

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE ÁGUA DOCE E PESCA
INTERIOR –PPGBADPI**

**Ecologia do acará-disco (*Symphysodon aequifasciatus*, Pelegrin,
1904) (Perciformes: Cichlidae) em igarapés no lago Amanã,
Amazonas, Brasil**

Alexandre Pucci Hercos

Manaus, Amazonas

Maio, 2014

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE ÁGUA DOCE E PESCA
INTERIOR –PPGBADPI**

**Ecologia do acará-disco (*Symphysodon aequifasciatus*, Pelegrin,
1904) (Perciformes: Cichlidae) em igarapés no lago Amanã,
Amazonas, Brasil**

ORIENTADOR: EFREM JORGE GONDIM FERREIRA, Dr.

Coorientador: Helder Lima de Queiroz, Dr.

Tese apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior.

Manaus, Amazonas

Maio, 2014

H539

Hercos, Alexandre Pucci

Ecologia do acará-disco (*Symphysodon aequifasciatus*, Pelegrin, 1904)
(Perciformes: Cichlidae) em igarapés no lago Amanã, Amazonas, Brasil / Alexandre
Pucci Hercos. --- Manaus: [s.n.], 2014.
xiii, 126f.: il.

Tese (doutorado) --- INPA, Manaus, 2014.

Orientador: Efrem Jorge Godim Ferreira

Coorientador: Helder Lima de Queiroz

Área de concentração: Biologia de Água Doce e Pesca Interior

1.Acará-disco. 2.Symphysodon aequifasciatus. 3. Pesca ornamental. I. Título

CDD 597.74

Sinopse:

Estudou-se aspectos da autoecologia do acará-disco *Symphysodon aequifasciatus*, avaliando a dieta da espécie, determinando sua categoria trófica e mostrando a variação temporal nos itens alimentares consumidos. Os padrões de crescimento foram descritos a partir da análise de marcas depositadas nas escamas, sendo estabelecida uma curva de crescimento através do método de Von Bertalanffy. A biologia reprodutiva foi descrita através da estrutura populacional, época de reprodução, fecundidade e tamanho médio de primeira maturação gonadal. A estrutura genética das populações de *S. aequifasciatus* nos igarapés tributários do lago Amanã foi analisada buscando identificar o número de subpopulações existentes na área, bem como possíveis barreiras geográficas ao fluxo gênico.

Palavras-chaves: 1. Dieta 2. Crescimento 3. Reprodução 4. Genética de populações

*Aos meus pais Valdir e Regina; A minha esposa
Tatiana; Aos meus filhos Maria Flor, João
Gabriel e Analu; E ao grupo de manejadores de
peixes ornamentais do Amanã.*

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – IDSM, pelo aporte financeiro, infraestrutura, equipamentos e logística do trabalho;

Ao Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação – MCT, Petrobras e Darwin Initiative, Defra, UK, pelo aporte financeiro das atividades realizadas durante a pesquisa;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa concedida durante o doutorado;

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior - BADPI, pela estrutura física e institucional;

À Tatiana por sempre me apoiar e incentivar em todos os aspectos, sem dúvida a pessoa mais importante para mim nesta vida.

Aos meus filhos Maria Flor, João Gabriel e Analu por trazerem alegria e incentivo na conclusão deste trabalho;

Aos meus pais Valdir e Regina pelo apoio e oportunidade de chegar até aqui.

Aos meus irmãos Eduardo e Cristina pelo incentivo e por estarem sempre prontos a me ajudar.

Aos meus orientadores Dr. Efreim Ferreira e Dr. Helder Queiroz, pelos ensinamentos, amizade e por estarem sempre prontos para ajudar em todas as questões técnicas e burocráticas deste trabalho.

Ao grupo de manejadores de peixes ornamentais do Amanã, principalmente ao Sr Moises (Seu Creysson), Elsyvan (Carimbó), Joaquim (Cara de esquilo) pela ajuda nas coletas e por acreditar no projeto.

À toda a equipe do projeto de peixes ornamentais do IDSM, principalmente à Jomara Oliveira pela ajuda em inúmeras análises durante a realização deste trabalho, desde o início sempre mostrando muita competência e habilidade, você vai longe!

Ao Jonas Oliveira (Gymnotus) pela grande amizade nos cinco anos que trabalhamos juntos, e pela simplicidade com que transmite seu vasto conhecimento sobre a ictiofauna amazônica;

À Nágila Zucchi pela amizade e ajuda no emblocamento das gônadas e nas fotos das escamas;

Aos professores Dr. Jansen Zuanon, Dra. Sidnéia Amadio e Dr. Geraldo Mendes dos Santos pelas discussões e dicas na avaliação da qualificação, e por estarem sempre dispostos em transmitirem seu vasto conhecimento da ictiofauna amazônica.

Aos demais professores do curso de Pós-graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior INPA / BADPI pelo conhecimento transmitido;

Às professoras Dra. Rossineide Martins da Rocha e Dra. Maria Auxiliadora Ferreira por me receber em seu laboratório, e pela ajuda nas análises e discussão da parte de histologia do trabalho.

À Professora Dra. Iracilda Sampaio por me receber em seu laboratório e ajudar nas análises genéticas do trabalho;

À professora Dra. Grazielle Gomes pela ajuda nas análises genéticas, seu apoio foi fundamental no fechamento do primeiro capítulo.

Aos alunos do laboratório de genética da UFPA – Campus de Bragança, principalmente à MSc Maria de Fátima Gomes Cunha pelo auxílio nos trabalhos de sequenciamento das amostras;

À Euri (Eurizângela Dary) pelo grande apoio na identificação dos itens alimentares, sem você demoraria meses para concluir este trabalho.

Ao Felipe Rossoni, (Chimbinha) pela amizade, por ter me alojado em sua casa e pelas discussões e dicas sobre o trabalho com os discos;

Ao Eduardo von Mühlen (Duka) e a Heloisa Brum (Helo) pela amizade e acolhida em Manaus;

Ao João Valsechi e Nelissa Peralta pela amizade e o convite para trabalhar no Instituto Mamirauá;

Ao Josinaldo Reis (Nego Bill) pela amizade e acolhida em Bragança – PA.

Ao Murilo Lima e Paula Pires pela ajuda na impressão da tese e acolhida em Manaus. Grato irmãos!

À Bá (Bárbara Richers) pela amizade e sempre me socorrer com o inglês. Valeu comadre!

Enfim, a todos que de alguma forma ajudaram para a realização deste trabalho.

...Mas o que nenhum mapa pode retratar é o aspecto melancólico do país recortado em todas as direções por essas águas pretas; uma estranha tristeza parece saturar o próprio ar que se respira nessas bandas silenciosas. Verdade é que o nosso conhecimento do passado não é tal que nos leve à euforia; a cada passo lembramos das missões e aldeias abandonadas, das nações dispersas ou extintas em cujo território perambulam, mais do que habitam, tribos que foram desalojadas de sua terra natal. Quando os vimos pela primeira vez, esses grandes lencóis de água preta pareciam estar de luto por aqueles que uma vez povoaram as suas margens...”

Transcrição de trecho do livro *Viagem pelo Rio Amazonas* de Paul Marcoy (1847), relatando a primeira impressão ao chegar ao lago Amanã.

RESUMO

A pesca ornamental é uma importante atividade econômica para o estado do Amazonas, onde o acará-disco *Symphysodon aequifasciatus* (Pelegrin, 1904) é uma das espécies mais importantes e representa a principal espécie comercializada na região do médio Solimões. Apesar de sua importância econômica, pouco se sabe sobre seus parâmetros biológicos e ecológicos. A autoecologia estuda as relações de uma espécie com seu meio, definindo essencialmente os limites de tolerância e as preferências da espécie em face dos diversos fatores ecológicos e examinando a ação do meio sobre a morfologia, a biologia, a fisiologia e o comportamento. Esses estudos são fundamentais para um maior entendimento das relações entre os peixes e seus ambientes naturais, gerando subsídios para elaboração de planos de manejo sustentáveis para estas espécies. O presente trabalho teve como objetivo analisar aspectos da ecologia do acará-disco *S. aequifasciatus* na RDS Amanã (Maraã - AM). Foram estudados: a estrutura genética das (sub) populações de *S. aequifasciatus* em igarapés tributários do lago Amanã, caracterizando as possíveis barreiras geográficas para o fluxo gênico; a dieta da espécie, avaliando os itens consumidos e sua variação temporal a categoria trófica que a espécie ocupa; a taxa de crescimento e a longevidade da espécie; a estrutura da população; o tamanho médio de primeira maturação gonadal; a época de reprodução; e o tipo de desova. Além disso, foi realizada uma revisão das normas de manejo descritas no Plano de manejo de peixes ornamentais vigente na área de estudo. As análises genéticas não conseguiram separar (sub) populações de acarás-disco ao longo do lago Amanã, indicando que a área de estudo uma única grande população panmítica. A espécie apresenta uma dieta diversificada, consumindo itens de origem vegetal e animal, sendo classificada como onívora. A variação temporal na alimentação demonstra que a espécie consegue adaptar sua dieta à disponibilidade temporal dos itens alimentares. A espécie possui um ciclo de vida longo e taxas de crescimento intermediárias típicas de espécies com estratégia de vida “em equilíbrio”. Atingindo a maturidade sexual no primeiro ano de vida, com cerca de onze centímetros de comprimento, possuindo uma longevidade máxima de mais de oito anos. Os machos são maiores que as fêmeas. O período de desova ocorre no final da enchente, com a desova ocorrendo provavelmente no igapó. A espécie desova uma única vez ciclo hidrológico, com uma fecundidade em torno de 1000 oócitos. As populações de *S. aequifasciatus* do lago Amanã, possuem características de seu ciclo de vida que permitem classificá-la com uma espécie K estrategista. Por se tratar de uma única população todos os 10 igarapés estudados podem virar áreas potenciais de coletas do acará-disco. Porém para que isto ocorra será necessário um levantamento prévio para calcular as abundâncias da espécie em cada um destes igarapés. O tempo de cativeiro não causa mortalidade, ou mesmo altera as condições de saúde dos animais, portanto para os acarás-disco recomenda-se que o melhor momento para a retirada e venda dos peixes esteja vinculada a questões comerciais. Foi identificado um pico de reprodução entre abril e junho, sendo recomendados como período de coleta manejada os meses de setembro e outubro. Os tamanhos mínimos de coleta estão relacionados com o ponto de maturação sexual de cada uma delas. Desta maneira fica sugerido que o tamanho mínimo de captura da pesca maneja de *S. aequifasciatus* no lago Amanã seja 11,50 centímetros. O presente estudo gerou importantes informações sobre as relações entre o acará-disco e o seu ambiente natural, que servirão para o aprimoramento do plano de manejo elaborado para a espécie na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã.

ABSTRACT

Ornamental fishing has become an important economic activity for Amazonas state, with green discus *Symphysodon aequifasciatus* (Pelegrin, 1904) being one of the most important species in the ornamental fish trade in the state, and also the main species traded in the middle Solimões region. Despite its economic importance, little is known about its biological and ecological characteristics. Autoecology studies the relationships of a single species within its environment, essentially defining the limits of tolerance and preference of the species in face of several ecological factors, examining the action of the environment on its morphology, biology, physiology and behavior. Biological and ecological parameters of the main exploited species are poorly known, nevertheless, these studies are fundamental for a better understanding of relationships between fishes and their natural environments, creating subsidies for sustainable management plans for these species. The present study aimed to investigate aspects of the *S. aequifasciatus* autoecology at Amana Sustainable Development Reserve, in Amazonas state, Brazil. The following aspects were studied: the species diet, evaluating the items consumed and its temporal variation, the trophic category occupied by the species, its growth rate and longevity. The species reproductive biology was also studied by checking its population structure, estimating the average size of first maturation, investigating its breeding season and determining its spawning type. Additionally, the *S. aequifasciatus* genetic populations structure was analyzed within streams associated with Amana Lake, identifying different populations and characterizing potential geographic barriers to gene flow. In addition, a revision of the management norms described in the ornamental fishes Management Plan for the study area was carried out. Genetic analyzes failed to separate (sub) populations of green discus along Amanã Lake, indicating that the study area is a single large panmictic population. Both animal and plant origin items were identified within the species diet, classified as omnivore. The feeding temporal variation observed to the species shows its ability to adapt its diet under changes on food items availability. The species has a long life cycle and intermediate growth rates typical of species with an "equilibrium" life strategy. It reaches sexual maturity in its first year of life measuring around eleven centimeters long, the maximum longevity recorded was of more than eight years and the males are larger than the females. Spawning occurs at the end of the flooding season and it takes place probably in the flooded forest. The species spawns only once during a single hydrological cycle, when approximately 1000 oocytes are liberated. Characteristics of *S. aequifasciatus* populations life cycle at Amanã Lake indicate a tendency to classify it as a K-strategist species. Once it is a single population, all streams studied (10) can become potential areas for collection of green discus, nevertheless, a previous survey will be necessary in order to calculate the abundances of the species in each of these igarapés. As captivity does not cause green discus mortality neither changes animals' health conditions, it is recommended to choose fish catching and selling period according to commercial issues. Although, a breeding peak was identified between April and June, what makes the months of September and October proper for managed collection period. Observing *S. aequifasciatus*'s sexual maturation point it is suggested that the minimum catch size for managed fishery at Amanã Lake is 11.50 centimeters. The present study generated important information about *S. aequifasciatus* ecology which can be very useful to improve the management plan elaborated for the species at the Amanã Sustainable Development Reserve.

SUMÁRIO

Agradecimentos	iii
Resumo	vi
Abstract	vii
Sumário	viii
Lista de tabelas	xi
Lista de Figuras	xii
Introdução	1
Área de estudo	5
Coletas de material biológico para as análises genéticas	8
Coleta de material biológico para as análises de alimentação, crescimento e reprodução.	8
Capítulo 1 – Estrutura genética populacional do acará-disco <i>Symphysodon aequifasciatus</i> , (Pelegrin, 1904) (Perciformes: Cichlidae) do lago Amanã através de análise de DNA mitocondrial.	13
1.1 Introdução	13
1.2 Objetivo Geral	17
1.2.1 Objetivos específicos	17
1.3 Hipóteses	18
1.4 Materiais e métodos	18
1.4.1 Coleta dos animais	18
1.4.2 Métodos laboratoriais	19
1.4.3 Análises estatísticas	20
1.5 Resultados	21
1.6 Discussão	27
1.7 Conclusões	29
Capítulo 2 – Dieta de <i>Symphysodon aequifasciatus</i> (Pelegrin, 1904) (Perciformes: Cichlidae) em igarapés tributários do lago Amanã	30
2.1 Introdução	30
2.2 Objetivo Geral	32
2.2.1 Objetivos específicos	32
2.3 Hipóteses	33

2.4 Metodologia	33
2.4.1 Coleta dos animais	33
2.4.2 Métodos laboratoriais	33
2.4.3 Análises estatísticas	34
2.5 Resultados	36
2.5.1 Comparação entre os peixes coletados em ambiente natural e os mantidos em cativeiro	37
2.5.2 Variação temporal no grau de repleção dados agrupados	38
2.5.3 Frequência de ocorrência dos itens alimentares	38
2.5.4 Índice Alimentar e variação temporal da dieta	39
2.6 Discussão	41
2.7 Conclusões	44
Capítulo 3– Crescimento e dinâmica populacional de <i>Symphysodon aequifasciatus</i> (Perciformes: Cichlidae) em igarapés associados ao lago Amanã	45
3.1 Introdução	45
3.2 Objetivo Geral	48
3.2.1 Objetivos específicos	48
3.3 Hipóteses	48
3.4 Metodologia	49
3.4.1 Coleta dos animais	49
3.4.2 Métodos laboratoriais	49
3.4.3 Métodos de análises	51
3.4.3.1 Estrutura da população e proporção sexual	51
3.4.3.2 Crescimento através de marcação e recaptura	51
3.4.3.3 Validação das escamas e dos anéis de crescimento	51
3.4.3.4 Curva de Crescimento	53
3.4.3.5 Longevidade	53
3.4.3.6 Relação Peso-Comprimento	53
3.5 Resultados	54
3.5.1 Estrutura da população e proporção sexual	54
3.5.2 Relação peso-comprimento	55
3.5.3 Análises de crescimento	57
3.5.4 Relação entre o raio total das escamas e o comprimento do peixe	57
3.5.5 Relação entre o número de marcas na escama e o comprimento do peixe	58
3.5.6 Variação mensal do incremento marginal	60
3.5.7 Crescimento mensal através do experimento de marcação e recaptura	60
3.5.8 Curva de crescimento de Von Bertalanffy	61
3.6 Discussão	62
3.7 Conclusão	67
Capítulo 4 – Biologia reprodutiva de <i>Symphysodon aequifasciatus</i> (Perciformes: Cichlidae) em igarapés tributários do lago Amanã	69

4.1 Introdução	69
4.2 Objetivo Geral	73
4.2.1 Objetivos específicos	73
4.3 Hipóteses	73
4.4 Metodologia	74
4.4.1 Coleta dos animais	74
4.4.2 Métodos laboratoriais	74
4.4.3 Análises estatísticas	76
4.5 Resultados	77
4.5.1 Tamanho de primeira maturação sexual	77
4.5.2 Descrição macroscópica das gônadas	78
4.5.3 Histologia das gônadas	78
4.5.4 Período reprodutivo	79
4.5.5 Tipo de desova	83
4.6 Discussão	84
4.7 Conclusões	89
Capítulo 5 – Manejo do acará-disco <i>Symphysodon aequifasciatus</i> (Pelegrin, 1904, Perciformes: Cichlidae) em igarapés tributários do lago Amanã	90
5.1 Introdução	90
5.2 Objetivo Geral	92
5.2.1 Objetivos específicos	92
5.3 Metodologia	93
5.4 Resultados e discussão	93
5.4.1 Descrição das áreas de coletas	93
5.4.2 Estocagem e manutenção dos indivíduos coletados	95
5.4.3 Sazonalidade da Pesca Manejada	96
5.4.4. Tamanhos Mínimos de Coleta	97
5.5 Conclusões	97
Referências bibliográficas	99
Anexos	118

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.1: Variação intraespecífica das seqüências nucleotídicas de *Symphysodon aequifasciatus*, baseada em 478 pares de bases da Região D-loop do DNA mitocondrial, coletados em 11 igarapés do lago Amanã e áreas próximas. 22
- Tabela 1.2: Número de haplótipos formados, número de amostras por haplótipos e número de amostras por local de *Symphysodon aequifasciatus*, baseada em 478 pares de bases da Região D-loop do DNA mitocondrial, coletados em 14 sítios amostrais do do lago Amanã e redondezas. 23
- Tabela 2.1: Número de indivíduos analisados com e sem conteúdo no trato digestório, em cada tratamento e por período do ciclo hidrológico. 36
- Tabela 2.2: Categorias dos itens alimentares consumidos pelo acará-disco na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã e sua caracterização. 36
- Tabela 2.3: Valores de Índice de similaridade de Morisita, teste de Wilcoxon e Índice Alimentar por período hidrológico e geral dos itens alimentares encontrados nos tubos digestivos de amostras de acarás-disco coletados na natureza e os mantidos confinados. (Cof.= Confinado Nat.= Natureza). 37
- Tabela 2.4: Frequência de ocorrência dos itens alimentares encontrados nos tubos digestórios dos acarás-disco coletados em igarapés tributários do lago Amanã, dados agrupados. 39
- Tabela 2.5: Índice alimentar (geral e por período hidrológico) dos itens alimentares consumidos por acarás-disco coletados em igarapés tributários do lago Amanã, dados agrupados. 40
- Tabela 2.6: Índice de similaridade de Morrisita, na parte superior e teste de Wilcoxon, na parte inferior, comparando a dieta de acarás-disco coletados em igarapés tributários do lago Amanã, entre os períodos do ciclo hidrológico, dados agrupados. 40
- Tabela 3.1: Número de indivíduos adultos e jovens de *S. aequifasciatus* amostrados em cinco galhadas localizadas em igarapés tributários do lago Amanã. 54
- Tabela 3.2.: Número de indivíduos analisados por metodologia e por mês nos estudos de crescimento de acarás-disco coletados em igarapés tributários do lago Amanã. 57
- Tabela 3.3: Número de indivíduos analisados por número de anéis de crescimento encontrados, comprimento padrão mínimo, comprimento padrão máximo, comprimento padrão médio, amplitude e coeficiente de variação, de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã. 58
- Tabela 3.4: Número de indivíduos por mês e por número de anéis de crescimento encontrados, de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã. 59
- Tabela 3.5: Parâmetros de crescimento de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã. 62
- Tabela 3.6: Parâmetros de crescimento de estudos realizados na região Amazônica. 67
- Tabela 4.1: Comparação através do teste G entre os estádios gonadais mensais de exemplares de *Symphysodon aequifasciatus* capturados na natureza e em mantidos em cativeiro, entre Novembro de 2007 e Outubro de 2008. O valor em negrito indica diferença significativa. 80

