos ovários durante a fase de maturação avançada é catabolizada na fase de regressão, mas os aminoácidos não são reciclados, mas sim transformados em glicogênio hepático e/ou lipídio plasmático.

Desta forma, conclui-se que a alteração da cadeia trófica associada ao sedentarismo alteram os processos de deposição e mobilização de substratos energéticos em *S. hilarii* contribuindo para o insucesso na reprodução.

REFERÊNCIAS

ABDEL-AZIZ, S.H., EL-NADY, F.S. Lipid dynamics in the common torpedo, *Torpedo torpedo*, from the south eastern Mediterranean. **Journal of Fish Biology**, v.43, p.155-162.

ADAMS, S.M. Ecological role of lipids in the health and success of fish populations. In: ARTS, M.T., WAINMAN, B.C. **Lipids in freshwater ecosystem**. New York: Springer-Verlag, p.132-160, 1999.

AGOSTINHO, A. A., MIRANDA, L.E., BINI, L. M., GOMES, L.C., THOMAZ, S. M., SUZUKI, H. I. . Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: José Galizia Tundisi; Milan Straskraba. (Org.). **Theoretical Reservoir Ecology and its applications**. São Carlos-SP: IIE/Backhuys Publishers/Brazilian Academy of Sciences, 1999, p. 227-265.

AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C. O manejo da pesca em reservatórios da Bacia do Alto Paraná: Avaliação e Perspectivas, São Paulo. . In: NOGUEIRA, M.G., HENRY, R., JORCIN, A. **Ecologia de Reservatórios: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata**. São Carlos: RiMA, 2005, p.417-434.

AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C. SUZUKI, H.I., JÚLIO, H.F. Migratory fish from the upper Paraná River Basin, Brazil. In CAROLSFELD, J., HARVEY, B., ROSS, C., BAER, A., ROSS, C (eds). **Migratory Fishes of South America: Biology, Social Importance and Conservation Status**. World Fisheries Trust, The World Bank and the International Development Research Centre, Victoria, p. 19-99, 2003.

AMARAL, J.S., MELO, R.G., HONJI, R.M., HISLDORF, A.W., MOREIRA, R.G. Effects of migration on the pituitary-gonad axis in *Salminus hilarii*. In: **7th International Congresso of Comparative Physiology and Biochemistry**, 2007, Salvador /BA, 2007.

ANDO, S., HATANO, M., ZAMA, K. Deterioration of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) muscle during spawning migration. I. Changes in proximate composition of chum salmon muscle during spawning migration. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 80B, p. 303-307, 1985.

ANDRADE, D.R., GODINHO, A.L., GODINHO, H.P., SHIMODA, E. Biologia reprodutiva da tabarana *Salminus hilarii* (Osteichthyes, Characidae) na represa de Três Marias. **R. bras. Ci. Vet.**, v. 11, n. 3, p. 123-128, 2004.

BABIN, P.J., VERNIER, J.M.. Plasma lipoproteins in fish. **J. of Lipid Research**, v. 30, p.467-489,1989.

BAILEY, R.E.. The effect of estradiol on serum calcium, phosphorus, and protein of goldfish. **Journal of Experimental Zoology**, v.136, p.455-469, 1957.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: UFSM, 2002. 212p.

BERNARD, S.F., REIDY, S.P., ZWINGELSTEIN, G., WEBER, J.M. Glycerol and fatty acid kinetics in rainbow trout: effects of endurance swimming. **Journal of Experimental Biology**, v. 202, p.279-288, 1999.

BOOTH, R.K., MCKINLEY, R.S., BALLANTYNE, J.S. Plasma non-esterified fatty acid profiles in wild Atlantic salmon during their freshwater migration and spawning. **Journal of Fish Biology**, v.55, p. 260-273, 1999.

BRASIL. **Instrução Normativa n. 5, de 21 de Maio de 2004**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Ministério do Meio Ambiente, p.136-142, 2004.

BRETT, J.R. Energy expenditure of sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, during sustained performance. **J. Fis.Res.Board Can.**, v. 30, p.1799-1809.

DABROWSKI, K.R. Seasonal changes in the chemical composition of fish body and nutritional value of the muscle of the pollan (*coregonus pollan* Thompson) from Lough Neagh, Northern Ireland. **Hydrobiologia**, v.87, p.121-141, 1982.

DAWSON, A.S., GRIMM, A.S. Quantitative seasonal changes in the protein, lipid and energy content of the carcass, ovaries and liver of adult female plaice, *Pleuronectes platessa* L. **Journal of Fish Biology**, v.16, p. 493-504, 1980.