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização geográfica da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã. Fonte: IDSM 6
- Figura 2: Variação do nível da água em relação ao nível do mar, no canal de acesso ao lago Amanã, durante o período de dezembro de 2001 a novembro de 2003. Fonte (GPMAA / IDSM). 8
- Figura 3: Mapa da RDS Amanã (área clara), identificando os igarapés onde foram realizadas as coletas de acarás-disco, durante abril de 2007 a outubro de 2008, para as análises de alimentação, crescimento e reprodução. 9
- Figura 4: Esquema da coleta dos discos: A – Moita de maracarana cercada pela rede de arrasto. B – Assistentes de campo cortando os galhos submersos na água. C – Chumbo sendo puxado para a margem do igarapé. D – Discos capturados no final do cerco. 10
- Figura 5: Tanque-rede onde os acarás-discos ficaram confinados em cada igarapé. 11
- Figura 1.1: Locais onde foram obtidas amostras de tecido de acarás-disco para as análises de genética de populações, e locais amostrados na Reserva Mamirauá por Crampton, 1999a. 19
- Figura 1.2: Rede de haplótipos de *Symphysodon aequifasciatus* baseada em 478 pares de bases da Região D-loop do DNA mitocondrial. CA = Igarapé Cacau; FB = Flutuante Base (Lago Tefé); CL = Igarapé Calafate; TB = Rio Tambaqui; SA = Igarapé Samaúma; UX = Igarapé Uxi; JU = Igarapé Juazinho; FA = Flutuante Amanã (Lago Amanã); BR = Igarapé Baré; UR = Igarapé Urumutum; TA = Igarapé Taboca; AR = Igarapé do Araueri; LT = Lago Tefé; AÇ = Igarapé Açú. 24
- Figura 1.3: Agrupamento obtido através da análise de bootstrap da Região D-loop do DNA mitocondrial. Os números acima dos ramos são valores obtidos através do método de máxima parcimônia. CA = Igarapé Cacau; FB = Flutuante Base (Lago Tefé); CL = Igarapé Calafate; TB = Rio Tambaqui; SA = Igarapé Samaúma; UX = Igarapé Uxi; JU = Igarapé Juazinho; FA = Flutuante Amanã (Lago Amanã); BR = Igarapé Baré; UR = Igarapé Urumutum; TA = Igarapé Taboca; AR = Igarapé do Araueri; LT = Lago Tefé; AÇ = Igarapé Açú. 26
- Figura 2.1: Volume ocupado pelo alimento no trato digestório de exemplares de acarás-disco coletados mensalmente em igarapés tributários do lago Amanã, dados agrupados. 38
- Figura 3.1: Distribuição de frequência em classes de tamanho por sexo de *S. aequifasciatus* nas galhadas colônias naturais amostradas em igarapés tributários do lago Amanã: A) Cacau galhada 1; B) Samaúma galhada 1; C) Calafate. 55
- Figura 3.2: Relação peso-comprimento por sexo de exemplares de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã (a) machos e (b) fêmeas. 56
- Figura 3.3: Relação peso-comprimento de exemplares de *S. aequifasciatus* (n=677 indivíduos) coletados em igarapés tributários do lago Amanã. 56
- Figura 3.4: Relação entre o raio total da escama (Re) e o comprimento padrão (Cp) dos indivíduos estudados. 58
- Figura 3.5: Comprimento padrão médio e desvio padrão por número de anéis medidos nas escamas de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã. 59
- Figura 3.6: Variação temporal do incremento marginal médio de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã. 60

Figura 3.7: Evolução mensal do incremento em comprimento dos acarás-disco cativos através do experimento de marcação e recaptura para medições mensais. Out= formação do anel. 61

Figura 3.8: Curva de crescimento de acarás-disco *Symphysodon aequifasciatus* ajustadas ao modelo de Von Bertalanfy e aos dados de comprimento padrão médio, de acordo com a quantidade de anéis de crescimento registrados nas escamas. 62

Figura 4.1: Comprimento de primeira maturação gonadal de *S. aequifasciatus* capturados nos igarapés associados ao lago Amanã: A) fêmeas e B) machos. 78

Figura 4.2: Porcentagem mensal dos estádios gonadais e número de indivíduos analisados de *S. aequifasciatus* capturados na natureza e nos tanques-rede, no lago Amanã, AM. Nat = indivíduos coletados na natureza; Cat = indivíduos mantidos em cativeiro. 80

Figura 4.3: Porcentagem mensal dos estádios gonadais de *S. aequifasciatus* coletados no lago Amanã e igarapés associados. 81

Figura 4.4: Índice gonadossomático mensal de fêmeas de *S. aequifasciatus* capturadas no lago Amanã e igarapés associados. 82

Figura 4.5: Índice de atividade reprodutiva por mês de *S. aequifasciatus* capturado no lago Amanã e igarapés associados– AM. 82

Figura 4.6 : Distribuição do número de ovócitos em cada classe de comprimento das onze gônadas analisadas de maneira conjunta das fêmeas de *S. aequifasciatus* capturadas no lago Amanã e igarapés tributários. 83

Figura 5.1 : Imagem da Reserva Amanã, destacando os lagos Amanã e Urini, e apresentando as três APC's. Em A, o médio curso do Igarapé Ubim até após a confluência com o Ubinzinho. Em B o conjunto formado pelos Igarapés Samaúma, Cacau e Calafate. Em C, os Igarapés Araueri, Tirirical e Guariba. 94

Figura 5.2 : Viveiro sendo colocado na água para o armazenamento dos acarás-disco manejados no lago Amanã e igarapés adjacentes. 95

INTRODUÇÃO

A partir da década de 1950, a região amazônica começou a explorar de maneira sistemática o comércio de peixes ornamentais. Esta atividade cresceu ao longo dos anos, tendo atingido proporções sócio-econômicas importantes para o Estado do Amazonas (Denis, 1985).

Anualmente, mais de 20 milhões de peixes vivos são exportados da região por meio de uma atividade que emprega direta ou indiretamente mais de 10 mil pessoas. A bacia do médio rio Negro é a mais importante área de pesca de peixes ornamentais do Estado. Esta atividade gera cerca de três milhões de dólares anuais para a economia do Amazonas, e um excedente de 100 milhões de dólares no varejo mundial (Chao *et al.*, 2001; Prang, 2007).

Apesar da importância econômica e social que a pesca de peixes ornamentais vem atingindo nas últimas décadas, vários problemas podem levar à insustentabilidade econômica e ecológica da atividade na Amazônia. Esses problemas envolvem a mortalidade durante a captura e o transporte, a exploração centralizada em poucas espécies, a falta de conhecimento sobre a biologia de grande parte das espécies exploradas, além da falta de diretrizes para uma política de pesca para o setor ornamental.

A atividade de pesca ornamental é feita de maneira artesanal, o que pode levar a uma alta taxa de mortalidade durante os processos de captura e de transporte. Segundo Waichman *et al.* (2001), essa mortalidade está relacionada ao stress de captura e à disseminação de doenças. Grande parte da mortalidade poderia ser evitada com treinamento do pessoal envolvido na atividade e com a utilização de medidas nutricionais e medicamentosas profiláticas, como o uso de equipamentos mais apropriados para o transporte e um controle mais efetivo da temperatura e qualidade da água (Leite & Zuanon, 1991).

O comércio de peixes ornamentais da Amazônia Brasileira está centrado em um número pequeno de espécies. O cardinal *Paracheirodon axelrodi* (Schultz, 1956), Characidae é a principal espécie exportada representando mais de 80% dos indivíduos exportados, outras espécies também apresentam um bom mercado como alguns bodós (*Peckoltia* sp.; *Otocinclus* sp. e *Otocinclus arnoldi*, Loricariidae), algumas espécies de coridora (*Corydoras julii*, *Corydoras hastatus* e *Corydoras melini*, Callichthidae), algumas piabas (*Hyphessobrycon* sp. e *Hemigrammus bleheri*,

Characidae), além do acará-disco (*Symphysodon* spp, Cichlidae) que representa aproximadamente 5% deste comércio com cerca de um milhão de indivíduos pescados por ano (Prang, 2007). Enquanto o cardinal se destaca pela grande quantidade de indivíduos comercializados anualmente, sendo vendido por milheiros, o acará-disco alcança um grande valor individual de mercado. Acarás com 4 a 5 centímetros de comprimento variam de R\$25,00 a R\$200,00, com variedades de peixes cultivados podendo chegar a dez vezes o preço de exemplares selvagens (Ribeiro & Fernandes, 2008; Beerli, 2009).

De acordo com Prang (2007), as variedades produzidas na Ásia praticamente substituíram as variedades selvagens, uma vez que elas representam aproximadamente 90% do volume comercializado no mercado mundial de peixes ornamentais.

Apesar de não existirem informações suficientes para supor um estado de sobrepesca, os pescadores de peixes ornamentais reclamam da diminuição da abundância local deste recurso (Batista *et al.*, 2003). Por ser muito atrativo comercialmente, o acará-disco sofreu ao longo dos anos uma alta taxa de exploração, o que tem levado à diminuição de seus estoques em alguns locais, tornando inviável sua exploração comercial. Leite & Zuanon (1991) relatam a extinção comercial do acará-disco em alguns afluentes do alto rio Negro. Crampton (1999a) constatou uma grande diminuição dos estoques de acará-disco nos lagos da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RDSM), após intensa exploração comercial na década de 80.

No médio Solimões, a pesca de peixes ornamentais é constituída principalmente pela espécie *Symphysodon aequifasciatus* (Pelegrin, 1904). Esta pesca é realizada principalmente no lago Tefé e em igarapés próximos. Esses peixes são transportados em recipientes plásticos até Manaus pelos barcos-recreio que fazem a linha Manaus-Tefé. Um monitoramento diário no porto de Tefé, no período de agosto a dezembro de 2006, contabilizou a saída de 10.623 indivíduos de acará-disco. Este valor representa 69% do total de peixes ornamentais comercializados na região naquele período (Mendonça & Camargo, 2006; Souza & Oliveira, 2007).

Parâmetros biológicos e ecológicos como dinâmica populacional; idade e crescimento; dieta e reprodução das principais espécies exploradas no mercado ornamental são pobremente conhecidos. Estes estudos são fundamentais para um

maior entendimento das relações entre os peixes e seus ambientes naturais, ao gerar subsídios para elaboração de planos de manejo sustentável para as espécies.

Alguns estudos sobre a biologia e ecologia do acará-disco (*Symphysodon* spp.) foram realizados, dentre eles podemos destacar os trabalhos de Câmara (2004) e Chellapa *et al.* (2005) que estudaram a biologia reprodutiva de *Symphysodon discus* Heckel, 1840, em cativeiro. Crampton (2008) que estudou a autoecologia de *S. aequifasciatus* da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã (RDSA). Rossoni (2008) estudou a ecologia, a pesca e a cadeia produtiva de *S. aequifasciatus* na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Piagaçu-Purus (RDSPP), no baixo rio Purus, estado do Amazonas, além de parâmetros populacionais e reprodutivos da espécie (Rossoni *et al.*, 2010).

Em toda a região do Médio Solimões, Tefé, que é a cidade mais próxima da Reserva Amanã, é o principal centro produtor de peixes ornamentais, chegando a ocupar uma posição de destaque na produção de todo o estado do Amazonas. Esta pesca vem se consolidando nas últimas décadas, com a espécie de maior destaque sendo o acará-disco (*S. aequifasciatus*) (Mendonça & Camargo, 2006).

No início da década de 2000, moradores de algumas comunidades da reserva consultaram o Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSMA) sobre a possibilidade de realização de pesquisas visando a criação de um sistema de manejo sustentável deste recurso. Levando-se em conta que um manejo adequado dos recursos naturais deve ser embasado em dados científicos sólidos, e que existe uma grande lacuna a respeito de vários parâmetros biológicos e ecológicos da espécie, fundamentais para a elaboração de um plano de manejo de exploração sustentável da espécie pelos moradores da RDS Amanã, o presente trabalho tem como objetivo estudar a biologia de *S. aequifasciatus* nos igarapés tributários do lago Amanã, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã (RDSA), estado do Amazonas, Brasil. Neste sentido, foi realizada uma análise da estrutura genética da população de acarás-disco naquela área. Além de estudada a alimentação, o crescimento, a reprodução.

O gênero *Symphysodon* Heckel, 1840 pertence à subfamília Cichlasomatinae e tribo Heroini, que inclui diversos outros ciclídeos com corpo alto e arredondado, que ocorrem na bacia amazônica, como, por exemplo, as espécies dos gêneros *Heros*, *Uaru*, *Pterophyllum* e *Mesonauta* (Kullander, 1998).

O número de espécies de acará-disco é motivo de debate. Schultz (1960) publicou a primeira revisão do gênero, e reconheceu apenas duas espécies, com base na pigmentação: *S. aequifasciatus* Pellegrin, 1904, ocorrendo ao longo do rio Amazonas até a leste do baixo rio Içá, e *S. discus* Heckel 1840 ocorrendo nas bacias dos rios Negro, Abacaxis e Trombetas. Ele ainda dividiu *S. aequifasciatus* em três subespécies: *S. aequifasciatus aequifasciatus*, ocorrendo nos tributários da margem direita do alto rio Solimões/Amazonas; *S. aequifasciatus haraldi*, ocorrendo nos tributários da margem esquerda do alto rio Solimões/Amazonas; e *S. aequifasciatus axelroldi*, ocorrendo no baixo rio Amazonas.

Com base na pigmentação e em dados merísticos, Kullander (1996) corroborou a classificação de Schultz (1960), mas rejeitou a divisão de *S. aequifasciatus* em subespécies.

Com base em estudos de seqüenciamento de DNA mitocondrial, Ready *et al.* (2006) concluíram que o gênero *Symphysodon* compreende duas linhagens principais distintas e propuseram a existência de três espécies: *S. aequifasciatus*, *S. discus* e *S. tarzoo* Lyons, 1959. Todas as populações de discos verdes e azuis, anteriormente consideradas como pertencentes a *S. aequifasciatus* e que ocorrem a oeste do arco do Purus foram denominados *S. tarzoo*, e todas as populações de disco que ocorrem a leste do arco de Purus foram consideradas *S. aequifasciatus*. Já *S. discus* continuou com a distribuição proposta anteriormente por Kullander (1996).

Bleher *et al.* (2007), também utilizando seqüenciamento de DNA mitocondrial, estudaram as relações entre as populações de acarás-discos e chegaram à mesma conclusão sobre o número de espécies, porém com resultados diferentes. Neste estudo, *S. aequifasciatus* seria a única espécie que ocorre a oeste do arco do Purus. *S. haraldi* seria distribuída extensamente desde a foz do rio Amazonas até o baixo rio Içá, perto do limite oeste de distribuição do gênero. *Symphysodon discus* tem sua distribuição limitada ao rio Negro, alguns tributários da margem esquerda do rio Amazonas e ao rio Abacaxis (baixo rio Madeira).

Farias & Hrbek (2008), utilizando seqüenciamento de DNA mitocondrial e nuclear, encontraram resultados totalmente diversos. Neste estudo foram identificados três diferentes grupos monofiléticos. O primeiro grupo é composto pelos “discos verdes” (*S. aequifasciatus*) do alto da bacia do rio Amazonas, de Tabatinga até a região de Tefé. O segundo grupo é composto pelos “discos azuis”

(*S. aequifasciatus*) da região central da bacia amazônica, da região de Coari até Iranduba. Um terceiro grupo composto pelos “discos marrons” (*S. aequifasciatus*) para a região do baixo Amazonas, do rio Madeira até o rio Tocantins, pelos discos do rio Xingu (*S. aequifasciatus*) e pelas duas subespécies descritas de *S. discus*, o “Heckel” da bacia do rio Negro e o “abacaxi” do rio Abacaxi, no baixo rio Madeira.

Amado *et al.* (2011), utilizando marcadores microsatélites encontraram cinco unidades evolucionárias significantes para o gênero *Symphysodon*.

Symphysodon discus (fenótipos “Heckel” e “abacaxi”), distribuída no oeste do escudo das Guianas na bacia do rio Negro, no alto rio Uatumã, nos rios Nhamunda e Trombetas. No oeste do escudo Brasileiro nos rios Abacaxis, Trombetas, e em outros afluentes de águas pretas do rio Madeira.

Uma segunda espécie, *Symphysodon aequifasciatus* (fenótipo marron e azul), distribuída no baixo rio Amazonas, e seus afluentes localizados a leste da confluência dos rios Solimões e Negro. *Symphysodon tarzoo* (fenótipo verde), distribuída nos rios localizados a oeste do arco do Purus: Javari, Juruá, Jutai, Japurá e Tefé. *Symphysodon* sp.1 (fenótipo azul), distribuída a leste do arco do Purus e a oeste da confluência dos rios Solimões e Negro: no lago de Coari, no rio Purus, no lago de Manacapuru e no rio Solimões, próximo a Iranduba. E uma quinta espécie, *Symphysodon* sp.2 (grupo Xingu), ocorrendo no leste do escudo Brasileiro no baixo rio Tocantins e no rio Xingu.

Devido a essa indefinição sobre a taxonomia da espécie, o presente estudo seguindo as normas do Código Internacional da Nomenclatura Zoológica (ICZN- International Code of Zoological Nomenclature) adotará o nome *S. aequifasciatus* proposto por Pelegrin (1904), para os discos da região do lago Amanã, diferentemente *S. haraldi*, nome utilizado por Crampton (2008) para os acarás-disco desta mesma localidade.

ÁREA DE ESTUDO

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã (RDSA) foi criada em 04 de agosto de 1998, pelo Governo do Estado do Amazonas. É uma das maiores áreas protegidas de floresta tropical na América do Sul, com cerca de 2.350.000 hectares. Está ligada a outras duas importantes unidades, o Parque Nacional do Jaú (2.272.000ha) e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RDSM)

(1.124.000ha), formando assim um dos maiores blocos de floresta tropical protegido do Brasil, com 5.776.000 hectares. A RDSA compreende parte de duas bacias hidrográficas da Amazônia, as bacias do rio Solimões e do rio Negro, em uma área situada entre as coordenadas 1° 35'43" e 3° 16'13" S e 62° 44'10" e 65° 23'36"W (Figura 1).

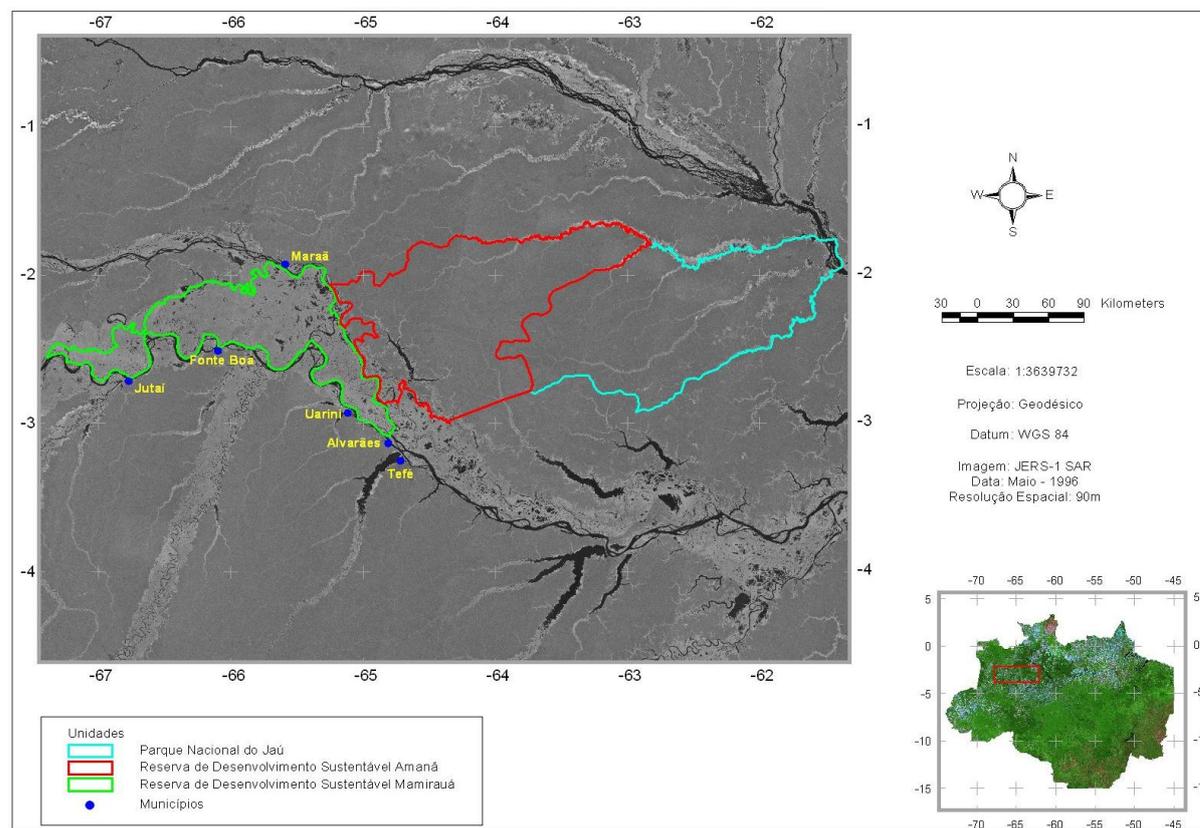


Figura 1: Localização geográfica da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã. Fonte: IDSM

Possui uma população de aproximadamente 4.000 habitantes, distribuídos em 58 assentamentos (47 moradores permanentes, e 11 usuários externos regulares). A população local contribuiu com o processo de implantação da reserva através do gerenciamento participativo. As principais atividades desenvolvidas são a agricultura, a caça, a pesca e a extração de madeira. Todas as comunidades envolvidas no gerenciamento da reserva estão localizadas na bacia do rio Solimões, parte delas em ambiente de várzea, e parte em ambiente de terra firme associado à várzea, ou igapó.

Diferentes formações fitofisionômicas são encontradas na RDSA. Dentre elas podemos destacar a Floresta Ombrófila Densa Aluvial (semelhante à formação encontrada na RDSM), Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas, Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos (VLOP), Arbórea Aberta e Arbórea Densa (Ayres

et al., 2005). As duas últimas são formações de Campinaranas e Campinas do rio Negro. O presente estudo foi realizado no próprio lago Amanã e nos igarapés tributários, como principais alvos para a realização de coletas manejadas de peixes ornamentais.

Um dos fatores mais importantes na distribuição, comportamento e diversidade de formas de vida do ambiente aquático amazônico é a variação sazonal no nível da água, causada pelo pulso de inundação anual dos rios da região (Junk, 1989). As espécies amazônicas apresentam estratégias notáveis de adaptação às mudanças sazonais nos diversos ambientes que ocupam. Esse regime de inundação é influenciado principalmente pelos padrões macrorregionais de precipitação e pelo período de degelo das regiões andinas (Wittmann & Junk, 2003; Andrade *et al.* 2008).

Na região do lago Amanã a variação anual média do nível da água é de cerca de 9 a 10 metros (Figura 2). À medida que as águas das enchentes entram na área do lago, aumentam a disponibilidade de habitats, também a entrada de material alóctone para a fauna aquática, propiciando um rápido aumento da biomassa dos peixes (Goulding, 1999). Já na seca, a retração dos habitats aquáticos faz com que os animais se tornem mais concentrados habitando áreas de água livre, que oferecem pouco ou nenhum abrigo, resultando numa grande perda de indivíduos, devido ao aumento da predação dos peixes de pequeno porte por espécies maiores, ou aves aquáticas. Outras espécies migram para o rio enquanto o nível da água ainda permite (Henderson & Robertson, 1999).