EL-SAYED, M.M., EZZAT, A.A., KANDEEL, K.M., SHABAN, F.A. Biochemical studies on the lipid content of *Tilapia nilotica* and *Sparus auratus*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 79B, n.4, p.589-594, 1984.

FOLCH, J., LESS, M., SLOANE-STANLEY, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. Biol. Chem.**, v. 226, p. 496-503, 1957.

FRINGS, C.S., FENDLY, T.W., DUNN, R.T., QUENN, C.A. Improved determination of total lipids by the sulpho-phospho-vanilin reaction. **Clin. Chem.**, v.18, p.673-674, 1972.

FROESE, R., PAULY, D.. Editors. **FishBase**. World Wide Web electronic publication. Disponível em: www.fishbase.org, acesso em: 2006.

GODOY, M.P. **Peixes do Brasil** – subordem Characoidei. Bacia do Rio Mogi-Guaçu. Piracicaba: Ed.Franciscana, 1975.

HENDERSON, R.J., TOCHER, D.R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. **Prog.Lipid Research**, v. 26, p. 281-347, 1987.

HILDEBRAND, S.G., BELL, M.C., RICHEY, E.P. and ANDERSON, J.J. **Analysis of environmental tissues related to small-scale hydroelectric development II: Design and consideration for passing fish upstream around dams**. ORNT/TM-736. Environmental Services Division, OAK Ridge National Laboratory, 1980, 78p.

HINCH, S.G., STANDEN, E.M., HAELEY, M.C., FARRELL, A.P. Swimming patterns and behaviour of upriver-migration adult pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and sockeye (*O. nerka*) salmon as assessed by EMG telemetry in the Fraser River, British Columbia, Canada. **Hydrobiologia**, v.483, p. 147-160, 2002.

HOCHACHKA, P. W., SOMERO, G.M. **Biochemical Adaptation Mechanism and process in physiological evolution**. New York: Oxford University Press, 466p., 2002.

HONJI, R. M., BORELLA, M.I., MOREIRA, R. G. **Caracterização do desenvolvimento oocitário da tabarana *Salminus hilarii* Valenciennes, 1850 da Bacia do Alto Tietê, São Paulo, SP**. In: XXII Congresso Brasileiro de Anatomia/XXVII Congresso Chileno de Anatomía/VIII Congresso de Anatomía del Cono Sur, 2006, Florianópolis/SC, 2006.

JOHNSON, L.L., CASILLAS, E., MYERS, M.S., RHODES, L.D., OLSON, O.P. Patterns of oocyte development and related changes in plasma 17beta estradiol, vitellogenin, and plasma chemistry in English sole *Parophrys vetulus* Girard. **Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 152, p. 161-185, 1991.

JONSSON, N.B., JONSSON, B., HANSEN, L.P. Changes in proximate composition and estimates of energetic costs during upstream migration and spawning in Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Journal of Animal Ecology**, v. 66, p. 425-436.

LAM, T. J. Environmental influence on gonadal activity in fish. In: HOAR, W. S., RANDALL, D.J. (ED) **Fish Physiology**. New York: Academic Press, 1983.

LAMBERT, Y., DODSON, J.J. Freshwater migration as a determinant factor in the somatic cost of reproduction of two anadromous coregonines of James Bay. **Can. J. Fish. Aquat.Sci.**, v. 47, p.318-334, 1990.

LANGGANI, F. **A ictiofauna do alto curso do rio Tietê (SP): taxonomia**. Dissertação de Mestrado, USP. São Paulo, 231 p., 1989.

LIMA, R.L.V.A. Tecido germinativo ovariano e ciclo reprodutivo de pacus (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) mantidos em cativeiro. **Bol. Téc. CEPTA**, v. 4, n.1, p. 1-46, 1991.

LIMA, R.L.V.A., VAL-SELLA, M.V., TORQUATO, V.C. Organização e desenvolvimento das gônadas do dourado (*Salminus maxillosus* Val) durante o ciclo reprodutivo. **Bolm.Fisiol.Animal.USP**, v. 10, p. 139-154, 1986.

LOBO, A.V.P. **Avaliação da comunidade de peixes de riachos em um mosaico de condições ambientais na Bacia do Rio Paraitinga (Alto Tietê)**, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de Mogi das Cruzes, São Paulo, 2006.

LOVE, R. M. **Chemical Biology of Fishes**. London: Academic Press. 1980, 943p.

LOWRY, O.H., ROSENBROUGH, N.J., FARR, A, L., RANDALL, R.J. **Protein measurement with the Folin phenol reagent**. **J. Biol. Chem.**, v. 193, p.265-275, 1951.

LUCAS, M.C., BARAS, E. **Migration of Freshwater Fishes**. Blackwell Science, 2001, 420p.

MAGNONI, L.J., PATTERSON, D.A., FARRELL, A.P., WEBER, J.M. Effects of long-distance migration on circulating lipids of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v.63, p. 1822-1829, 2006.

MARTIN, N.B., HOULIHAN, D.F., TALBOT, C., PALMER, R.M. Protein metabolism during sexual maturation in female Atlantic salmon (*Salmo salar* L). **Fish Physiology ad Biochemistry**, v. 12, n.2, p. 131-141, 1993.

MEFFE, G.K, SNELSON, J.F.F. Annual lipid cycle in eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*, Poeciliidae) from South Carolina. **Copeia**, v,3, p.596-604, 1993.

MELO, R.G. **Caracterização da expressão do RNAm das gonadotropinas das gonadotropinas de *Salminus hilarii* (Characiformes: Characidae) ao longo do ciclo reprodutivo: Efeitos do Bloqueio Reprodutivo.** Dissertação. Mestrado. Universidade de Mogi das Cruzes, 60p.

MERAYO, C.R. Seasonal changes in the biochemical composition of the muscle and liver of bib (*Trisopterus luscus* L) from the Catabrian Sea (N Spain). **Scientia Marina**, v.60, n.4, p.489-495, 1996.

MILLIGAN, C.L. and GIRARD, S. S. Lactate metabolism in rainbow trout. **J. Exp. Biol.** V. 180, p.175-193, 1993.

MOMMSEN, T.P., FRENCH, C.J., HOCHACHKA, P.W. Sites and patterns of protein and amino acid utilization during the spawning migration of salmon. **Can. J. Zool.**, v.58, p. 1785-1799.

MONN, T.W. Glucose intolerance in teleost fish: factor or fiction? **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 129B, p.243-249, 2001.

MOREIRA, R.G., VENTURIERI, R.L.L. and MIMURA, O. M. Lipid alteration in the liver and plasma of the migratory teleost *Salminus maxillosus* during the reproductive cycle. **J. Aquac. Trop.**, v.17, p. 209-219, 2002.

MÛÑOZ & HERRERA, 1959.

NAKATANI, K., AGOSTINHO, A.A., BAUMGARTNER, G., BIALETZKI, A., SANCHES, P.V., MAKRAKIS, M.C., PAVANELLI, C. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação.** Maringá: EDUEM, 2001, 378p.

NASSOUR, I., LEGER, C.L. Deposition and mobilisation of body fat during sexual maturation in female trout (*Salmo gairdneri*). **Aquatic Living Resources**, v.2, n.3, p. 153-159, 1989.

NELSON, D.L, COX, M.M. **Lehninger**: Princípios de Bioquímica. Sarvier, 2006, 1232 p.

NELSON, J.S. **Fishes of the world**. 3 ed, John Wiley & Sons, 1994. 600 p.

PARRISH, C.C. Determination of total lipid, lipid classes and fatty acids in aquatic samples. In: ARTS, M.T., WAINMAN, B.C. **Lipids in freshwater ecosystem**. New York: Springer-Verlag, p. 4-12, 1999.

PNMA. **Proteção e Conservação dos Mananciais de Abastecimento da Região Metropolitana do Estado de São Paulo – Alto Tietê – Cabeceiras e Alto Juquiá**. PNMA – SP-01/2001. Governo do Estado de São Paulo, 2001, 16p.

RANDALL, D., BURGGREN, W., FRENCH, K. **Eckert, fisiologia animal: mecanismos e adaptações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

ROCHA, M. J., ROCHA, E. Morphofunctional aspects of reproduction from synchronous to asynchronous fishes – An overview. 570-624. **In**: REINECKE, M.; ZACCONE, G., KAPPOR, B. G. **Fish Endocrinology**. Science Publishers: 2006. 871p.

SANTOS, H. B.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N.; SATO, Y., MORO, L. Ovarian regression and apoptosis in the South American teleost *Leporinus taeniatus* Lütken (Characiformes, Anostomidae) from the São Francisco Basin. **J. Fish Biol.** 67: 1446-1459, 2005. SENDACZ *et al.*, 2005.

SCHIMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia Animal: Adaptação e Meio Ambiente**. 5. ed. São Paulo: Santos, 2002.