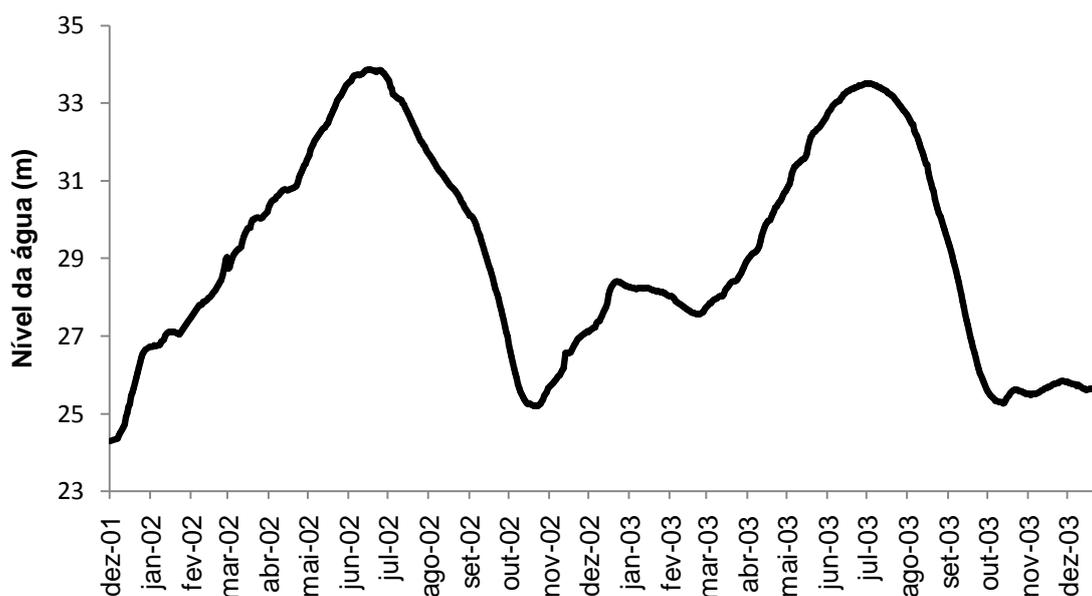


Figura 2: Variação do nível da água em relação ao nível do mar, no canal de acesso ao lago Amanã, durante o período de dezembro de 2001 a novembro de 2003. Fonte (GPMAA / IDSM).

COLETAS DE MATERIAL BIOLÓGICO PARA AS ANÁLISES GENÉTICAS

A descrição do experimento de coleta dos indivíduos utilizados para as análises genéticas está detalhada nos materiais e métodos do capítulo 1.

COLETA DE MATERIAL BIOLÓGICO PARA AS ANÁLISES DE ALIMENTAÇÃO, CRESCIMENTO E REPRODUÇÃO.

Para os estudos de alimentação, crescimento e reprodução foram realizados experimentos nos igarapés Samaúma, Cacau e Calafate, entre outubro de 2007 e outubro de 2008. Estes locais foram escolhidos por apresentarem uma grande abundância de acarás-disco e também por terem sido objeto de atividades de exploração da espécie pelos comunitários do Lago Amanã (Figura 3).

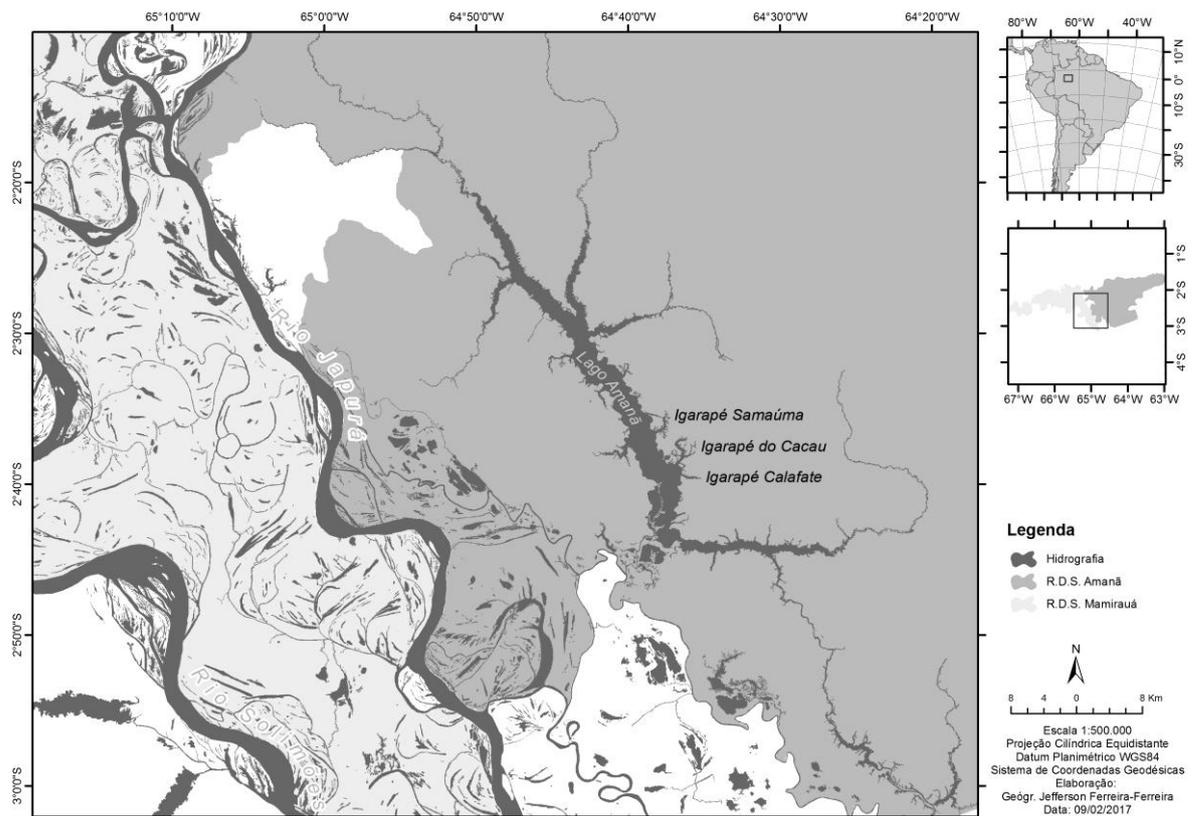


Figura 3: Mapa da RDS Amanã (área clara), identificando os igarapés onde foram realizadas as coletas de acarás-disco, durante abril de 2007 a outubro de 2008, para as análises de alimentação, crescimento e reprodução.

Estudos realizados sobre a ecologia do acará-disco (*Symphysodon* spp.) ocorreram em experimentos em cativeiro, ou com coletas realizadas apenas no período da seca, onde os indivíduos de acará-disco formam grandes cardumes concentrados em moitas de maracarana (*Ruprectia* sp., Polygonaceae) situadas às margens dos igarapés, podendo ser coletados de maneira facilitada (Câmara, 2004; Chellapa *et al.*, 2005; Crampton, 2008; Rossoni, 2008; Rossoni *et al.*, 2010).

Durante o período de enchente e cheia a espécie se dispersa nas áreas de igapó e nas margens do lago Amanã, sendo difícil sua captura (Obs. Pessoal). Devido à dificuldade de se pescar a espécie durante este período, e tendo a necessidade de obter amostras mensais dos peixes, para uma melhor compreensão da variação temporal dos parâmetros ecológicos da espécie, foram realizadas duas formas de coletas dos indivíduos conforme descrito abaixo.

Mensalmente, entre outubro de 2007 e outubro de 2008, durante o período noturno, os pescadores em uma canoa, percorriam as moitas de maracarana (*Ruprectia* sp., Polygonaceae) situadas às margens dos igarapés. Com auxílio de uma lanterna e um puçá capturavam os peixes à medida que eram encontrados. No

período de enchente e cheia foram percorridas também, áreas de igapó nas proximidades de cada igarapé. A coleta mensal limitou-se, quando possível, a vinte indivíduos por mês em cada igarapé, totalizando 60 indivíduos por mês.

Porém durante a enchente e a cheia poucos indivíduos foram capturados, e não obtendo indivíduos suficientes para uma análise acurada dos parâmetros biológicos estudados, foi realizado um experimento onde peixes coletados no período da seca foram mantidos confinados em tanques-redes e mantidos dentro do próprio igarapé de origem.

A pesca para captura dos peixes que foram colocados nos tanques-redes foi realizada no mês outubro de 2007, em moitas de maracaranas (*Ruprectia* sp., Polygonaceae), situadas às margens do igarapé. Essas ilhas foram cercadas com uma rede de arrasto de malha 8 mm. Em seguida foram cortados todos os galhos das plantas que estavam dentro da água. Após a retirada total da vegetação de dentro do cerco, o chumbo da rede foi puxado para a margem do igarapé com os peixes que ficaram aprisionados (Figura 4). A ictiofauna acompanhante e os acarás-disco que foram capturados além da quantidade necessária para povoar os tanques-redes eram imediatamente devolvidos ao ambiente ao término de cada amostragem.



Figura 4: Esquema da coleta dos discos: A – Moita de maracarana cercada pela rede de arrasto. B – Assistentes de campo cortando os galhos submersos na água. C – Chumbo sendo puxado para a margem do igarapé. D – Discos capturados no final do cerco.

Os tanques-redes, com 2m de largura x 2m de comprimento x 2m de altura, foram construídos com canos de PVC de 50 mm para formar sua estrutura. Os canos foram cobertos com pano de rede de *nylon* multifilamento de 5mm (entre nós opostos) por dentro, e com uma tela plástica com 7 cm de distância ente os nós opostos por fora, proporcionando uma boa circulação da água do igarapé dentro do tanque. Desda maneira não foi fornecido nenhum tipo de alimentação aos peixes durante o período de confinamento. A estrutura foi amarrada em bóias de assacu (*Hura crepitans*, Euphorbiaceae) de maneira a permanecer estável e flutuando.

Em cada igarapé coletado foram colocados dois tanques, posicionados dentro do igarapé em locais próximos a conjuntos de moitas de maracarana, onde os discos habitam no período da seca, no período da enchente e cheia os tanques-redes foram deslocados para o igapó próximo as moitas de maracaranas. Em cada tanque-rede foram dispostos 120 indivíduos, que começaram a serem retirados (amostrados) mensalmente, de novembro de 2007 a outubro de 2008, até completarem um ciclo hidrológico (12 meses). A cada mês foram retirados 10 espécimes de cada tanque-rede, totalizando 60 indivíduos por mês (10 indivíduos x 2 tanques-rede x 3 igarapés) (Figura 5).



Figura 5: Tanque-rede onde os acarás-discos ficaram confinados em cada igarapé.

Os acarás-disco coletados foram medidos (comprimento padrão, em milímetros), marcados com a inserção de um transponder (“pittag”) após o último espinho da nadadeira dorsal, colocados em recipientes plásticos (“caçapas”) e

transportados para os tanques-rede onde foram mantidos. O uso dos transponders serviu para as análises de crescimento da espécie, com a identificação de individual dos espécimes coletados, foi possível acessar as informações sobre o crescimento dos indivíduos durante o período em que ficaram confinados nos tanques-redes.

Os peixes retirados mensalmente foram transportados de barco, em caçapas plásticas, para o laboratório de biologia de peixes do Instituto Mamirauá, em Tefé, onde foram sacrificados com uma dose letal de Eugenol e em seguida congelados, para a posterior análise.

A presente tese foi dividida em cinco capítulos. No primeiro foi analisada a estrutura genética de grupos de exemplares de *S. aequifasciatus* capturados em igarapés tributários do lago Amanã. Nesse estudo, procurou-se identificar o número de (sub) populações na área do lago Amanã, e foram analisadas possíveis barreiras geográficas para o fluxo gênico entre as(sub)populações.

O segundo capítulo avaliou a dieta de *S. aequifasciatus*, determinando a categoria trófica que a espécie ocupa; a variação temporal dos itens consumidos ao longo de um ciclo sazonal; e comparando a dieta dos peixes coletados em ambiente natural com a daqueles mantidos confinados.

No terceiro capítulo foi descrito o padrão de crescimento da espécie e feita a determinação da relação idade-comprimento. A partir de análises de variação do número de marcas de crescimento depositadas anualmente, foram estabelecidas as idades cronológicas dos indivíduos estudados. Por fim, foi estabelecida uma curva de crescimento através da aplicação do modelo de Von Bertalanffy.

O quarto capítulo descreve a biologia reprodutiva da espécie, verificando a época de reprodução e fecundidade da espécie. Foi estimado o tamanho médio de primeira maturação sexual. Por fim foi realizado um experimento que comparou esses parâmetros entre peixes capturados em ambiente natural e indivíduos.

O quinto capítulo traz medidas para o manejo do acará-disco no lago Amanã e igarapés adjacentes. Para isto foi utilizado o Plano de Manejo já existente para área de coleta, sendo feitas novas sugestões e considerações quando necessárias.

Capítulo 1 – Estrutura genética populacional do acará-disco *Symphysodon aequifasciatus*, (Pelegrin, 1904) (Perciformes: Cichlidae) do lago Amanã através de análise de DNA mitocondrial.

1.1 INTRODUÇÃO

Os acarás-disco (*Symphysodon* spp.) são peixes endêmicos da Bacia Amazônica. Pertencem à ordem Perciforme, família Cichlidae e tribo Heroini (Kullander, 1998). Apresentam o corpo no formato discoidal e uma grande variação na sua coloração. Estas características fazem com que eles apresentem um elevado valor comercial, sendo muito utilizado na aquariofilia e figurando entre as principais espécies de água doce exploradas para fins ornamentais (Ferraz, 1999; Prang, 2007).

São peixes encontrados nas margens de lagos e rios, entre galhos e vegetações submersas, normalmente em águas calmas, protegidas e pouco profundas, quentes e ácidas, raramente atravessam áreas abertas de grandes rios, sendo estas barreiras físicas para a dispersão e para o contato entre populações adjacentes (Pereira, 1976; Bleher, 1995; Santos *et al.* 2006). É o único gênero de ciclídeo Neotropical que formam cardumes de centenas de indivíduos durante o período da seca (Mayland, 1994; Crampton, 1999a, Bleher, 2006). Os cardumes se concentram em vegetação arbustiva submersa e árvores caídas nos leitos dos corpos d'água, chamadas localmente de galhadas. Crampton (2008) sugere que estes cardumes formam grupos familiares, com os espécimes retornando anualmente a mesma galhada de origem.

Durante o período das cheias estes cardumes se dispersam em áreas de florestas inundadas "igapó", encontrados também nas margens do lago. (Crampton, 1999a; obs. pes.). É provável que neste período ocorra à dispersão das espécies de discos para novas áreas, e também o contato entre as populações adjacentes. Na cheia ocorre a reprodução da espécie com a formação de casais e cuidado parental. Na desova os alevinos cercam os pais como uma nuvem, alimentando-se do muco que envolve o tegumento dos pais (Pereira, 1976). A dispersão dos indivíduos torna a captura dos indivíduos bastante árdua, sendo esta uma das principais dificuldades dos trabalhos científicos sobre o gênero em ambiente natural, pois faltam informações que cubra todo o ciclo hidrológico.

Apesar de sua importância econômica, ainda existe uma lacuna de conhecimentos científicos sobre aspectos biológicos e ecológicos das espécies do gênero *Symphysodon*, principalmente em ambientes natural. Com a grande maioria das informações originárias de criadores e aquaristas. Fazendo com que haja uma exploração desordenada, onde políticas de conservação e manejo não estão presentes, sujeitando os estoques a sobre-pesca e possível extinções locais, e consequentemente perdas econômicas.

Na região do alto rio Negro a pressão de pesca que os ácaras-disco sofreram ao longo dos anos, com uma alta taxa de exploração levou a extinção comercial nesta região. Os pescadores da região verificando o grande declínio das populações de discos solicitaram aos órgãos competentes a proibição temporária da pesca nestes locais (Leite & Zuanon 1991).

Crampton (1999a, b) apontou sérios problemas decorrentes de uma exploração histórica e sem critérios do acará-disco nos lagos da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas. Segundo esse autor, a exploração comercial provavelmente precipitou um grande declínio nas populações de acará-disco e afetou a sua reprodução. No presente estudo não foi possível a captura de nenhum indivíduo proveniente da RDS Mamirauá, apesar de ser empregado um grande esforço de captura. Este resultado indica que a espécie sofreu uma extinção local.

Segundo Batista *et al.* (2003), apesar de não haver informações suficientes para supor um estado de sobrepesca de alguns dos estoques, os pescadores dos municípios produtores reclamam muito da diminuição da abundância de algumas variedades de peixes ornamentais.

Diante falta de conhecimentos científicos aspectos biológicos e ecológicos das espécies do gênero *Symphysodon*, fazem-se necessário desenvolver pesquisas para subsidiar políticas públicas de manejo e controle da exploração desses recursos. na RDS-PP.

Dentre os parâmetros biológicos necessários para a conservação e manutenção de um estoque pesqueiro está sua variabilidade genética. Para isto, devemos ser capazes de identificar e caracterizar geneticamente uma população (Oveden, 1990; Hilsdorf *et al.*, 2006). Variação ou variabilidade genética corresponde à variedade de alelos e genótipos dentro de uma população. Essa variabilidade nos permite comparar indivíduos, populações e até mesmo espécies diferentes (Ferguson *et al.*, 1995).

Populações naturais normalmente possuem uma alta variação genética. Essa variação é gerada por mutação ou migração de indivíduos de outras populações e é perdida por deriva genética, endocruzamento e seleção natural (Nei, 1987). A variação genética é responsável pela habilidade da população de responder a mudanças no ambiente. Os principais elementos que afetam negativamente a variação genética são: a extinção de populações ou espécies; a extinção de alelos; o endocruzamento que reduz a heterozigosidade; e a seleção, favorecendo um alelo em detrimento de outro (Frankham *et al.*, 2002).

A diversidade genética pode ser medida usando polimorfismos, pela proporção de indivíduos heterozigotos dentro da população e também pela diversidade alélica (Rosel & Reeves, 2000). Indivíduos heterozigotos tendem a ter maior sobrevivência, resistência a doenças, taxa de crescimento e sucesso reprodutivo.

A utilização do DNA em estudos evolutivos de espécies e populações abriu uma nova perspectiva em estudos biológicos. As metodologias que utilizam DNA são muito eficazes para reconstrução filogenética e têm sido largamente empregadas em várias outras abordagens evolutivas, tais como, estudos de fluxo gênico, especiação, sistemática e estrutura de populações, têm sido usados de forma complementar a outras informações básicas, como a biologia e a ecologia (Avice, 1994; Perez-Sweeney *et al.*, 2004).

Uma maneira robusta de estudar a estrutura genética populacional em organismos é através do uso de bons marcadores moleculares específicos capazes de detectar polimorfismos de DNA. Na década de 60 que se iniciaram estudos com marcadores moleculares. O acesso a técnicas moleculares empregando eletroforese associada a métodos histoquímicos utilizando as isoenzimas como marcadores genéticos permitiram o conhecimento do grau de polimorfismo genético das populações naturais. Entretanto, esse marcador não permitiu uma avaliação muito

precisa dos níveis de variabilidade genética e de estrutura populacional (Prakash & Lewontin, 1968). Somente com o acesso dos marcadores genéticos de DNA a partir da década de 80 até a atual, é que foi possível se obter estimativas mais precisas do grau de variação, estrutura genética e da história evolutiva de populações.

Entre os fragmentos de DNA mais usados nessas análises, o DNA mitocondrial tem recebido atenção especial, pois possuem uma alta taxa de evolução, herança de origem exclusivamente materna, facilidade de extração e isolamento de seus genes, com tamanhos médios inferiores a dois quilobases (Brown, 2008).

Ultimamente, diferentes técnicas usando DNA mitocondrial (mtDNA) geraram informações a respeito da variabilidade genética de várias espécies de peixes, se tornando uma importante ferramenta nas análises da genética de populações.

A região que controla a replicação (Alça-D) do DNA mitocondrial tem sido uma das mais utilizadas em estudos populacionais, uma vez que sua alta variabilidade nucleotídica tem se mostrado útil para análise de relações entre táxons que divergiram recentemente (Stepien & Kocher, 1997; Johnson, 2001). Vários trabalhos utilizaram a região controle como a região alvo para estudos populacionais na ictiofauna (Arnaud *et al.*, 1999; Lankford Jr. *et al.*, 1999; Seyoum *et al.*, 2000; Alves *et al.*, 2001; Batista, 2001; Weiss *et al.*, 2001; Grunwald *et al.*, 2002).

Alguns estudos genéticos utilizando o seqüenciamento de DNA mitocondrial foram realizados para definir a taxonomia do gênero *Symphysodon* e caracterizar geneticamente suas populações. Ready *et al.* (2006) concluíram que o gênero *Symphysodon* compreende duas linhagens principais distintas e propuseram a existência de três espécies: *S. aequifasciatus*, *S. discus* e *S. tarzoo* Lyons, 1959.

Bleher *et al.* (2007), estudaram as relações entre as populações de acarás-discos e chegaram à mesma conclusão sobre o número de espécies, porém com resultados diferentes, quanto a nomenclatura e distribuição geográfica das mesmas. Neste estudo, *S. aequifasciatus* seria a única espécie que ocorre a oeste do arco do Purus. *S. haraldi* seria distribuída extensamente desde a foz do rio Amazonas até o baixo rio Içá, perto do limite oeste de distribuição do gênero. *Symphysodon discus* tem sua distribuição limitada ao rio Negro, alguns tributários da margem esquerda do rio Amazonas e ao rio Abacaxis (baixo rio Madeira).