SENDACZ, S., JUNIOR, A.J.M., MERCANTE, C.T., MENEZES, L.C.B., MORAES, J.F. Sistemas em cascata: Concentrações e cargas de nutrientes no Sistema Produtor Alto Tietê, São Paulo. In: NOGUEIRA, M.G., HENRY, R., JORCIN, A. **Ecologia de Reservatórios: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata**. São Carlos: RiMA, 2005, p.417-434.

SHANGHAVI, D. S., WEBER, J. M. Effects of sustained swimming on hepatic glucose production of rainbow trout. **The Journal of Experimental Biology**, v. 202, p. 2161-2166, 1999.

SHERIDAN, M.A. Lipids Dynamics in fish: aspects of absorption, transportation, deposition and mobilization. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 90B, n.4, p. 679-690, 1988.

SHERIDAN, M.A. Regulation of lipid metabolism in poikilothermic vertebrates. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 107, n.4, p.495-508, 1994.

SILVA, F.S.D, MANNA DE DEUS, J.R., HILSDORF, A.W. The upper ichthyofauna of the Tietê River, São Paulo, Brazil: aspects their diversity and conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 15, p. 3569-3577, 2006.

TORLONI, C.E.C., A.R.A., JUNIOR, A.A.C., SANTOS, J.J., GONÇALVES, J.L., GERETO, E.J., CRUZ, J.A., MOREIRA, J.A., SILVA, D.C., DEUS, E.F., FERREIRA, A.S. **Produção pesqueira e composição das capturas em reservatórios sob concessão da CESP nos rios Tietê, Paraná e Grande no período de 1986 a 1991**. Série Produção Pesqueira, 001. São Paulo, CESP, 1993, 73p.

TYLER, C.R., SUMPTER, J.P. Oocyte growth and development in teleosts. **Rev. Fish Biol. and Fish.**, v.6, p. 287-318, 1996.

VAZZOLER, A.E.A.M. **Biologia da Reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá, EDUEM, 169p. 1996.

WENDELAAR BONGA, S.E. The stress response in fish. **Physiol. Rev**, v.77, p. 591-625, 1997.

WIEGAND, M.D. Composition, accumulation and utilization of yolk lipids um teleost fish. **Rev. Fish Biol. Fish.**, v. 6, p.259-286, 1996.

WOOTTON, R.J **Ecology of teleost fishes.** Fish and Fisheries Series 1. New York: Chapman and Hall, 404 p., 1990.

ANEXO A - PROTOCOLOS DAS DETERMINAÇÕES METABÓLICAS

PROTÓCOLOS DAS DETERMINAÇÕES METABÓLICAS

Lipídios Totais

Para os tecidos que necessitam de prévia extração, foi utilizado o método de Folch *et al* (1957) adaptada por Parrish (1999) para amostras de organismos aquáticos. Para fígado, músculo branco e gônadas, 100mg de tecido foram pesados em balança de precisão, com sensibilidade para 0,0001g. Já para músculo vermelho, foram pesados 50 mg de tecido na mesma balança.

Em seguida foi adicionado 2 ml de solução de clorofórmio:metanol (2:1) e 0,5 ml de água, e as amostras foram homogeneizadas em microprocessador Sentry™ modelo Tempest I.Q.², a 25.000 rpm, por 45 segundos. Após a homogeneização, as amostras foram transferidas para tubos de ensaio com tampa de teflon, e os frascos utilizados na extração foram lavados com mais 1 ml de clorofórmio, para evitar perda de lipídios que ficariam retidos nas paredes do frasco. Os tubos com tampa de teflon contendo as amostras homogeneizadas foram centrifugados a 3.000 rpm por 5 minutos. Após a centrifugação, a camada orgânica (inferior) foi removida através da técnica das 2 pipetas. Esta técnica consiste em colocar uma pipeta Pasteur longa dentro de outra curta. Com esta pipeta curta, a camada inferior é retirada e transferida para outro frasco. A pipeta curta foi lavada com clorofórmio, e o processo foi repetido por 3 vezes, para extração total dos lipídios teciduais. Os extratos finais foram transferidos para frascos menores, e as amostras foram evaporadas em estufa por 12 horas a 55°C. Após a evaporação, as amostras foram re-suspendidas em 1 ml de clorofórmio e agitadas em Vórtex por 30 segundos, para re-suspensão completa e posterior dosagem.