Farias & Hrbek (2008), encontraram resultados totalmente diversos. Neste estudo foram identificados três diferentes grupos monofiléticos. O primeiro grupo é

composto pelos “discos verdes” (*S. aequifasciatus*) do alto da bacia do rio Amazonas, de Tabatinga até a região de Tefé. O segundo grupo é composto pelos “discos azuis” (*S. aequifasciatus*) da região central da bacia amazônica, da região de Coari até Iranduba. Um terceiro grupo composto pelos “discos marrons” (*S. aequifasciatus*) para a região do baixo Amazonas, do rio Madeira até o rio Tocantins, pelos discos do rio Xingu (*S. aequifasciatus*) e pelas duas subespécies descritas de *S. discos*, o “Heckel” da bacia do rio Negro e o “abacaxi” do rio Abacaxi, no baixo rio Madeira.

Os resultados conflitantes destes estudos de taxonomia e caracterização genética de suas populações podem estar relacionados a ocorrência de zona de hibridização natural. A existência de híbridos naturais já foi identificada em alguns estudos (Silva & Kotlar, 1980; Burgess, 1991; Mazeroll & Weiss, 1995). A ocorrência de hibridização na história evolutiva de um grupo pode conduzir genes de um táxon a outro e assim genes diferentes, uma possível origem poliplóide via hibridização sugerem que a história evolutiva do gênero pode ter sido marcada por eventos de introgressão e hibridização (Amado, 2011).

Uma correta identificação das populações de discos que ocorrem no lago Amanã e seus igarapés tributários se fazem necessária. Assim como a identificação das barreiras físicas para fluxo gênico entre estas populações. Desta maneira conseguiremos identificar de maneira acurada o tamanho do estoque a ser manejo, conseguindo obter ações efetivas para uma exploração sustentável da espécie na área de estudo.

1.2 OBJETIVO GERAL

Analisar a estrutura genética das populações de *S. aequifasciatus* em igarapés tributários do lago Amanã, identificando a possível existência de subpopulações e caracterizando barreiras ao fluxo gênico.

1.2.1 Objetivos específicos

- Analisar a variabilidade genética de *S. aequifasciatus* no lago Amanã e igarapés tributários.
- Analisar a similaridade e o grau de isolamento dos grupos de indivíduos de *S. aequifasciatus* coletados no igarapés tributários do lago Amanã.

- Identificar possíveis barreiras ao fluxo gênico entre indivíduos de *S. aequifasciatus* nos igarapés tributários do lago Amanã.

1.3 HIPÓTESES

- Durante o período da cheia os igarapés adjacentes ao lago Amanã ficam conectados através das áreas de floresta inundada “igapó”. Sendo este o momento de dispersão dos cardumes de ácaras-disco para estas áreas, assim como a formação de casais para a reprodução. Espera-se que ocorra troca de fluxo gênico entre os indivíduos que acará-disco habitam os diferentes igarapés do Amanã, formando uma única população local.
- Os acará-disco são peixes que formam cardumes de grupos familiares e raramente atravessam áreas abertas de grandes rios. Devido à distância geográfica entre as amostras do lago Amanã e as três áreas consideradas grupos externos, além da presença de dois grandes rios entre elas (Japurá e Solimões). Espera-se que as populações das três áreas consideradas grupos externos sejam genética distintas das áreas do lago Amanã e igarapés tributários.

1.4 MATERIAIS E MÉTODOS

1.4.1 Coleta dos animais

Para as análises genéticas de estrutura populacional de *S. aequifasciatus* procurou-se coletar amostras em todos os principais igarapés tributários ao lago Amanã, num total de onze corpos d'água. Os peixes foram coletados à noite, nas moitas de maracaranas (*Ruprechtia* sp., Polygonaceae) e de carauazeiro (*Symmeria paniculata*, Polygonaceae), durante a estação seca (agosto a novembro) dos anos de 2007 e 2008, utilizando um puça e com o auxílio de uma lanterna. Outras três localidades fora da área de estudo foram incluídas com o intuito de servirem como grupo externo: uma no rio Tambaqui (ainda dentro do limite da Reserva Amanã, porém na área de várzea, com influência da água branca), e duas no lago de Tefé (fora dos limites da Reserva Amanã e com influência de água preta). Os peixes do rio Tambaqui foram comprados no mercado municipal de Tefé em abril de 2008, os pescadores que forneceram os peixes já trabalharam no Instituto

Mamirauá sendo conhecedores das Reservas Amanã e Mamirauá e nos indicaram a localização da captura dos mesmos. Já os acarás-disco do lago de Tefé foram comprados de pescadores ornamentais locais, na localidade conhecida como “Cinco bocas”, nas cabeceiras do lago Tefé. E um segundo lote foi coletado de maneira semelhante aos peixes capturados nos igarapés tributários do lago Amanã no flutuante-base do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – IDSM, que se localiza em frente à cidade de Tefé (Figura 1.1).

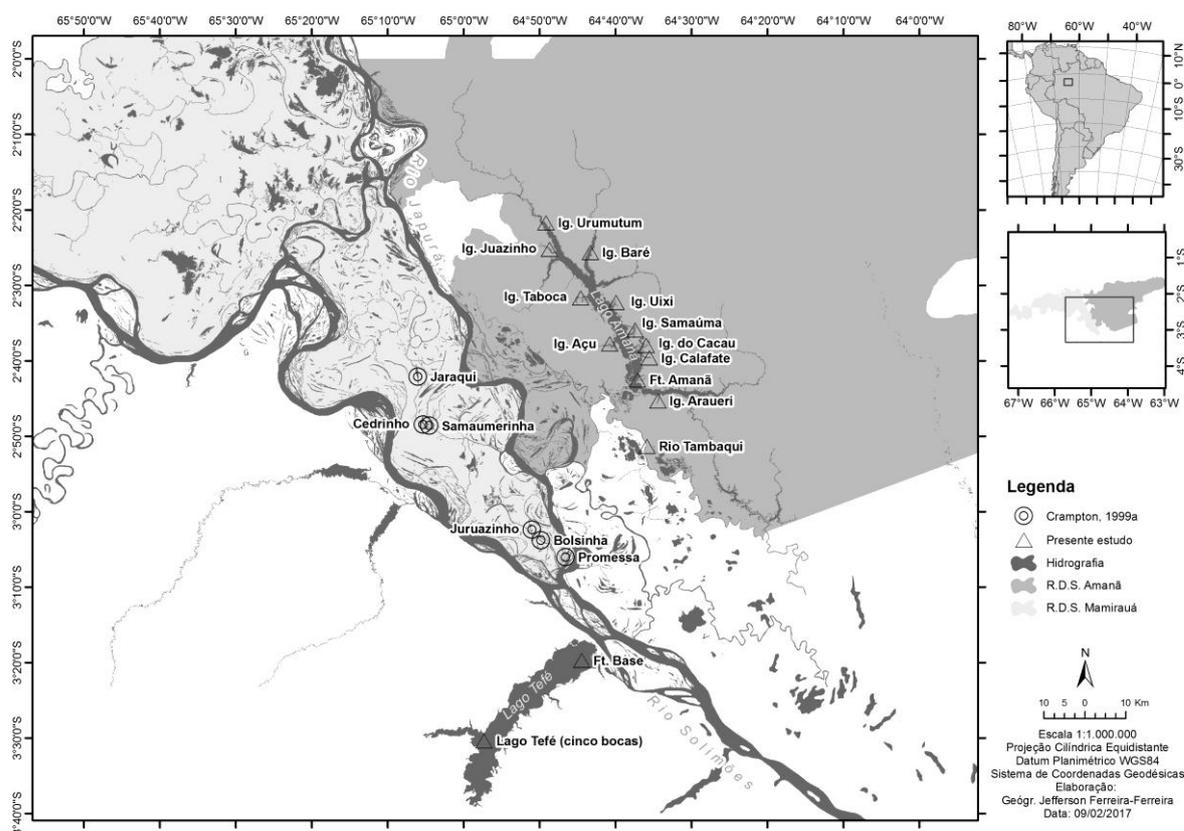


Figura 1.1: Locais onde foram obtidas amostras de tecido de acarás-disco para as análises de genética de populações, e locais amostrados na Reserva Mamirauá por Crampton, 1999a.

1.4.2 Métodos laboratoriais

Todos os peixes coletados eram conservados em isopor com gelo e transportados para laboratório de ictiologia do Instituto Mamirauá. Em laboratório eram coletadas amostras de tecido muscular retirados da região dorsal dos indivíduos. As amostras eram colocadas em pequenos frascos de vidros e conservadas em álcool 70%, sendo devidamente etiquetadas com o nome do local de coleta. Cada indivíduo representou uma amostra.

As amostras foram transportadas para o laboratório de genética molecular da Universidade Federal do Pará, no campus de Bragança, onde foram realizadas as análises genéticas conforme descrito abaixo.

O DNA total foi isolado de tecido muscular utilizando-se o protocolo padrão de digestão por Proteinase K e extração via fenol/clorofórmio (Sambrook *et al.*, 1989).

Em seguida, o DNA foi visualizado em luz ultravioleta através de eletroforese em gel de agarose a 1%, corado com brometo de etídio.

Um fragmento da região controle do DNA mitocondrial foi amplificado via reação em cadeia da polimerase (PCR) utilizando-se os iniciadores L1 5' CTAAGTCCCAAAGCTAGKATTC 3' (Gomes *et al.* 2008) e H2 5' CCGGCRCTCTTAGCTTTAACTA 3' (Gomes *et al.* 2008) no termociclador PCRExpress (*Thermo Hybaid*). Cada reação de 25 µL continha 4 µL de DNTP (5 mM), 2,5 µL de solução tampão (10x), 1 µL de MgCl₂ (50 mM), 0,25 µL de cada primer (200 ng/µL), 1 - 1,5 µL de DNA, 1U de Taq DNA Polimerase e água purificada suficiente para completar o volume final. A amplificação da região da alça D foi realizada nas seguintes condições: uma desnaturação inicial a 94 °C por 3 minutos, seguido de 30 ciclos de desnaturação a 94 °C por 30 segundos, hibridização a 57 °C por 1 minuto e extensão a 72 °C por 2 minutos e ao final dos ciclos uma extensão a 72 °C por 7 minutos.

O produto da PCR foi submetido a uma reação de sequenciamento utilizando-se o método didesoxiterminal (Sanger *et al.*, 1977) com reagentes do *Kit Big Dye (ABI Prism™ Dye Terminator Cycle Sequencing Reading Reaction – PE Applied Biosystems)* para amplificação de apenas uma fita de DNA, que foi a região sequenciada, utilizando o iniciador Dloop L1. Após essa reação de sequência, realizou-se um processo de purificação para retiradas de impurezas, em uma etapa chamada de precipitação. Este produto precipitado foi submetido à eletroforese em gel de poliácridamida em um sequenciador ABI Prism 377 (Applied Biosystems – Perkin Elmer) para realizar a leitura dos nucleotídeos marcados durante a reação de sequenciamento e dessa forma, definir a sequência pretendida.

1.4.3 Análises estatísticas

Os eletroferogramas de todas as sequências foram inspecionados manualmente para a confirmação dos nucleotídeos presentes, para o início da

composição do banco de dados no programa BioEdit (Hall, 1999), onde foram editadas e novamente inspecionadas, seguindo com o alinhamento automático realizado pelo CLUSTALW (Thompson, *et al.* 1994) aplicativo implementado no BioEdit (Hall, 1999), utilizando todos os parâmetros *default* do programa.

As análises para verificar a variabilidade genética de *S. aequifasciatus* foram realizadas utilizando-se os índices de diversidade haplótipica (h – medida que considera a frequência e número de haplótipos entre os indivíduos) e de diversidade nucleotídica (π – estimativa corrigida de divergência entre as seqüências) (Nei, 1987) no programa DnaSP 3.99 (Rozas *et al.*, 2003). No programa Arlequin 2.0 (Schneider *et al.*, 2000) foram verificados a composição de bases, o número de sítios polimórficos, a frequência de transições e transversões, em seguida realizados os testes de Tajima (D) (Tajima, 1989) e Fu (F_s) (Fu, 1996) para verificar os desvios da neutralidade. A rede de haplótipos foi gerada no programa Network 4.0 (Fluxus Technology Ltda., 2003), utilizando o algoritmo *Median-joining* (MJ). No programa MEGA 2.1 (Kumar *et al.*, 2001) foi gerada a matriz de divergência nucleotídica, utilizando a distância P , não corrigida.

Para as análises filogenéticas, utilizou-se o programa PAUP 4.0 (Swofford, 2002) foi utilizado o método da máxima parcimônia, que consiste na escolha da hipótese mais simples dentre todas as hipóteses possíveis de reconstrução filogenética, ou seja, a árvore que apresentar o menor número de passos. Cada passo representa uma mudança de estado de caráter e, no caso do DNA, uma mutação em um dos sítios das seqüências alinhadas. A significância dos agrupamentos foi estimada pela análise de *bootstrap*, geradas a partir de 1000 réplicas.

Com os resultados obtidos nas análises de variabilidade, similaridade e isolamento das populações, foi possível inferir sobre as possíveis barreiras ao fluxo gênico entre os grupos de indivíduos da espécie coletados nos diferentes igarapés do Lago Amanã.

1.5 RESULTADOS

Foram analisados 90 indivíduos de quatorze localidades diferentes sendo que o número de amostras por localidade está descrita na tabela 1.1. Sendo analisados um fragmento de 478 pares de bases da região D-Loop do DNA mitocondrial de 90

indivíduos. Foram encontrados treze sítios polimórficos, com treze substituições, sendo dez transições e 3 transversões. A composição de bases nucleotídicas foi de 34,22% para Adenina, 30,40% para Timina, 20,44% para Citosina e 14,94% para Guanina (Anexo 1).

Tabela 1.1: Variação intraespecífica das seqüências nucleotídicas de *Symphysodon aequifasciatus*, baseada em 478 pares de bases da Região D-loop do DNA mitocondrial, coletados em 11 igarapés do lago Amanã e áreas próximas.

Localidade	N. de amostras	Localidade	N. de amostras
Ig. Cacau	5	Flutuante Amanã	5
Flutuante Base	5	Ig. Baré	6
Ig. Calafate	10	Ig. Urumutum	9
Rio Tambaqui	10	Ig. Taboca	5
Ig. Samaúma	5	Ig. Araueri	5
Ig. Uxi	10	Lago Tefé	5
Ig. Juazinho	7	Ig. Açu	3

Foram encontrados dezoito haplótipos; destes, nove forem representados por apenas um indivíduo cada. O haplótipo H-2 foi o mais representativo, com 48 indivíduos, de localidades amostrais diferentes (Tabela 1.2). A rede de haplótipos demonstra não haver uma separação clara entre os grupos de indivíduos estudados nos diferentes igarapés, sendo o haplótipo H-2 responsável pela derivação da maioria dos outros haplótipos, e esta derivação muitas vezes, ocorreu devido a apenas uma ou duas mutações. As três localidades consideradas grupos externos não se separam das amostras localizadas nos igarapés tributários do lago Amanã, como era esperado. Principalmente as do lago Tefé onde a distância maior e o fato de acreditarmos que os rios Japurá e Solimões estarem servido de barreiras geográficas (Figura 1.2).

Tabela 1.2: Número de haplótipos formados, número de amostras por haplótipos e número de amostras por local de *Symphysodon aequifasciatus*, baseada em 478 pares de bases da Região D-loop do DNA mitocondrial, coletados em 14 sítios amostrais do do lago Amanã e redondezas.

Haplótipo	N total	Local da Amostra	N de amostras
H-1	2	Ig. Cacau	1
		Flutuante Base	1
H-2	48	Ig. Cacau	3
		Ft. Base	1
		Ig. Calafate	13
		Rio Tambaqui	1
		Ig. Uxi	9
		Ig. Juazinho	1
		Ig. Baré	1
		Ig. Urumutum	8
		Ig. Taboca	4
		Ig. Araueri	4
		Lago Tefé	1
H-3	1	Ig. Açú	2
		Ig. Cacau	1
H-4	7	Rio Tambaqui	4
		Ig. Calafate	3
H-5	3	Ig. Calafate	2
		Lago Tefé	1
H-6	2	Ig. Calafate	1
		Rio Tambaqui	1
H-7	1	Ig. Uxi	1
H-8	1	Ig. Uxi	1
H-9	1	Rio Tambaqui	1
H-10	1	Rio Tambaqui	1
H-11	2	Rio Tambaqui	2
		Ig. Juazinho	1
H-12	3	Ig. Samaúma	1
		Rio Tambaqui	1
		Ig. Samaúma	1
H-13	12	Ft. Amanã	2
		Ig. Urumutum	2
		Ig. Juazinho	3
		Ig. Baré	4
		Ft. Amanã	1
H-14	1	Ig. Baré	1
H-15	2	Ig. Juazinho	1
		Ig. Juazinho	1
H-16	1	Ig. Juazinho	1
H-17	1	Ft. Amanã	1
H-18	1	Ig. Urumutum	1

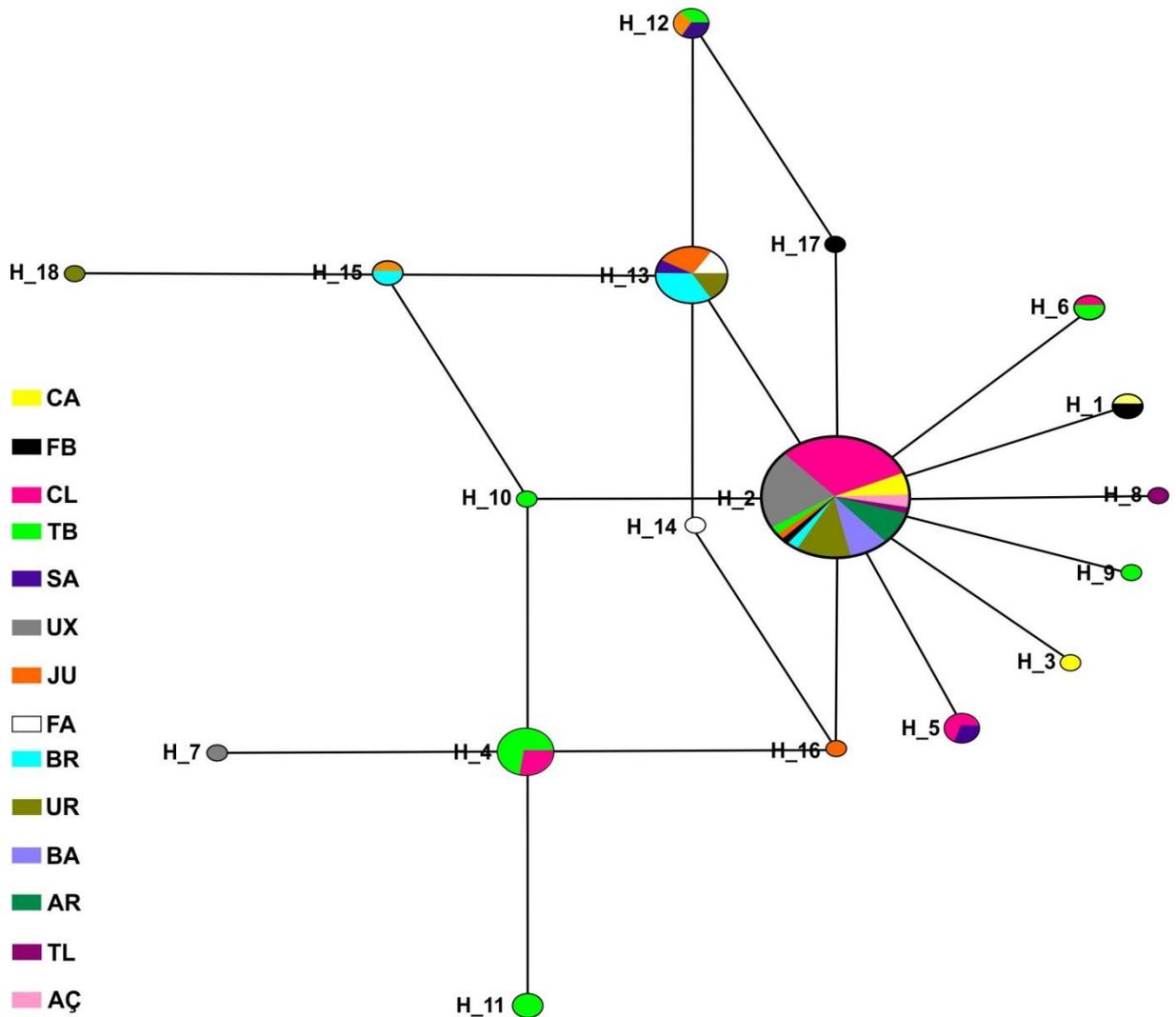


Figura 1.2: Rede de haplótipos de *Symphysodon aequifasciatus* baseada em 478 pares de bases da Região D-loop do DNA mitocondrial. CA = Igarapé Cacau; FB = Flutuante Base (Lago Tefé); CL = Igarapé Calafate; TB = Rio Tambaqui; SA = Igarapé Samaúma; UX = Igarapé Uxi; JU = Igarapé Juazinho; FA = Flutuante Amanã (Lago Amanã); BR = Igarapé Baré; UR = Igarapé Urumutum; TA = Igarapé Taboca; AR = Igarapé do Araueri; LT = Lago Tefé; AÇ = Igarapé Açú.

Considerando a população total, os valores de diversidade haplotípica e nucleotídica foram $h = 0,694 \pm 0,050$ e $\pi = 0,0025 \pm 0,00029$, respectivamente. Desvios da neutralidade foram observados pelos testes de Tajima D ($D = -1,865$, $P < 0,05$) e Fu ($F_s = -15,333$, $P = 0,0$), os quais apresentaram valores negativos e significantes, o que indica que a população está sofrendo algum tipo de pressão seletiva e ou expansão populacional.

Considerando a distância genética média, os valores intrapopulacionais (grupos de peixes coletados em cada igarapé) não ultrapassaram 0,4%. Comparando as populações (igarapés), não foram observados valores superiores a

0,6%, o que já era esperado considerando os baixos níveis de diversidade genética observados.

A análise de agrupamento identificou um grande grupo contendo 44 amostras de treze localidades diferentes. Todas as áreas localizadas fora do Lago Amanã, os grupos externos, obtiveram amostras neste grande grupo. A exceção foi a área do Flutuante Amanã que não teve nenhuma amostra neste grupo. Desta maneira não foi encontrada diferenças genéticas nas populações de acarás-discos estudadas (figura 1.3).

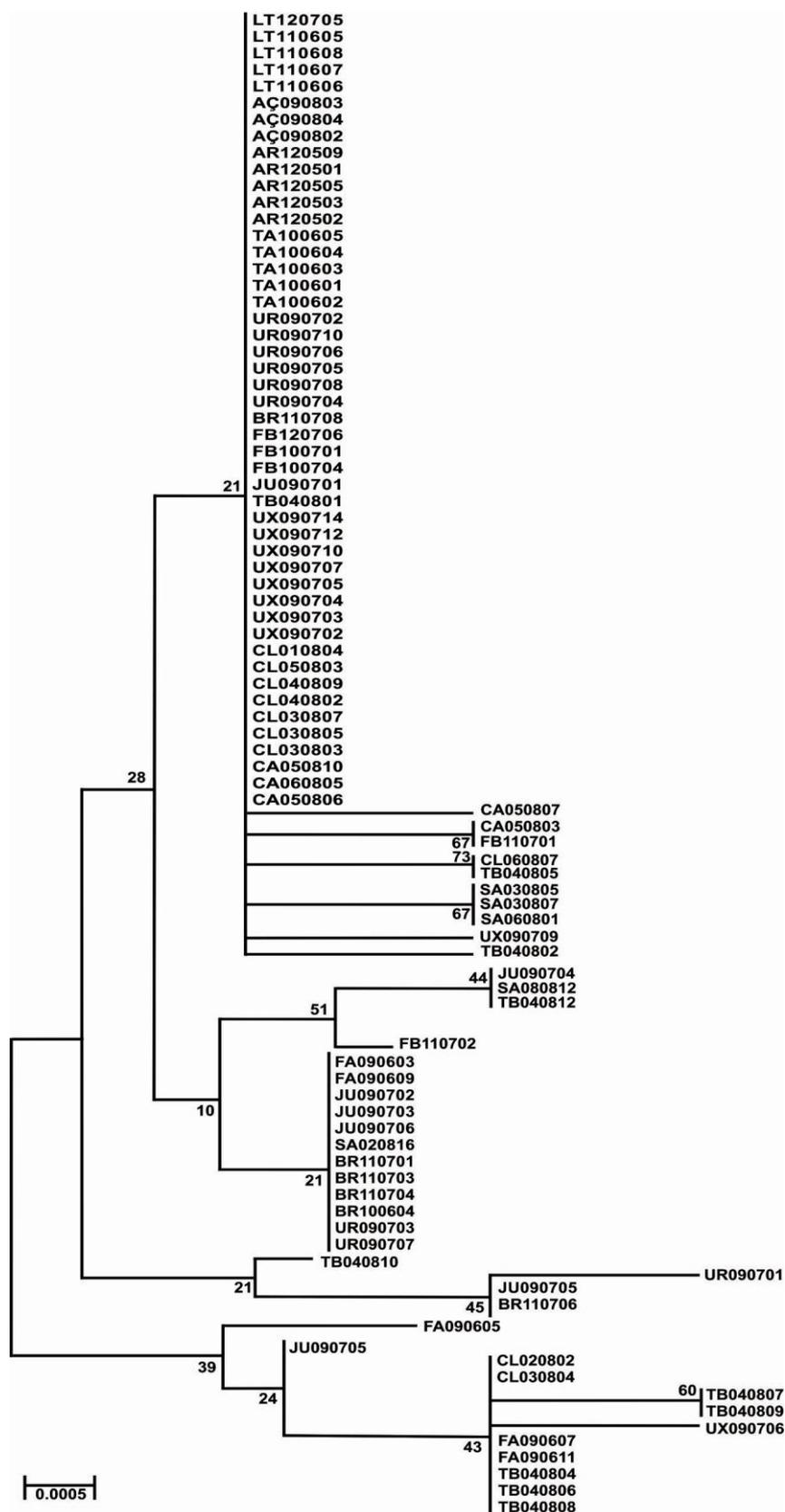


Figura 1.3: Agrupamento obtido através da análise de bootstrap da Região D-loop do DNA mitocondrial. Os números acima dos ramos são valores obtidos através do método de máxima parcimônia. CA = Igarapé Cacau; FB = Flutuante Base (Lago Tefé); CL = Igarapé Calafate; TB = Rio Tambaqui; SA = Igarapé Samaúma; UX = Igarapé Uxi; JU = Igarapé Juazinho; FA = Flutuante Amanã (Lago Amanã); BR = Igarapé Baré; UR = Igarapé Urumutum; TA = Igarapé Taboca; AR = Igarapé do Araueri; LT = Lago Tefé; AÇ = Igarapé Açú.

1.6 DISCUSSÃO

As análises dos valores de diversidade haplotípica e nucleotídica são métodos eficazes para inferir a história demográfica de uma população a partir de genealogias. Os baixos índices de diversidade haplotípica, e baixos índices de diversidade nucleotídica, junto com os desvios de neutralidade observados pelos testes de Tajima e Fu, indicam que todas as amostras possuem uma baixa diferenciação genética, existindo uma grande proximidade genética entre elas, sendo todas elas classificadas como uma mesma população (Avise, 1994).

O gênero *Symphysodon* apresenta em seu ambiente natural diversos padrões de coloração, e padrões de distribuição geográfica desses morfotipos vêm sendo utilizados para a definição de espécies, sub-espécies e variedades. Mesmo com a utilização de estudos moleculares, o número de espécies do gênero ainda é incerto. Nos diversos estudos genéticos realizados com o gênero, os resultados foram divergentes. Porém todos eles encontraram uma baixa divergência genética dentro do morfotipo verde. Esses estudos foram realizados com amostras de toda a suposta área de distribuição da espécie/morfotipo, demonstrando que há uma única população panmítica, mesmo com uma grande área de distribuição (Ready *et al.* 2006; Bleher *et al.* 2007; Farias & Hrbek 2008; Amado *et al.* 2011).

Outros peixes da bacia Amazônica de ampla distribuição geográfica, também apresentam uma única população panmítica na calha do rio Amazonas. Hrbek colaboradores (2005) encontraram uma única população panmítica para o pirarucu *Arapaima gigas*, sendo identificada uma fragmentação da população provocada pelas distâncias geográficas, porém com uma possível troca de fluxo gênico. Santos e colaboradores (2007) indicaram uma única população de tambaqui (*Colossoma macropomum*) dentro da bacia Amazônica Brasileira suportada por um intenso fluxo gênico entre as localidades, evidenciando um cenário de metapopulação.

Entretanto, estas espécies possuem comportamento de dispersão a longas distâncias, que não é o caso do acará-disco. Assim como as demais espécies de ciclídeos da Amazônia não são conhecidas migrações em larga escala. Estudos indicam que os acarás-discos possuem alta fidelidade aos locais de vida, ocorrendo apenas pequenos deslocamentos entre as galhadas onde passam o período de seca e áreas de floresta inundada (Crampton, 1999a; Crampton, 2008).

Um processo de divergência recente e a homogeneidade de habitat podem estar colaborando para a manutenção de uma constituição genética única para todas as populações do morfotipo verde, o que corrobora com as conclusões dos estudos de Farias & Hrbek (2008) e Amado *et al.* (2011). Esses resultados podem estar mostrando que o morfotipo verde teve origem múltipla, onde possivelmente a ocorrência de uma área de hibridização entre dois ou mais táxons tenha contribuído geneticamente para a formação e evolução desse grupo. Eventos de poliploidia a partir da hibridização de espécies é um mecanismo comum de especiação em peixes (Leggatt & Ywama, 2003; Comber & Smith, 2004).

Mesmo sabendo da dificuldade de atravessar grandes rios e também de seu comportamento fidelidade aos locais de vida e formação de agregações familiares já reportados em estudos anteriores (Bleher, 1995; Crampton, 2008). É notório que a espécie *Symphysodon aequifasciatus* (acará-disco verde) apresenta sua distribuição como uma metapopulação, onde um conjunto de subpopulações são conectadas por movimentos ocasionais de indivíduos entre elas (Ricklefs, 2009). A falta de conhecimento sobre a biologia e ecologia dos acarás-disco e a dificuldade de captura dos indivíduos durante o período de cheia, momento onde ocorre a reprodução e dispersão da espécie, podem estar dificultando o entendimento da conexão entre as sub-populações.

Estudos indicam a existências de outras sub-populações entre os grupos externos (lago Amanã e rio Tambaqui) com as sub-populações do lago Amanã (figura 1.1). Crampton (1999a) capturou indivíduos de acará-disco em pelo menos seis lagos da na RDS Mamirauá. Mendonça & Camargo (2006) relataram a pesca comercial da espécie nesta mesma área na década de noventa, indicando que uma possível extinção local por causa da sobre-pesca. A existência destas populações indicam um conjunto de sub-populações com uma pequena distância física entre elas, aumentando a chance movimentos de indivíduos entre elas e ocorrendo a troca de fluxo gênico. Mesmo não sabendo como ocorre esta movimentação entre as sub-populações, podemos concluir que é um processo ocasional e lento, pois mesmo após mais de quinze anos dos estudos sobre os acarás-disco na Reserva Mamirauá (Crampton, 1999a) não foi possível a captura de nenhum exemplar de acará-disco proveniente desta área para o presente estudo.

1.7 CONCLUSÕES

Conforme esperado não houveram diferenças genéticas consistentes entre os grupos de indivíduos de acarás-disco coletados em 11 igarapés do lago Amanã, demonstrando que todos os indivíduos fazem parte de uma mesma população e um mesmo estoque genético, e indicando que o manejo da espécie nesta área pode ser unificado.

Quando consideramos todas as áreas amostrais, ao contrário do esperado, também não houveram diferenças genéticas entre as sub-populações amostradas. Este resultado pode ter origem a uma divergência recente e a homogeneidade de habitat colaborando para a manutenção de uma constituição genética única para todas as sub-populações. Indicando também uma origem múltipla, onde possivelmente a ocorrência de uma área de hibridização entre dois ou mais táxons tenha contribuído geneticamente para a formação e evolução desse grupo, aliados a de poliploidia a partir da hibridização, e a provável ocorrência de fluxo gênico entre as sub-populações numa distribuição de metapopulação.

Mesmo sabendo da dificuldade da espécie em atravessar grandes rios e também de seu comportamento fidelidade aos locais de vida e formação de agregações familiares é notório que a espécie *Symphysodon aequifasciatus* (acará-disco verde) apresenta sua distribuição como uma metapopulação. A falta de conhecimento sobre a biologia e ecologia dos acarás-disco e a dificuldade de captura dos indivíduos durante o período de cheia, momento onde ocorre a reprodução e dispersão da espécie, podem estar dificultando o entendimento da conexão entre as sub-populações.

A existência num pasado de sub-populações próximas (pequena distância física) em toda a área de estudo aumentando a chance movimentos de indivíduos entre elas e a ocorrência de troca de fluxo gênico. Mesmo não sabendo de que maneira isto ocorre, podemos concluir que é um processo ocasional e lento, pois mesmo após mais de quinze anos dos estudos sobre os acarás-disco na Reserva Mamirauá não foi possível a captura de nenhum exemplar de acará-disco proveniente desta área para o presente estudo.

Capítulo 2 – Dieta de *Symphysodon aequifasciatus* (Pelegrin, 1904) (Perciformes: Cichlidae) em igarapés tributários do lago Amanã

2.1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre a dieta dos peixes fornecem importantes informações sobre o conhecimento básico da biologia das espécies, compreensão da organização trófica do ecossistema e conhecimento quantitativo de mecanismos ecológicos de interação entre espécies, como predação e competição, além de mudanças na composição e quantidade de alimento consumido pelos peixes ao longo do ano (Herrán, 1988; Almeida *et al.* 1993; Esteves & Aranha, 1999).

A variação na dieta dos peixes é influenciada por modificações sazonais do habitat que produzem diferentes condições bióticas e abióticas no ambiente, influenciando na oferta de alimento para os peixes. Na região tropical a principal variável que influencia na dieta das espécies de peixes é o ciclo hidrológico. Durante a cheia extensas áreas de terra são alagadas expandindo o ambiente aquático e aumentando a quantidade de matéria orgânica, proveniente da vegetação terrestre inundada, servindo como fonte alimentícia pelos peixes. Já no período da seca a disponibilidade de alimento torna-se restrita, porém com o aumento da densidade de peixes, devido à diminuição da área alagada, aumenta a oferta de alimento para peixes piscívoros (Lowe-McConnell, 1999; Abelha *et al.* 2001).

O ambiente aquático amazônico fornece uma grande variedade de itens alimentares para os peixes, e estes exploram uma ampla variedade de itens disponíveis. Entre as fontes alimentares podemos destacar os próprios peixes, com algumas espécies piscívoras, consumindo além de peixes inteiros os pedaços, também escamas, nadadeiras, sangue e muco. Os invertebrados são uma importante fonte alimentar para os peixes onde se destacam os crustáceos, moluscos, briozoários, poríferos, rotíferos, oligoquetos, insetos e os aracnídeos, além das espécies consumidoras de detritos (Santos, 1982; Ferreira, 1984; Santos & Ferreira, 1999; Claro-Jr *et al.* 2004; Mascarenhas, 2008)

Porém, este suprimento de alimentos está sujeito a fortes variações sazonais e depende do tipo de habitat, fazendo com que grande parte das espécies apresente estratégias notáveis para se adaptarem às mudanças sazonais nos diversos ambientes que ocupam, otimizando os ganhos energéticos nos momentos mais favoráveis (Goulding, 1980; Barthem & Fabr e, 2004). Desta maneira a dinâmica

hidrológica dos rios amazônicos é considerada como fator chave na sazonalidade das áreas de várzea. O aumento do nível das águas durante o período de cheia e o eventual alagamento das áreas marginais aos leitos dos rios provêm grande parte da base energética que sustenta os peixes. Itens de origem alóctones, como frutos, sementes e folhas, além de algas perifíticas e planctônicas que crescem nestas áreas são as principais fontes de energia primária para a cadeia trófica aquática amazônica (Fosberg *et al.* 1993; Araújo-Lima *et al.* 1995; Junk *et al.* 1997; Silva Jr. 1998).

A variação na oferta dos itens alimentares disponíveis faz com que a grande maioria das espécies de peixes amazônicos não se especialize no consumo de um determinado tipo de alimento (Santos & Ferreira, 1999). Esta estratégia alimentar permite os peixes buscar fontes alternativas de alimentos ao longo do ciclo hidrológico, uma vez que a flutuação dos alimentos disponíveis é grande ao longo do ano (Goulding *et al.* 1988; Ferreira, 1992).

Os Ciclídeos são peixes neotropicais de aceleradas taxas de evolução, mostrando altos níveis de variação genética (Farias *et al.* 1999), apresentando também uma vasta diversidade de hábitos alimentares (Nelson, 1994). Aspectos referentes à morfologia de suas espécies, como forma e posição da boca, dentes faríngeos e forma e tamanho do estômago e intestino podem influenciar a dieta das espécies, determinando como o peixe pode alimentar-se.

Desta maneira, entre os ciclídeos existem espécies que são piscívoras, como é o caso dos tucunarés (*Cichla* spp.) e os jacundás (*Crenicichla* spp.). Estes gêneros apresentam cabeças relativamente longas, maxilares faríngeos inferiores baixos e focinhos curtos, com a boca terminal orientadas na posição dorsal (López-Fernández *et al.* 2012). Indivíduos juvenis de *Crenicichla lugubris* e *C. aff. wallacii* se alimentam principalmente de larvas aquáticas de insetos, escamas de peixes e camarões (Montaña & Winemiller, 2009).

Já algumas espécies da tribo Geophagini apresentam cabeças curtas e profundas, focinhos longos e bocas ventralmente orientadas. Alimentam-se principalmente de presas e detritos bentônicos e epibênticos. Em seu forrageamento realiza a peneiração de substrato para obter invertebrados bentônicos, um comportamento que envolve a ingestão de substrato arenoso ou silvestre e a filtração de partículas comestíveis. Entre seus representantes estão

espécies dos gêneros *Apistogramma*, *Biotodoma*, *Guianacara* e *Geophagus* (López-Fernández *et al.* 2012).

Algumas espécies são onívoras consumindo uma grande quantidade de detritos como *Hoplarchus psittacus* and *Mesonauta insignis*. Outras espécies de porte médio possuem hábitos carnívoros/insetívoros como o acará-açú (*Astronotus* spp.) e o acará-bicudo (*Retroculus lapidifer*). (Moreira & Zuanon, 2002; López-Fernández *et al.* 2012; Trindade & Queiroz, 2012).

O gênero *Symphysodon* é caracterizado por apresentar tubo digestivo com o estômago mal definido e intestino muito longo (Crampton, 2008). Esta morfologia digestória é típica de espécies com dieta predominantemente vegetariana, detritívora, ou onívora (Zihler, 1982; Zavala-Camin, 1996). Poucos foram os trabalhos realizados sobre a dieta em ambiente natural das espécies do gênero *Symphysodon* (Bleher, 2006; Crampton, 2008). Estes estudos revelaram um alto consumo de algas, material de origem vegetal, pequenos invertebrados terrestres, detrito orgânico e perifiton. Porém, em nenhum deles as amostras completaram um ciclo hidrológico anual, não sendo possível obter informações a respeito da variação temporal na dieta das espécies do gênero.

Existe um interesse crescente nos estudos de alimentação, pois o correto entendimento da biologia dos recursos pesqueiros e seu funcionamento num ecossistema são essenciais para tomadas de decisões sobre sua exploração (Zavala-Camin, 1996).

2.2 OBJETIVO GERAL

O estudo tem como objetivo determinar a dieta de *S. aequifasciatus*, identificando os itens alimentares consumidos, avaliando as variações temporais nos itens consumidos e determinando sua categoria trófica, assim como avaliar a confiabilidade no uso de indivíduos confinados para a determinação da dieta da espécie.

2.2.1 Objetivos específicos

- Comparar a dieta dos exemplares mantidos confinados com aqueles capturados na natureza
- Descrever os itens alimentares consumidos por *S. aequifasciatus*

- Avaliar as variações temporais nos itens consumidos por *S. aequifasciatus*
- Determinar a categoria trófica de *S. aequifasciatus*.

2.3 HIPÓTESES

- Estudos sobre a dieta do gênero *Symphysodon* mostra que uma dieta baseada em pequenos organismos como algas, pequenos invertebrados terrestres, detrito orgânico e perifiton. Como estes organismos conseguem circular livremente entre a área interna e externados tanques onde os animais ficaram confinados, e também pelos tanques serem mantidos no local em seu habitat natural, espera-se que não seja encontrada diferenças significativas entre as dietas dos exemplares mantidos confinados com aqueles capturados na natureza.
- O ambiente aquático amazônico fornece uma grande variedade de itens alimentares para os peixes, estes apresentam uma alta plasticidade trófica alternando sua dieta conforme a bundância relativa do recurso alimentar se modifica. A espécie *S. aequifasciatus* passa o período da seca concentrado em moitas de maracarana (*Ruprectiasp. Polygonaceae*), já na cheia a espécie se dispersa nas áreas de igapó e nas margens do lago Amanã, Com esta mudança de habitat é possível haver uma variação nos itens alimentares disponíveis. Desta maneira espera-se encontrar uma variação significativa na dieta de *S. aequifasciatus* ao longo do ciclo hidrológico.

2.4 METODOLOGIA

2.4.1 Coleta dos animais

A descrição do experimento de coleta dos indivíduos está descrita detalhadamente na introdução da tese.

2.4.2 Métodos laboratoriais

A dieta da espécie foi determinada com base na análise do conteúdo estomacal, com auxílio de microscópio estereoscópico e microscópio óptico. Como a espécie possui um estômago pequeno e mal definido e um intestino alongado, em

muitos espécimes foi encontrada uma maior quantidade de alimento no intestino, desta maneira optou-se pela análise de todo o conteúdo do tubo digestório.

Após a abertura do tubo digestório, foi estimado o grau de repleção estomacal por meio de uma avaliação visual, sendo atribuídos valores percentuais de acordo com o volume ocupado pelo alimento no estômago: 0% (estômago vazio); 10% (até 10%); 25% (entre 10% e 25%); 50% (entre 25% e 50%); 75% (de 50% a 75%); e 100% (de 75% a 100%), como utilizado por Goulding *et al.* (1988).

Todo o alimento contido no tubo digestório e transferido para uma placa de Petri. Em seguida, cada tipo de item alimentar foi separado e identificado até o nível taxonômico mais preciso possível. O volume relativo de cada item do conteúdo foi calculado segundo Soares (1979), por meio de uma estimativa visual da abundância de cada item, considerando o volume total como 100%. Esses valores foram multiplicados pelo grau de repleção do estômago, de forma a corrigir os erros decorrentes de variações no volume absoluto dos tratos digestórios analisados.

Também foi utilizado a Freqüência de Ocorrência proposto por Hynes (1950) e empregado por Hyslop (1980), segundo a seguinte fórmula:

$$F. O. = (NI / Ne) \times 100$$

Onde: Ni = Número de estômagos com o item i.

Ne = Número de estômagos com alimento

2.4.3 Análises estatísticas

Para a análise comparativa entre a dieta dos indivíduos mantidos nos tanques-rede e os coletados em ambiente natural, foi utilizado o Índice de Morisita (Krebs, 1989). Este índice é comumente utilizado para medir similaridade entre dietas, e foi adaptado para medir a similaridade dos recursos utilizados pela mesma espécie em condições diferenciadas (natural e tanque-rede). Utilizando a fórmula:

$$C = (2 \sum p_{ij} p_{ik}) / (\sum^n p_{ij} [(n_{ij} - 1) / (N_j - 1)] + \sum^n p_{ik} [(n_{ik} - 1) / (N_k - 1)])$$

Onde:

C = Índice de Morisita;

p_{ij} = Porporção do recurso i no total de recursos usados pela espécie coletada no tanque rede;

p_{ik} = proporção do recurso i no total de recursos usados pela espécie coletada em ambiente natural;

n_{ij} = número de indivíduos da espécie que utilizaram o recurso i coletados no tanque rede;

n_{ik} = número de indivíduos da espécie que utilizaram o recurso i coletados em ambiente natural.