Para a determinação dos lipídios totais (Frings *et al.*, 1972) foram pipetados 20ul de plasma ou do extrato já re-suspendido obtido do método de Folch, e no caso das amostras de músculo branco, foi pipetado 100ul, que foram acrescentados a um tubo de ensaio e adicionados de 200 ul de ácido sulfúrico concentrado. Os tubos foram levados a um banho fervente por 10 minutos e em seguida, adicionado 5 ml do reagente de fosfovanilina (vanilina + ácido fosfórico + H₂O destilada). Os tubos foram novamente levados para banho, agora a 37°C, por 15 minutos e em seguida foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro, a 540nm. A quantidade de lipídios totais foi calculada contra uma curva padrão de óleo de fígado de bacalhau (Cod liver oil fatty acid methyl esters, SIGMA).

Ácidos Graxos Livres (AGL)

Para a determinação dos AGL foi utilizado o kit NEFA C (Wako Chemicals USA Inc.), constituído de 2 reagentes (A e B), cada um com uma versão líquida e em pó. Também foi utilizada uma solução tampão, preparada com $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Para o preparo da solução tampão, foi pesado 0,45 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e 0,46 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dissolvidos em 100 ml de água deionizada, e posteriormente seu pH foi ajustado para 6,9.

Para o preparo do reagente A, foi dissolvido o reagente em pó em 10 ml do reagente líquido, e foram acrescentados 13,3 ml da solução tampão. O reagente A é composto por: acyl CoA sintetase + ascorbato oxidase + Coenzima A + ATP + 4-aminoantipirina + tampão fosfato-pH 6,9 + cloreto de magnésio + surfactantes e estabilizantes.

O reagente B em pó foi dissolvido em 20 ml do reagente líquido, e foram acrescentados 33,3 ml da solução tampão. O reagente B é composto por : acyl coenzima A oxidase + peroxidase + 3-metil-N-etil-N-anilina + surfactante

Para esta determinação, foram pipetados 25 ul de plasma em um tubo de ensaio e 350 ul do reagente A, levados ao banho a 37°C por 40 minutos.

Após esta incubação, foram acrescentados 800 ul do reagente B e as amostras foram novamente incubadas no banho a 37°C por 30 minutos e em seguida foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 550nm.

A quantidade de AGL foi calculada contra uma curva padrão com 5 pontos, com a solução padrão fornecido pelo kit (ácido oléico - 1mmol/l).

Colesterol

Os teores de colesterol plasmático foram determinados por método enzimático colorimétrico, utilizando-se “kit” da marca Liquiform Labtest.

Nesta determinação, 10 ul de plasma foram adicionados a um tubo e adicionado 1 ml de um reativo composto por Tampão Tris e Fenol (pH 7,0), Colesterol Esterase, Colesterol Oxidase e Peroxidase. Os tubos foram incubados em banho a 37°C por 10 minutos e em seguida foi lida a absorbância em espectrofotômetro a 500 nm, contra uma curva padrão de solução aquosa de colesterol com concentração de 200 mg/dl.

Triglicérides

Para esta determinação, foi utilizado o kit Triglicérides GPO-ANA Labtest. Para a determinação, 10 μ l de plasma foram adicionados a um tubo e adicionado 1 ml de um reativo composto por Tampão Pipes (pH 6,5), lipoproteína lipase, glicerol quinase, glicerol fosfato oxidase, peroxidase, 4-aminoantipirina, 4-clorofenol, ATP e surfactantes. Os tubos foram incubados em banho a 37⁰C por 10 minutos e em seguida foi lida a absorbância em espectrofotômetro a 540 nm, contra uma curva padrão de solução estabilizada de glicerol, equivalente a 200 mg/dL de trioleína.

Proteínas

A concentração de proteínas totais no plasma foi determinada pelo método de Lowry *et al.*, (1951). O teor protéico dos tecidos foi determinado pela mesma metodologia, após precipitação e solubilização das proteínas totais segundo metodologia de Milligan & Girard (1993). Na determinação de proteínas totais, o plasma foi inicialmente diluído (fator de diluição a ser determinado em experimentos piloto) com água destilada. Em tubos de ensaio foi adicionada mistura reativa (tartarato de sódio e potássio + sulfato de cobre + carbonato de sódio em hidróxido de sódio). Após 10 minutos, foi adicionado o reativo de Folin-Ciocalteau diluído (1:1) e após 30 minutos a absorbância foi lida em espectrofotômetro em um comprimento de onda de 660nm, contra uma curva padrão de albumina sérica bovina (serum bovine albumine, Sigma).

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)