N_j = número total de recursos que a espécie mantida nos tanques redes utiliza.

N_k = número total de recursos que a espécie coletada em ambiente natural utiliza

O índice de Morisita foi calculado por período do ciclo hidrológico, de modo a verificar as possíveis variações temporais da dieta dentro e fora dos tanques-rede ao longo de um ano de amostragens.

Posteriormente ao índice de Morisita, foi aplicado o teste não-paramétrico de Wilcoxon para detectar possíveis diferenças entre as dietas da espécie nas duas condições. Caso não seja encontradas diferenças significativas na dieta dos peixes nos dois tratamentos a descrição dos itens consumidos, as análises de variação temporal dos itens consumidos e a determinação da categoria trófica serão realizadas com as informações dos dois tratamentos agrupadas.

As variações temporais na dieta da espécie foi testada através do índice de Morisita para determinação da similaridade da dieta entre os períodos hidrológicos, e posteriormente foi aplicado o teste não-paramétrico de Wilcoxon para detectar possíveis diferenças entre as dietas da espécie entre os períodos hidrológicos, conforme fórmulas descritas acima.

Para a avaliação da importância relativa de cada tipo de alimento ingerido pela espécie, foi calculado o Índice Alimentar (I.A.) (Kawakami & Vazzoler, 1980), em porcentagem, onde os dados de Frequência de Ocorrência e de Volume Relativo foram combinados, através da seguinte fórmula:

$$I.A. = (F_i \times V_i / \sum (F_i \times V_i)) \cdot$$

Onde:

I. A. = Índice Alimentar;

F_i = Frequência de Ocorrência do item i ;

V_i = Volume Relativo corrigido pelo grau de repleção do item i , em função do conteúdo total de cada Estômago.

Os valores de Índice Alimentar foram multiplicados por 100, para uma expressão em porcentagem.

A partir do valor do I.A., foi possível determinar a categoria trófica da espécie, sendo considerados dominantes aqueles itens que apresentaram valores superiores a 50%. Quando nenhum item alcançou a taxa de 50%, os de maior abundância foram somados para determinar a categoria trófica da espécie. Foram consideradas as seguintes categorias: Herbívoro (consumidores de itens de origem vegetal), Invertívoro (consumidores de larvas e fragmentos de insetos, terrestres e/ou aquáticos), Piscívoro (consumidores de peixes), Detritívoro (consumidores de detritos) e Onívoro (quando a dieta apresentou itens tanto de origem vegetal quanto de origem animal, sem predomínio de nenhum deles) (Hahn *et al.* 1998).

2.5 RESULTADOS

Foram analisados 490 tratos digestórios, sendo que 295 espécimes analisadas estavam confinadas nos tanque-redes, e 195 indivíduos foram coletados em ambiente natural. Do total de tratos digestórios coletados 290 continham alimentos e tiveram os seus conteúdos analisados (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Número de indivíduos analisados com e sem conteúdo no trato digestório, em cada tratamento e por período do ciclo hidrológico.

Período hidrológico	Cofinado		Natureza	
	Com conteúdo	Vazio	Com conteúdo	Vazio
Seca	22	35	31	79
Enchente	80	27	22	8
Cheia	63	10	0	0
Vazante	46	12	26	29

Os itens alimentares foram agrupados em 11 categorias, com várias categorias pertencentes a ordem dos invertebrados, presença de escamas e material de origem vegetal (Tabela 2.2).

Tabela 2.2: Categorias dos itens alimentares consumidos pelo acará-disco na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã e sua caracterização.

Categoria	Caracterização
Algas	Presença de algas verdes com predomínio de <i>Spyrogyra</i> spp., e de diatomáceas.
Material vegetal	Predomínio de mesocarpo e epicarpo, e em menor escala, sementes e caules. Ocorrência também de uma espécie de Bryophyta.

Ectoprocta (Bryozoa)	Uma única espécie, não identificada
Nematoda	Três espécies não chegando a uma classificação mais precisa.
Insetos imaturos	Larva, pupa e ninfa de diversas famílias de insetos, com predomínio de Ephemeroptera e Diptera (Chiromonidae).
Insetos adultos	Presença de uma espécie de Hemiptera e uma espécie de Hymenoptera.
Fragmentos de insetos	Fragmentos de insetos; não foi possível identificar sua origem e classificação.
Microcrustáceos	Presença de Conchostraca e Ostracoda.
Ácaro	Duas espécies com predomínio de <i>Hydracarina</i> sp.
Escamas	Escamas da própria espécie.
Material não identificado	Itens alimentares de origem animal e vegetal, semidigeridos e não identificados.

2.5.1 Comparação entre os peixes coletados em ambiente natural e os mantidos em cativeiro

A comparação das dietas dos indivíduos capturados na natureza com os confinados mostrou não ocorrer diferenças significativas ao longo de todo ciclo hidrológico. A maior similaridade foi encontrada no período da seca. Durante o período da cheia não foi possível realizar a análise devido à falta de indivíduos capturados na natureza (Tabela 2.3). Desta maneira foi possível a realização das análises com os dois tratamentos agrupados, os indivíduos confinados e os coletados na natureza, cobrindo todo o ciclo hidrológico.

Tabela 2.3: Valores de Índice de similaridade de Morisita, teste de Wilcoxon e Índice Alimentar por período hidrológico e geral dos itens alimentares encontrados nos tubos digestivos de amostras de acará-disco coletados na natureza e os mantidos confinados. (Cof.= Confinado Nat.= Natureza).

	Seca		Enchente		Vazante		Total	
Morisita	0.98		0.88		0.70		0.73	
	Cof.	Nat.	Cof.	Nat.	Cof.	Nat.	Cof.	Nat.
Wilcoxon	Z= 0.12		Z= 0.15		Z= 0.42		Z= 0.17	
	p= 0,91		p= 0,88		p= 0,67		p= 0,87	
Algas	15.1	10.7	21.1	1.5	18.1	8.7	22.8	6.7
Material vegetal	19.8	29.0	39.6	48.9	5.2	30.7	22.9	36.5
Ectoprocta (Bryozoa)	14.3	9.2	19.6	14.1	6.1	0.9	21.2	5.6
Nematoda	0.0	0.1	0.1	0.0	1.1	0.4	0.9	0.2
Insetos imaturos	1.5	4.4	6.9	9.4	47.5	26.0	7.7	12.5
Insetos adultos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Fragmentos de insetos	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1
Microcrustáceos	3.5	0.8	2.0	0.9	9.9	1.3	9.0	0.5

Ácaro	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
Escama	0.3	0.2	0.1	0.4	0.0	0.1	0.1	0.1
Material não identificado	45.4	45.6	10.5	24.7	12.0	32.0	15.1	37.6

2.5.2 Variação temporal no grau de repleção dados agrupados

O grau de repleção estomacal identificou uma grande quantidade dos tubos digestórios vazios (41%). Observou-se que o período de seca é onde os peixes apresentam uma menor atividade de forrageio, com a maioria dos tubos digestórios analisados vazios. No período de enchente os peixes aumentam as atividades de forrageio e na cheia, ocorreu o período de maior alimentação da espécie. No mês de julho não foi encontrado nenhum tubo digestório vazio, e cerca de 40% dos estômagos tiveram seu volume completamente ocupado por alimento (figura 2.1).

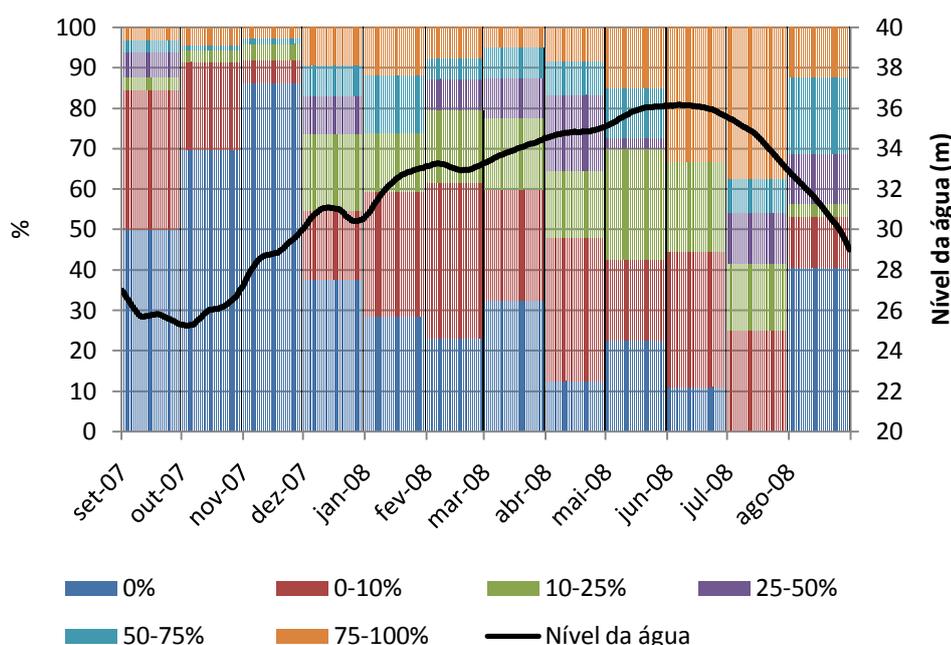


Figura 2.1: Volume ocupado pelo alimento no trato digestório de exemplares de acarás-disco coletados mensalmente em igarapés tributários do lago Amanã, dados agrupados.

2.5.3 Frequência de ocorrência dos itens alimentares

Entre os itens identificados, algas foi o que ocorreu em maior frequência, este item apesar de muito frequente, quase sempre foi encontrado em baixa quantidade. Já material vegetal foi encontrado em 174 estômagos. Alguns invertebrados também tiveram alta frequência de ocorrência, tais como Ectoprocta, Insetos imaturos e Microcrustáceos. Já Acaros, Insetos adultos e Fragmento de insetos, foram pouco

frequentes, sendo encontrados exemplares de Hymenoptera em duas amostras e de Hemiptera em apenas uma (Tabela 2.4).

Tabela 2.4: Frequência de ocorrência dos itens alimentares encontrados nos tubos digestórios dos acarás-disco coletados em igarapés tributários do lago Amanã, dados agrupados.

Item alimentar	N de estômagos com o item	Frequência de Ocorrência (%)	Volume relativo (%)
Alga	205	41.8	12.8
Material vegetal	174	35.5	23.2
Ectoprocta (Bryozoa)	117	23.9	20.5
Nematoda	33	6.7	2.9
Insetos imaturos	110	22.4	12.9
Insetos adultos	3	0.6	0.1
Fragmento de insetos	2	0.4	0.5
Microcrustáceos	78	15.9	11.0
Ácaro	8	1.6	0.3
Escama	29	5.9	0.7
Material não identificado	213	43.5	14.8

2.5.4 Índice Alimentar e variação temporal da dieta

O índice alimentar mostrou que material vegetal e alga foram os itens mais importantes para a espécie, sendo encontrado em grande quantidade em todos os períodos do ciclo hidrológico. A exceção foi a cheia onde material vegetal foi pouco consumido. Ectoprocta foi o terceiro item mais consumido com seu consumo sendo alto na enchente e na cheia.

Durante o ciclo hidrológico existe uma dominância de item de origem vegetal com material vegetal e algas estando entre os três itens mais consumidos, a exceção é a baixa quantidade de material vegetal durante a cheia. Na cheia e na vazante aumenta o consumo de itens de origem animal, ectoprocta foi item mais consumido na cheia e insetos imaturos o item mais consumido na vazante.

Material não identificado obteve o segundo maior valor de índice alimentar no geral, sendo que no período da seca este valor chegou a 45%. A alta proporção de material não identificado pode ser explicada, em parte, pelo fato da análise ter sido realizada com todo o trato digestório dos espécimes, e não apenas o estômago.

Com isso, uma grande quantidade de material em elevado processo de digestão foi encontrada (Tabela 2.5).

Tabela 2.5: Índice alimentar (geral e por período hidrológico) dos itens alimentares consumidos por acarás-disco coletados em igarapés tributários do lago Amanã, dados agrupados.

Item alimentar	Índice alimentar (IA%)				
	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Agrupado
Algas	12.8	10.7	17.5	21.6	18.0
Material vegetal	20.1	29.0	41.6	5.8	27.6
Ectoprocta (Bryozoa)	2.4	9.2	19.1	23.9	16.4
Nematoda	0.6	0.1	0.1	4.3	0.7
Insetos imaturos	35.3	4.4	7.3	4.7	9.7
Insetos adultos	0.0	>0.0	0.0	>0.1	>0.1
Fragmentos de insetos	0.0	0.0	>0.1	0.1	>0.1
Microcrustáceos	3.7	0.8	1.9	27.5	5.9
Ácaro	0.1	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1
Escama	>0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
Material não identificado	24.9	45.6	12.5	11.8	21.6

O teste de Wilcoxon mostra que não houve diferenças significativas na dieta da espécie ao longo do ciclo hidrológico. A variação temporal na similaridade da dieta mostrou que o período de cheia foi o que apresentou uma menor similaridade com os demais. Já a seca apresentou as maiores similaridades principalmente com a enchente e a vazante (tabela 2.6).

Tabela 2.6: Índice de similaridade de Morrisita, na parte superior e teste de Wilcoxon, na parte inferior, comparando a dieta de acarás-disco coletados em igarapés tributários do lago Amanã, entre os períodos do ciclo hidrológico, dados agrupados.

	Vazante	Seca	Enchente	Cheia
Vazante	-	0,73	0,66	0,52
Seca	Z=0,06; p= 0,95	-	0,76	0,47
Enchente	Z= 0,05; p= 0,96	Z=1,07; p=0,28	-	0,57
Cheia	Z= 0,36; p=0,72	Z= 0,56; p= 0,72	Z= 0,76; p= 0,44	-

Os resultados indicam que a espécie possui uma alimentação onívora, consumindo tanto alimentos de origem vegetal como de origem animal durante todo o ano. No período de seca e enchente a alimentação do acará-disco tende à

herbivoria; já na vazante e na cheia a espécie apresenta tendência à invertivoria, com um maior consumo de insetos.

2.6 DISCUSSÃO

O itens alimentares encontrados mostra que *S. aequifasciatus* possui uma dieta baseada em itens de origem vegetal e animal, resultado semelhante ao encontrado por outros autores que estudaram a dieta das espécies de acará-disco (*Symphysodon* spp.) (Bleher, 2006; Crampton, 2008; Rossoni com. pes.). Estes estudos revelaram um alto consumo de algas, material de origem vegetal, pequenos invertebrados terrestres, detrito orgânico e perifiton.

Os dois tratamentos (cativeiro e ambiente natural) utilizados neste experimento foram submetidos a condições ambientais semelhantes. A similaridade da dieta nos tratamento mostra que esta metodologia pode ser útil para verificação de outros parâmetros biológicos da espécie, ou mesmo utilizado em estudos de outras espécies que apresentem uma taxa de captura diferenciada ao longo do ciclo hidrológico. Porém, vale ressaltar que o experimento deve ser desenvolvido buscando manter os peixes confinados em condições o mais semelhante possível daquelas do ambiente natural.

O fato dos tanques-redes terem sido instalados em locais próximos de onde os demais peixes foram coletados provavelmente foi fundamental para que a semelhança entre as dietas fosse encontrada. Alterações espaciais mudam as condições abióticas e conseqüentemente a oferta de alimento (Abelha *et al.*, 2001).

As variações ambientais sazonais às quais os peixes amazônicos estão submetidos durante o ciclo hidrológico fazem com que eles otimizem seu ganho energético na época em que possuem uma maior oferta de alimento (Goulding, 1980). Desta maneira, os peixes acumulam grande quantidade de tecidos de reserva entre os músculos e na cavidade abdominal, que os permitem suportar períodos de maior escassez de alimento, mudando sua dieta conforme a oferta de determinado item alimentar diminui (Lowe-McConnell, 1999; Santos & Ferreira, 1999; Abelha *et al.* 2001).

O grau de repleção indica a intensidade da atividade alimentar, como também permite inferir sobre a disponibilidade de alimento no ambiente (Santos, 1982). A baixa atividade alimentar observada na vazante e seca, e seu aumento gradativo do

final da seca até o período de cheia, são registrados também para outras espécies de peixes amazônicos (Santos,1982; Lowe McConnell, 1999; Santos & Ferreira, 1999). Isso ocorre principalmente entre as espécies que possuem um elevado consumo de material vegetal e insetos, pois estes itens são mais abundantes durante o período de águas altas, provenientes da vegetação terrestre inundada. Já no período de águas baixas, a disponibilidade de alimentos é escassa (Goulding, 1980; Lolis & Andrian, 1996; Araújo-Lima & Goulding, 1998; Santos & Ferreira, 1999), com exceção dos piscívoros.

Outro fator que pode influenciar uma maior atividade alimentar no período de enchente e cheia seria uma menor competição interespecífica, pois na enchente, assim que a água entra na floresta, as colônias de acará-disco se desfazem e os indivíduos espalham-se pelo igapó (Crampton,2008; obs. pes.). Crampton (2008) e Rossoni (com. pes.) em estudo com a espécie em ambiente natural encontraram o mesmo padrão no grau de repleção. Nele, no período de seca a grande maioria dos estômagos encontra-se vazia. Estes estudos, entretanto, não conseguiram analisar os peixes durante os períodos de enchente e cheia.

Symphysodon aequifasciatus pode ser considerada uma espécie onívora, com elevado consumo de algas filamentosas, materiais vegetal e invertebrados. Este resultado é semelhante ao encontrado em outros estudos de espécies do gênero *Symphysodon* (Bleher, 2006; Crampton, 2008) As algas filamentosas, item que ocorreu com maior frequência nos estômagos dos acarás-disco, são importantes na alimentação dos peixes amazônicos. São consideradas, em alguns casos, a base da cadeia alimentar de ecossistemas aquáticos (Araújo-Lima *et al.* 1986; Forsberg *et al.*, 1993; Santos & Ferreira, 1999; Moschini-Carlos, 1999).

Para algumas espécies de ciclídeos, as algas são itens frequentes na dieta, como os acarás-boari (*Mesonauta* spp.), o uaru (*Uaru amphiacanthoides*), e os acarás-papa-terra (*Geophagus* spp.) (Ferreira, 1981). Em outros estudos realizados com acarás-disco, as algas também foram um dos itens mais frequentes (Bleher, 2006; Crampton, 2008).

Assim como as algas, os itens de origem vegetal são comuns na dieta de peixes neotropicais (Araújo-Lima & Goulding, 1998). Apesar dos ciclídeos neotropias não estarem incluídos nas espécies que mais consomem esta classe de recursos, na alimentação do acará-disco este item é encontrado com frequência (Bleher, 2006).

Os invertebrados são extremamente importantes na alimentação de peixes amazônicos. Dentre os invertebrados, os insetos são o principal item consumido pelos peixes. Um grande número de espécies de peixes, em alguma etapa de seu ciclo de vida, consomem insetos. As formas aquáticas ou larvas de formas terrestres são as mais consumidas (Goulding *et al.*, 1988; Ferreira & Santos, 1999). Bleher (2006) encontrou os insetos como uma importante fonte alimentar dos acarás-disco, com artrópodes alóctones sendo encontrado com uma alta frequência, assim como o encontrado no presente estudo.

O alto consumo de materiais de origem vegetal, algas e Bryozoa nos períodos de seca e enchente possivelmente se deve à baixa mobilidade da espécie neste período, onde formam grupos estacionários de centenas de indivíduos, utilizando as copas submersas das árvores caídas nas margens (galhadas) (Crampton, 1999a; Bleher, 2006), especialmente nas moitas de maracarana (*Ruprectia* sp.) e carauazeiro (*Symmeria paniculata*). Nesses ambientes, as algas filamentosas são comumente encontradas sobre troncos. Já o material vegetal encontrado pode ser das próprias espécies que abrigam as colônias, o carauazeiro e a maracarana. Com sua dieta baseada em consumo de perifíton, os acarás-disco durante o forrageio raspam o perifíton aderido aos talos, folhas e caule, onde ocasionalmente ocorre a ingestão do substrato onde o perifíton está preso (Obs. Pessoal)

O aumento do consumo de invertebrados nos períodos de cheia e vazante pode estar relacionado a uma maior abundância desses itens durante estes períodos. Em um estudo de comunidade da entomofauna aquática de igapó, as maiores abundâncias de insetos ocorreram nos períodos de cheia e vazante, devido à grande quantidade de larvas de Chironomidae (Ferreira & Belmont 2011). Os Chironomídeos foram um dos principais itens encontrados entre os insetos imaturos no presente estudo. Junk & Robertson (1997) afirmaram que, durante o período de cheia, as larvas de insetos costumam se deslocar para o igapó, onde seriam consumidos pelos acarás-disco.

Este resultado difere do encontrado por Bleher (2006), que observou um maior consumo de itens de origem vegetal na cheia e um maior consumo de invertebrados durante a seca. Esta variação pode estar relacionada à disponibilidade dos itens alimentares durante o período do estudo, demonstrando a capacidade da espécie de alterar sua alimentação conforme a abundância dos itens alimentares muda.

A alimentação dos acarás-disco mantidos em cativeiro e os coletados em ambiente natural foi muito semelhante em todos os períodos do ciclo hidrológico, não sendo encontradas diferenças significativas entre as dietas dos dois grupos, o que indica que os mesmos itens alimentares estavam disponíveis para a alimentação dos peixes.

2.7 CONCLUSÕES

A dieta de *S. aequifasciatus* nos igarapés tributários do lago Amanã apresentou 11 itens diferentes categorias de alimento, com uma maior frequência no consumo de algas, outros itens de origem vegetal e invertebrados. Grande parte destes itens faz parte do perifiton. A espécie pode ser classificada como onívora, pois consome tanto item de origem animal como vegetal.

A variação temporal na alimentação demonstra que a espécie apresenta oportunismo trófico, comum aos peixes neotropicais, conseguindo adaptar sua dieta conforme muda a disponibilidade dos itens alimentares que consome.

A manutenção dos peixes confinados mostrou-se uma metodologia útil para a obtenção de dados sobre a dieta de espécies que apresentam forte sazonalidade nas capturas, ao menos para aquelas de hábitos sedentários, de dieta onívora e oportunista.

Capítulo 3– Crescimento e dinâmica populacional de *Symphysodon aequifasciatus* (Perciformes: Cichlidae) em igarapés associados ao lago Amanã

3.1 INTRODUÇÃO

O estudo do crescimento de peixes refere-se às variações de dimensões físicas como volume e peso do corpo do organismo estudado, determinando a relação entre o tamanho do corpo e a idade (Weatherley & Gill, 1987; Sparre & Venema, 1997). As espécies aquáticas têm, teoricamente, capacidade de crescer continuamente ao longo de todo seu ciclo de vida (Fonteles-Filho, 1989). O tamanho máximo que uma espécie atinge é determinado em parte geneticamente e, em parte, pelas condições do ambiente. De acordo com Pauly (1998), o conhecimento do tamanho do organismo determina a natureza de suas interações com outros organismos e suas características demográficas.

Os peixes possuem diferentes taxas de crescimento ao longo de seu ciclo de vida (Nikolsky, 1963). Este crescimento apresenta um alto grau de plasticidade, respondendo a mudanças ambientais relacionadas à temperatura da água, quantidade de alimento disponível, densidade populacional e flutuação do ciclo hidrológico (Weatherley & Gill, 1987; King, 1995; Sparre & Venema, 1997; Fabré & Saint-Paul, 1998).

Também a fatores endógenos como a reprodução, hábito alimentar e a categoria trófica a que a espécie pertence (Grimes, 1978; Olmsted & Kilambi, 1978; Barbieri & Barbieri, 1983; Wootton, 1991). Através do estudo desses fatores, é possível a compreensão das variações que ocorrem dentro e entre as populações de peixes.

Em certos períodos do ano os peixes crescem aceleradamente, em outras mais lentamente. Esta desigualdade nas taxas de crescimento é refletida em várias estruturas rígidas, tais como vértebras, opérculos, pré-opérculos, espinhos das nadadeiras, otólitos e escamas, através da formação de marcas, geralmente na forma de anéis (Nikolsky, 1963; Lai *et al.*, 1996; Penha *et al.*, 2004). A formação dessas marcas ocorre com a diminuição, do crescimento somático durante determinados períodos do ano (Casselman, 1983; Welcomme, 1992).

A estimativa da idade pode ser feita por métodos indiretos através da análise de distribuição de comprimento ao longo do tempo. Ou por métodos diretos através

de experimentos de marcação e recaptura de indivíduos da população e por interpretação das marcas de crescimento em estruturas rígidas, como as escamas, otólitos, vértebras e opérculos dos peixes (Fonteles-Filho, 198). A interpretação dessas marcas anuais de crescimento em estruturas rígidas é o método mais aceito e utilizado para a determinação da idade em peixes (Casselman, 1983; King, 1995; Lai *et al.*, 1996).

Nas regiões tropicais a formação de marcas de crescimento não está relacionada apenas com a temperatura, como nas zonas temperadas, mas também com processos cíclicos endógenos, como reprodução, migração e disponibilidade de alimento (Barthem, 1990; Fabré & Saint-Paul, 1998; Lowe-McConnel 1999). Segundo Lowe-McConnel (1999) a flutuação sazonal do nível da água também está relacionada à formação de marcas de crescimento, pois causa mudanças no ciclo biológico dos peixes.

Em regiões temperadas onde as estações do ano são bem definidas, as baixas temperaturas registradas no inverno provocam uma redução na taxa de crescimento sendo este o período de formação dos anéis etários em estruturas ósseas. Em regiões tropicais, devido às pequenas variações térmicas ao longo do ano, acreditava-se não ser possível a realização de estudos de crescimento utilizando interpretação das marcas de crescimento em estruturas calcificadas (Fonteles-Filho, 1989).

Porém, foi demonstrado que na Amazônia as áreas alagáveis possuem uma variação sazonal que permite a formação de marcas de crescimento nas estruturas rígidas dos peixes (Fabré & Saint-Paul, 1998). Desta maneira, diversos estudos têm sido realizados para a determinação da idade e curva de crescimento de espécies de peixes amazônicos, utilizando-se da metodologia direta de leitura das marcas de crescimento em estruturas rígidas (Villacorta-Correa, 1987; Oliveira, 1997; Loubens & Panfili, 1995; Loubens & Panfili, 1997; Villacorta-Correa, 1997; Corrêa, 1998; Fabré & Saint-Paul, 1998; Vieira, 1999; Loubens & Panfili, 2001; Alonso, 2002; Pérez & Fabré, 2003; Cutrim & Batista, 2005; Cavalcante, 2008). Estudos utilizando-se de estimativas indiretas, também foram realizados para as espécies amazônicas, principalmente espécies de interesse comercial (Petrere Jr., 1983; Isaac & Ruffino, 1996; Ruffino & Isaac, 1999; Ruffino & Isaac, 2000; Cutrim & Batista, 2009; Bevilaqua & Soares, 2010; Campos & Freitas, 2010; Prestes *et al.* 2010).

Não existem estudos sobre o crescimento dos acarás-disco (*Symphysodon* spp.) em ambiente natural. Crampton (2008) em um estudo sobre deslocamento e fidelidade ao local onde os indivíduos de acarás-disco se agrupavam no período de seca, realizou um experimento de marcação e recaptura. Neste experimento ele recapturou apenas um indivíduo 11 meses após a primeira mensuração, onde foi encontrado um crescimento de mais de 2,5 cm.

Em sistemas de cultivo intensivo os acarás-disco possuem um crescimento bem maior, peixes com 6,0 cm cresceram aproximadamente 2,0 cm ao longo de 50 dias (Beerli, 2009). Pirhonen e colaboradores (2012) testando a temperatura ideal para o crescimento de acarás-discos juvenis chegou ao resultado de um ganho de massa corpórea de até 8% ao dia.

Ambos os métodos, direto e indireto, possuem premissas que devem ser cuidadosamente respeitadas para obtenção de resultados confiáveis (De Bont, 1967). Desta maneira, se torna essencial a validação das marcas de aposição, utilizada com uma correta interpretação dos momentos em que as marcas são formadas, para que os parâmetros de crescimento obtidos sejam confiáveis e precisos, principalmente em regiões onde as condições climáticas são menos variáveis, como as regiões tropicais e subtropicais (Casselman, 1983; Beamish & McFarlane, 1983; Cyterski & Spangler, 1996; Ambrósio & Hayashi, 1997; Jepsen *et al.*, 1999, Campana, 2001 e Ambrósio *et al.*, 2003).

A interpretação precisa do crescimento de peixes de um determinado estoque se dá com uma determinação precisa da idade dos indivíduos deste estoque (Weatherley & Gil, 1987), sendo fundamental para a determinação de diversos parâmetros da dinâmica populacional, como tamanho de estoque, mortalidade e o recrutamento (Weatherley, 1972). As estimativas dos parâmetros de crescimento de espécies ou populações ícticas são de importância fundamental, não apenas para o entendimento dos eventos de seu ciclo de vida e aspectos comportamentais, como também para a administração e manejo daquelas que se constituem em recursos pesqueiros, por serem indispensáveis para a estimativa da produção (Nikolski, 1969; Gulland, 1977). Sendo essenciais para o manejo de estoques pesqueiros (Menon, 1953; Ballan, 1964; Casselman, 1983; Gjoesaeter *et al.*, 1984; Weatherley e Gill, 1987; Brothers, 1987 e Ferreira & Russ, 1994). Estas ferramentas técnicas junto aos fatores políticos, sociais, econômicos e de mercado, possibilitarão uma série de

decisões para o manejo, assim como para a tomada de medidas racionais na preservação de estoques naturais (Hilborn & Walters, 1992).

3.2 OBJETIVO GERAL

Determinar parâmetros da estrutura da população e crescimento do acará-disco *S. aequifasciatus*, a fim de subsidiar informações para elaboração de plano de manejo para a espécie na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã.

3.2.1 Objetivos específicos

- Verificar a estrutura da população e a proporção sexual de *S. aequifasciatus* do lago Amanã e seus igarapés associados.
- Determinar a idade de *S. aequifasciatus* por meio da leitura de marcas de crescimento em escamas, e através de experimentos de marcação e recaptura.
- Estimar os parâmetros e a curva de crescimento de *S. aequifasciatus* com a idade determinada partir da leitura das marcas de crescimento e do experimento de marcação e recaptura.
- Determinar o período de formação das marcas de crescimento de *S. aequifasciatus*.

3.3 HIPÓTESES

- Sabe-se que espécies migradoras de pequeno porte possuem um ciclo de vida curto com um taxa de crescimento elevada. Já espécies sedentárias de grande porte possuem um crescimento mais lento com um longevidade maior. Por se tratar de uma espécie de hábitos sedentários e de pequeno porte, onde a mudança de habitat que a espécie se submete ao longo do ciclo de inundação anual, demonstra variações drásticas na densidade e oferta de alimentos. Espera-se encontrar taxas de crescimento e longevidade intermediárias entre as espécies migradoras de pequeno porte as sedentárias de grande porte.
- As espécies do gênero *Symphysodon* são espécies de hábitos sedentários e com seu ciclo de vida fortemente afetado pelo pulso de inundação. Sabe-se

que durante o período da seca a quantidade de alimento ingerido diminuiu drasticamente (ver capítulo 2), esta diminuição provavelmente diminuiu o ritmo de crescimento e possibilita a formação de um anel etário que deve ocorrer no final do período de seca.

3.4 METODOLOGIA

3.4.1 Coleta dos animais

A descrição das coletas dos indivíduos está mencionada detalhadamente na introdução da tese. Para as análises de crescimento foram utilizadas duas metodologias distintas.

A primeira ocorreu através de um experimento de marcação e recaptura. Os peixes colocados nos tanques-redes foram marcados com a inserção de um transponder (“pit-tag”) após o último espinho da nadadeira dorsal. Cada transponder possui um código alfanumérico único, que foi acessado através de um leitor apropriado. Para este experimento foi retirada mensalmente uma amostra de dez indivíduos de cada tanque-rede, totalizando 60 indivíduos por mês em um período de doze meses. Para a captura dos peixes que foram confinados nos tanques-redes foram amostradas cinco galhadas naturais. Sendo duas no igarapé Samaúma, duas no igarapé Cacao e uma no igarapé Calafate.

A segunda metodologia utilizada foi a leitura das marcas de crescimento nas escamas dos peixes. A escama foi a estrutura escolhida por apresentar marcas nítidas, com raras marcas falsas e fácil acessibilidade.

Para esta análise foram utilizados os peixes coletados mensalmente nas moitas de maracaranas e no igapó. Foram analisados 25 indivíduos por mês em um período de 12 meses. Quando não foi possível a captura de todos os exemplares na natureza, indivíduos capturados nos tanques-redes foram adicionados na amostra, até completar 25 indivíduos analisados mensalmente.

3.4.2 Métodos laboratoriais

Todos os peixes coletados mensalmente eram medidos e pesados. Em seguida nos indivíduos provenientes dos tanques-redes foram feitas as leituras do transponder (“pit-tag”), para a identificação do espécime e acessar informações sobre

o crescimento individual durante o período em que ficaram confinados, uma vez que todos os indivíduos foram medidos no momento em que foram colocados nos tanque-redes e novamente medidos no momento de sua retirada.

Em seguidas eram retiradas as escamas dos peixes provenientes das coletas na natureza. As escamas foram retiradas da parte posterior do peixe na região acima da nadadeira peitoral. Nessa área as escamas apresentaram-se mais nítidas e com uma menor incidência de regeneração, estando mais protegidas contra predação (Fonteles-Filho, 1989). Quando necessário foi retirada a escama de peixes coletados em tanque-rede até completar o número de espécimes a serem analisados mensalmente.

As escamas retiradas eram triadas de maneira a descartar escamas regeneradas, pois as mesmas não são apropriadas para as análises por apresentarem núcleo disforme (Cordoviola, 1974). Em cada indivíduo foram selecionadas cinco escamas que passaram por um processo de limpeza que consistiu em sua imersão em uma solução de hidróxido de potássio (4%) por dez minutos. Em seguida, foram imersas em água, para retirada do excesso da solução de limpeza. Em seguida foi retirado o resto de tecido com auxílio de um microscópio estereoscópio, uma pinça e um pincel (Vazzoler, 1981).

Após limpas e secas, as escamas foram armazenadas em sacos de papel, e rotuladas com informações relativas ao número da amostra, a data e o local da captura e guardadas para posterior leitura. As cinco escamas selecionadas foram fixadas em duas lâminas de vidro. Todas as escamas foram fotografadas com máquina fotográfica digital e o auxílio de um microscópio estereoscópio de luz transmitida. As imagens digitalizadas foram utilizadas para a identificação das marcas de crescimento.

Os critérios adotados para identificação das marcas de crescimento foram retirados de Cordiviola (1974). Onde foi observada a presença de circulis descontínuos entre aqueles contínuos; Presença de "Cutting-over", que são interrupções dos circulis presentes normalmente nas bordas laterais da escama; Grande aproximação entre os circulis evidenciando uma marca de crescimento; Tendência de diminuição da distância entre as marcas, do foco até a borda da escama.

Cada escama foi lida duas vezes de forma independente, com um intervalo entre as leituras. Os casos onde o número de anéis identificados em cada leitura não foi correspondente, uma terceira leitura foi realizada. Após a leitura do número de anéis de cada escama foi realizada a correlação entre o comprimento padrão dos peixes e o número de anéis encontrados para constatar a proporcionalidade entre o tamanho do peixe e o número de anéis encontrados. Todas as escamas selecionadas para análises foram feitas as medidas do foco a cada anel e também da borda da escama. Para a realização das medidas foi utilizado o software AxioVision 2010, versão 6.2., seguindo sempre um ângulo de 45° do lado direito da estrutura a ser medida devido a maior nitidez dos anéis nesta área da escama.

3.4.3 Métodos de análises

3.4.3.1 Estrutura da população e proporção sexual

Para analisar a estrutura em comprimento da população e a proporção sexual foi calculada a distribuição de frequência dos exemplares capturados nas moitas de maracaranas (*Ruprectia* sp.), agrupados em classe de comprimento padrão, com intervalos de 0,5 cm por classe. Diferenças na proporção sexual entre as classes de tamanho foram testadas através do teste de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1999; Ayres *et al.* 2007).

3.4.3.2 Crescimento através de marcação e recaptura

A partir da leitura do “pittag”, e com o valor do comprimento do peixe no momento de sua captura, obtivemos informações sobre a taxa de crescimento individual, o crescimento médio mensal foi extrapolada para a população e seus dados comparados com as análises de estruturas rígidas.

3.4.3.3 Validação das escamas e dos anéis de crescimento

Para verificar a existência de correlação entre o Raio total (Rt) das escamas e o Comprimento total do peixe (Lt), foi realizada uma análise de Correlação linear de Pearson.

O incremento marginal é uma medida relativa que mostra o quanto o peixe cresceu depois da formação da última marca de crescimento (Fabr e & Saint-Paul,

1998). Através dele conseguimos definir o momento do ciclo sazonal em que a marca de crescimento é depositada. Desta maneira, é possível transformar as idades relativas em idades cronológicas.

A distribuição das médias do incremento marginal de cada mês foi utilizada para determinar a época em que as marcas de crescimento são depositadas ao longo dos meses, possibilitando a compreensão do padrão de deposição das marcas de crescimento nas estruturas analisadas, conforme equação abaixo:

$$\text{IMR} = (R - R_n / R_n - R_{n-1}) * 100$$

onde:

IMR = Incremento marginal

R = raio total que vai do foco a extremidade da escama;

R_n = raio que vai do foco até o último anel;

R_{n-1} = Raio que vai do foco até o penúltimo anel.

Para confirmar a época de formação das marcas de crescimento foi feita uma distribuição de frequência de ocorrência dos incrementos marginais, agrupando-os em intervalos de classe de 20 unidades do IMR. O período de formação da marca de crescimento foi considerado como aquele em que houve uma diminuição dos valores modais seguida de um aumento do IMR.

Os grupos formados em função do número de marcas depositadas foram tratados como grupos etários, aos quais foram associados comprimentos médios, definidos pela relação entre as larguras dos anéis e o comprimento padrão dos animais dos quais as estruturas foram extraídas. Os comprimentos anteriores puderam ser obtidos a partir de uma fórmula simples de retrocálculo:

$$L' = (S'/S)*(L - a) + a \text{ (Eq. 2)}$$

Onde:

L' - Comprimento retrocalculado no momento da formação do anel;

L - Comprimento no momento da captura;

S - Eixo da estrutura;

S' = Distância entre o foco da estrutura e cada anel;

a - Coeficiente linear da relação entre o raio da estrutura e o Comprimento padrão.

3.4.3.4 Curva de Crescimento

Uma vez definidos os padrões de deposição de marcas, os grupos etários, e seus comprimentos médios típicos, estas informações foram ajustadas ao modelo de crescimento de Von Bertalanffy (1938), seguindo a equação:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}],$$

onde:

L_t = tamanho dos indivíduos com idade t ;

L_∞ = tamanho máximo assintótico ou máximo teórico que o peixe pode atingir;

k = inclinação da curva de crescimento (constante de crescimento);

t = idade dos indivíduos e t_0 = idade teórica no comprimento zero.

Os parâmetros de crescimento L_∞ e k da equação de Von Bertalanffy foram determinados ajustando-se os dados, de comprimento padrão e idade, através do ajuste não-linear das variáveis.

3.4.3.5 Longevidade

A longevidade ($A_{0,95}$), é definida como o tempo que o espécime leva para alcançar 95% do comprimento assintótico foi estimada a partir de Taylor (1958) com a seguinte fórmula:

$$A_{0,95} = (t_0 + 2,996) / k$$

onde:

$A_{0,95}$ = longevidade ou idade máxima;

t_0 = idade teórica no comprimento zero;

k = constante de crescimento da equação de crescimento de von Bertalanffy.

O parâmetro t_0 foi considerado zero devido ao tamanho inicial do indivíduo ser desprezível, e porque esse parâmetro não tem conotação biológica, sendo uma correção matemática para o ajuste da curva.

3.4.3.6 Relação Peso-Comprimento

A relação entre o comprimento e o peso foi obtida através da expressão:

$$P_t = a * C_p^b$$

Onde; P_t = peso total do peixe; L = comprimento padrão do peixe; a e b são parâmetros de ajuste da equação de regressão que caracteriza a relação peso - comprimento.

O crescimento é considerado isométrico se $b = 3$; alométrico negativo se $b < 3$ e alométrico positivo se $b > 3$. Para verificar se houve diferença entre o valor de b e 3 foi utilizado o teste-t de Student. Para esta análise foram utilizados todos os indivíduos capturados durante a pesca para captura dos peixes que foram colocados os tanques-redes, os mesmos foram medidos no momento da sua captura.

3.5 RESULTADOS

Os peixes capturados nas diferentes galhadas variaram de 5,95 a 16,1 cm de comprimento padrão. Em todos os grupos analisados houve um predomínio de indivíduos adultos, com comprimento padrão superior a 11,17 cm valor de L_{50} considerando os sexos agrupados (ver adiante no tópico 3.4.5) (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Número de indivíduos adultos e jovens de *S. aequifasciatus* amostrados em cinco galhadas localizadas em igarapés tributários do lago Amanã.

Colônia amostrada	Número de adultos	Número de jovens	Total
Cacau galhada 1	99	33	132
Cacau galhada 2	336	43	379
Calafate	189	138	327
Samaúma galhada 1	215	40	255
Samaúma galhada 2	210	116	326
		Total	1419

3.5.1 Estrutura da população e proporção sexual

Das cinco galhadas amostradas não foi possível verificar a proporção sexual nas colônias Cacau2 e Samaúma 2. Nestas, o número de indivíduos capturados para serem confinados nos tanques redes foi muito baixo, e os outros indivíduos capturados foram apenas medidos, pesados e imediatamente soltos no igarapé, não sendo possível determinar o sexo.

Nas outras três galhadas, apenas na colônia Samaúma galhada1 apresentou diferença significativa na proporção sexual, com um maior número de machos ($Q = 6,28$ $p = 0,012$).

A distribuição de frequência dos indivíduos de cada sexo por classe de tamanho mostrou uma dominância de machos nas classes de maior tamanho. Das três colônias analisadas, Samaúma galhada1 (Q= 9,62; p=0,008) e Cacau galhada1 (Q=8,42; p=0,015) apresentaram diferenças significativas na distribuição dos indivíduos de cada sexo nas classes de tamanho. Já a colônia Calafate (Q=4,12; p= 0,127) não apresentou diferença significativa (Figura 3.1).

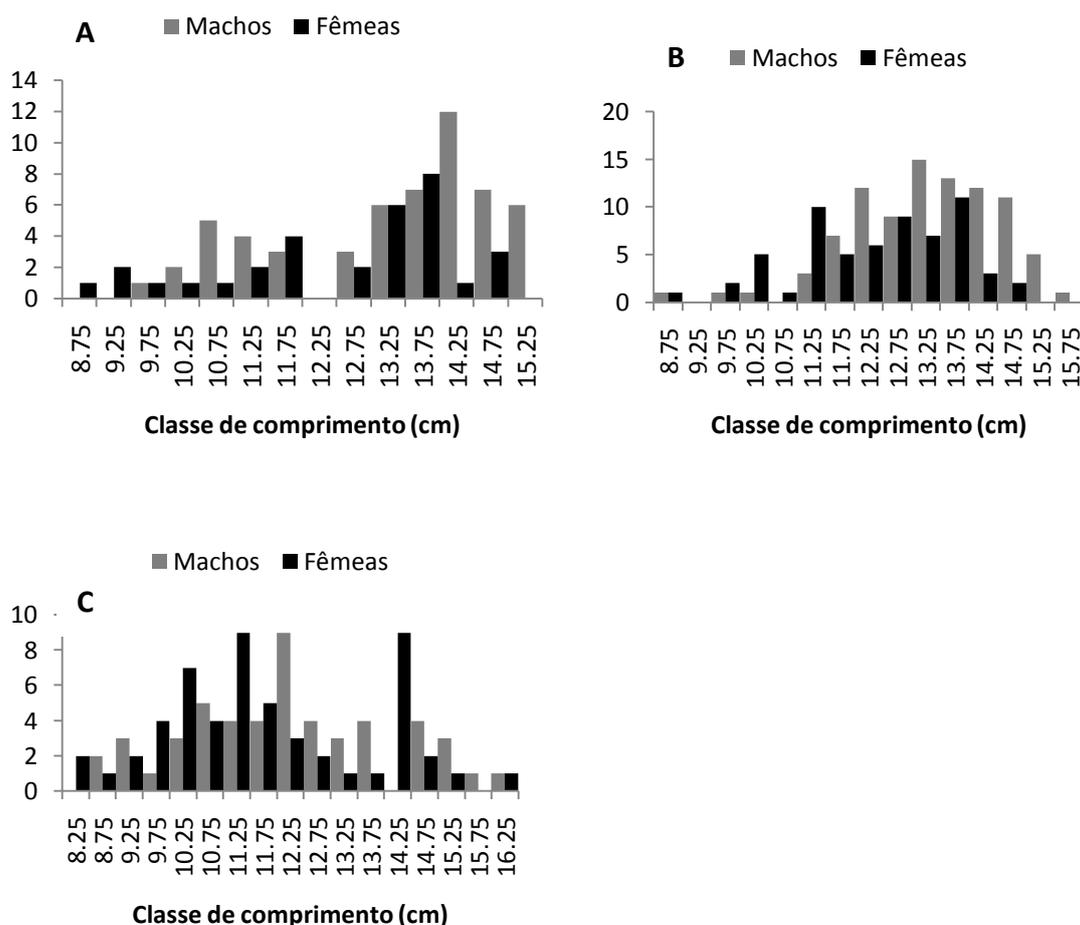


Figura 3.1: Distribuição de frequência em classes de tamanho por sexo de *S. aequifasciatus* nas galhadas colônias naturais amostradas em igarapés tributários do lago Amanã: A) Cacau galhada 1; B) Samaúma galhada 1; C) Calafate.

3.5.2 Relação peso-comprimento

Um total de 673 indivíduos foram pesados e medidos sendo 386 machos e 287 fêmeas. A média do peso foi de 134,9 gramas (D.P. 70,02), já o comprimento médio foi de 12,24 (D.P.). A relação entre o peso e o comprimento dos machos resultou na seguinte equação: $Pt = 0,024 * Cp^{3,381}$. O coeficiente de correlação (r) foi

de 0,937. Para as fêmeas a equação da relação entre o peso e o comprimento foi: $Pt = 0,022 * Cp^{3,429}$. O coeficiente de correlação (r) foi de 0,96 (figura 3.2). Quando agrupamos os sexos foi encontrada a seguinte equação: $Pt = 0,0247 Cp^{3,3885}$. O valor do expoente b , verificado por meio do teste-t de Student, foi significativamente maior que 3,0 ($t = 26,79$; $p < 0,001$), demonstrando um crescimento alométrico positivo ($b > 3$) (figura 3.3).

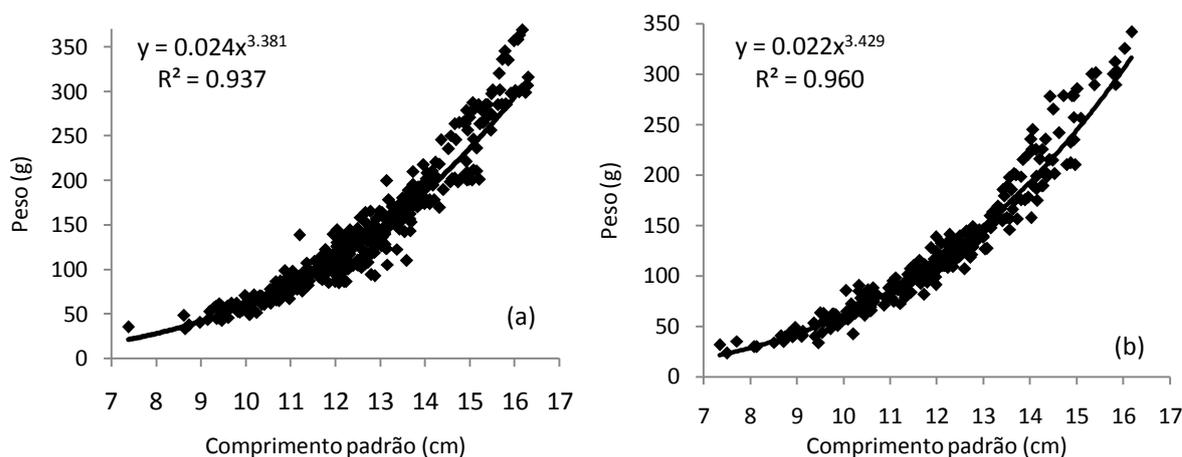


Figura 3.2: Relação peso-comprimento por sexo de exemplares de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã (a) machos e (b) fêmeas.

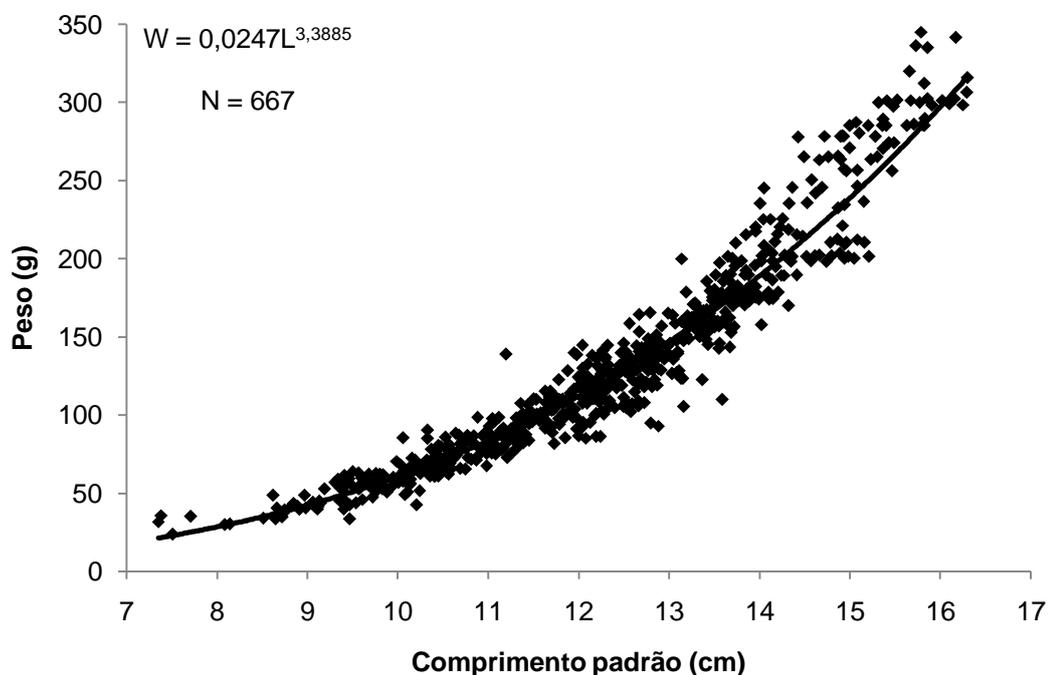


Figura 3.3: Relação peso-comprimento de exemplares de *S. aequifasciatus* ($n=677$ indivíduos) coletados em igarapés tributários do lago Amanã.

3.5.3 Análises de crescimento

No experimento de marcação e recaptura foram analisados 548 indivíduos, no período de novembro de 2007 a outubro de 2008. Nem todos os indivíduos colocados nos tanque-redes foram analisados, ao longo do experimento foi observado que o número indivíduos nos tanques estavam menores que o esperado. Provavelmente moradores de comunidades próximos aos igarapés em que os tanques-redes estavam instalados retiraram os peixes para alimentação, ou para venda como ornamental, pois não foi encontrado nenhuma avaria nas redes que cercavam os tanque-redes

A análise da leitura das marcas de crescimento nas escamas dos acarás-disco foi realizada em 300 indivíduos. Sendo 155 provenientes dos tanques-rede, e 145 capturados em ambiente natural, no período de outubro de 2008 a novembro de 2007. Já a análise da relação peso comprimento foi realizada com 672 indivíduos provenientes tanto das capturas ocorridas nas moitas de maracaranas realizadas em outubro de 2007 (tabela 3.2).

Tabela 3.2.: Número de indivíduos analisados por metodologia e por mês nos estudos de crescimento de acarás-disco coletados em igarapés tributários do lago Amanã.

Mês	Leitura escama		Transponder ("Pittag")
	Tanque	Amb. Nat.	
Outubro 07	0	25	-
Novembro 07	2	23	60
Dezembro 07	3	22	60
Janeiro 08	24	1	53
Fevereiro 08	20	5	48
Março 08	22	3	50
Abril 08	13	12	47
Mai 08	25	0	51
Junho 08	24	1	49
Julho 08	21	4	35
Agosto 08	1	24	32
Setembro 08	0	25	31
Outubro 08	-	-	32
Total	155	145	548

3.5.4 Relação entre o raio total das escamas e o comprimento do peixe

A correlação entre o raio total (Rt) das escamas e o comprimento total (Lt) dos espécimes estudados foi alta ($t= 25,5$; $p<0,0001$; $r= 0,69$), mostrando uma proporcionalidade entre o comprimento dos peixes e das escamas, validando as escamas como aptas para o estudo da leitura de marcas de crescimento (Figura 3.4).

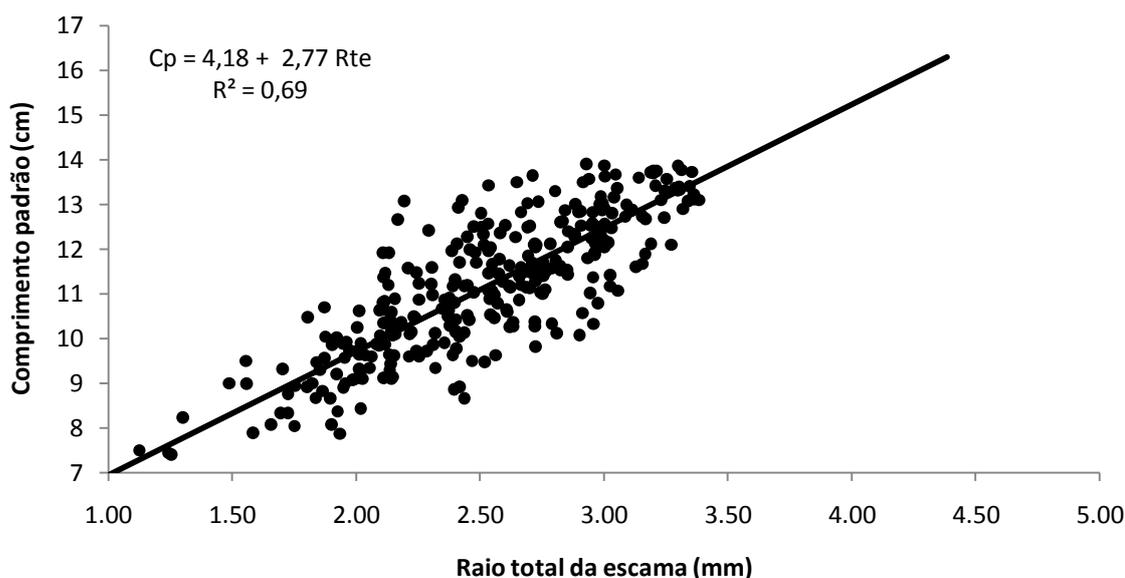


Figura 3.4: Relação entre o raio total da escama (Re) e o comprimento padrão (Cp) dos indivíduos estudados.

3.5.5 Relação entre o número de marcas na escama e o comprimento do peixe

Foi observado um número máximo de quatro anéis nas escamas medidas. Os peixes com um anel de crescimento foram os que apresentaram o maior número de indivíduos capturados. O comprimento médio dos peixes variou de 9,54 cm (D.P.= 1,28) para os indivíduos que não apresentaram nenhuma marca, até 13,18 cm (D.P.= 0,61) para os indivíduos com quatro marcas (tabela 3.3; figura 3.5).

Tabela 3.3: Número de indivíduos analisados por número de anéis de crescimento encontrados, comprimento padrão mínimo, comprimento padrão máximo, comprimento padrão médio, amplitude e coeficiente de variação, de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã.

Número de anéis de crescimento	Número de ind.	C.P. mínimo	C. P. máximo	C. P. médio (D.P.)	Amplitude	Coeficiente variação
0	75	5,95	12,79	9,54 (1,28)	6,84	0,13
1	90	7,88	13,64	10,72 (1,02)	5,76	0,10
2	75	9,00	13,87	11,87 (1,04)	4,87	0,09
3	42	9,55	13,89	12,57 (0,93)	4,34	0,07
4	18	11,07	13,77	13,18 (0,61)	2,70	0,05

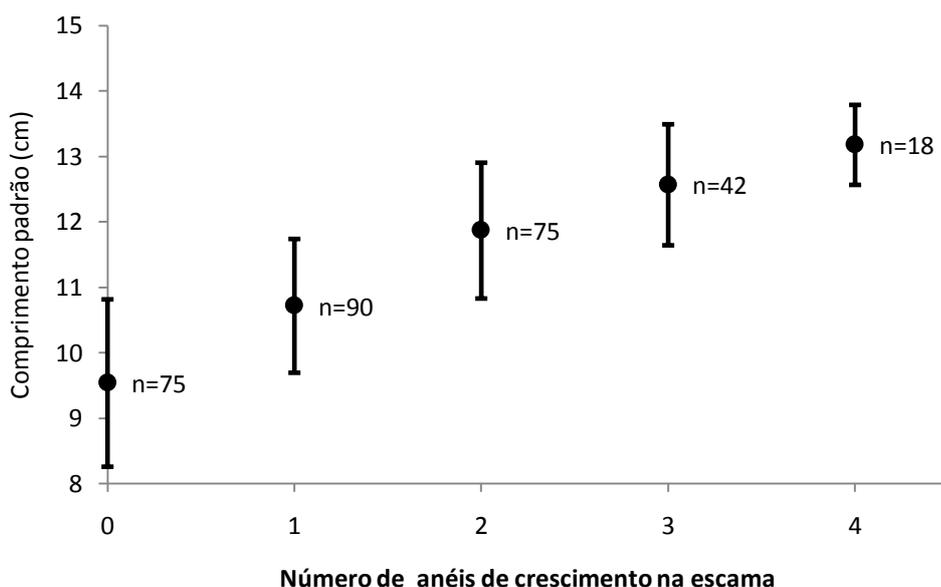


Figura 3.5: Comprimento padrão médio e desvio padrão por número de anéis medidos nas escamas de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã.

Os indivíduos com um anel de crescimento nas escamas foram a maioria, e assim como os indivíduos com nenhum e dois anéis foram capturados em número sempre superior a três indivíduos por mês. Já os indivíduos com quatro anéis de crescimento não foram capturados janeiro e março (tabela 3.4).

Tabela 3.4: Número de indivíduos por mês e por número de anéis de crescimento encontrados, de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã.

	Número de anéis de crescimento na escama					
	0	1	2	3	4	
Setembro 07	4	3	5	12	1	
Outubro 07	5	9	6	3	2	
Novembro 07	8	7	8	1	1	
Dezembro 07	3	8	6	4	4	
Janeiro 08	5	7	10	3	-	
Fevereiro 08	8	8	4	3	2	
Março 08	7	8	6	4	-	
Abril 08	6	8	5	4	2	
Mai 08	8	9	6	1	1	
Junho 08	8	6	8	2	1	
Julho 08	8	7	5	3	2	
Agosto 08	5	10	6	2	2	

3.5.6 Variação mensal do incremento marginal

O incremento marginal médio foi de 0,72 mm, o menor valor foi encontrado no mês de setembro com 0,29 mm. Em seguida este valor apresentou um aumento gradual até o mês de agosto subsequente, quando atingiu 1,01 mm.

Entre os meses de novembro e dezembro houve um aumento notável nos valores do incremento marginal passando de 0,47mm para 0,63 mm. É nesta época que os acarás-disco começam a ingerir quantidades significativas de alimentos (ver tópico 1.4.1), e provavelmente ocorra um maior crescimento.

Desta maneira, a deposição de marcas de crescimento provavelmente ocorre apenas uma vez ao ano, entre os meses de setembro a novembro, que corresponde aos períodos de vazante e seca (Figura 3.6).

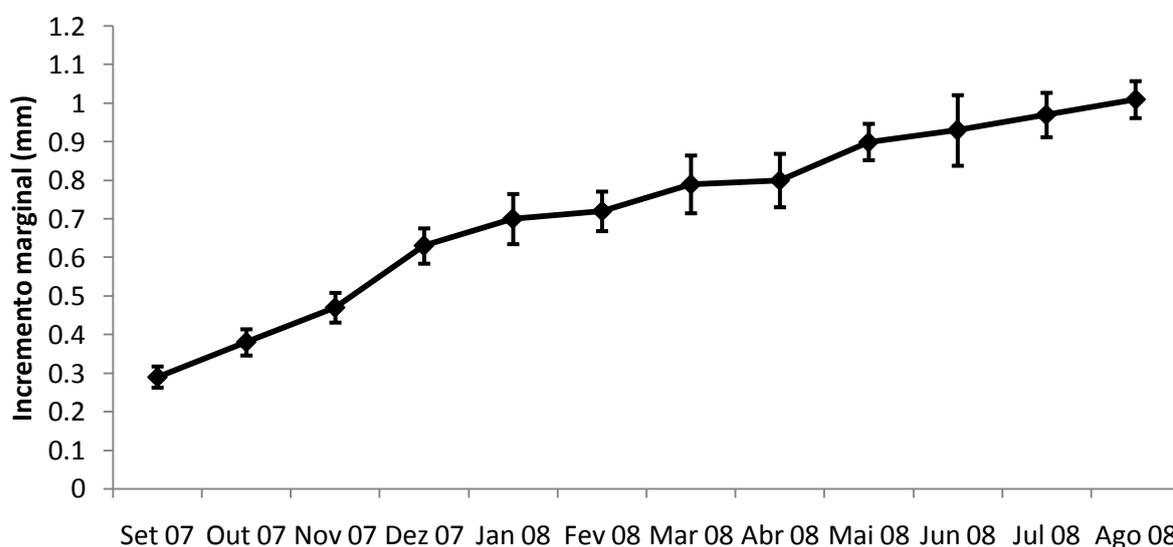


Figura 3.6: Variação temporal do incremento marginal médio de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã.

3.5.7 Crescimento mensal através do experimento de marcação e recaptura

Foram analisados 548 indivíduos com crescimento médio ao final de um ano correspondendo a foi de 1,18 cm, para peixes medindo inicialmente entre 8,5 a 15,5cm de comprimento padrão. Os indivíduos da espécie mantidos em tanques-rede apresentaram um crescimento aproximadamente constante ao longo do ano, de cerca de 0,1 cm/mês. Os meses que apresentaram os maiores incrementos em tamanho foram janeiro, março e abril, com 0,15 cm/mês. Já outubro apresentou a menor taxa de crescimento, com 0,05 cm/mês (Figura 3.7).

Não houve diferenças no crescimento entre os indivíduos pequenos (8,5 a 11,17 cm); médios (11,18 a 12,57 cm); grandes (12,58 a 15,5 cm). Todas as classes de tamanho obtiveram um crescimento médio mensal de 0,1 cm (D.P. = 0.3) (anexo 2).

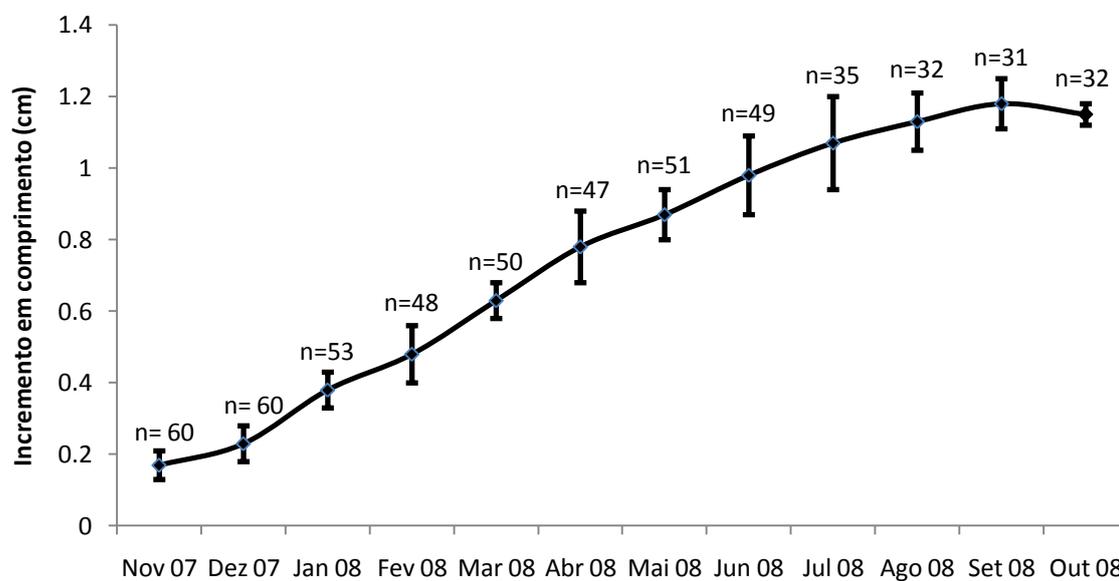


Figura 3.7: Evolução mensal do incremento em comprimento dos acaráis-disco cativos através do experimento de marcação e recaptura para medições mensais. Out=formação do anel.

3.5.8 Curva de crescimento de Von Bertalanffy

Os valores de comprimento médio ajustado às idades e ao modelo de crescimento de Von Bertalanffy resultaram na seguinte curva de crescimento (Figura 3.8). A espécie possui uma constante de crescimento de 0,36 e uma longevidade de 8,43 anos, os demais parâmetros populacionais estão apresentados na tabela 3.5.

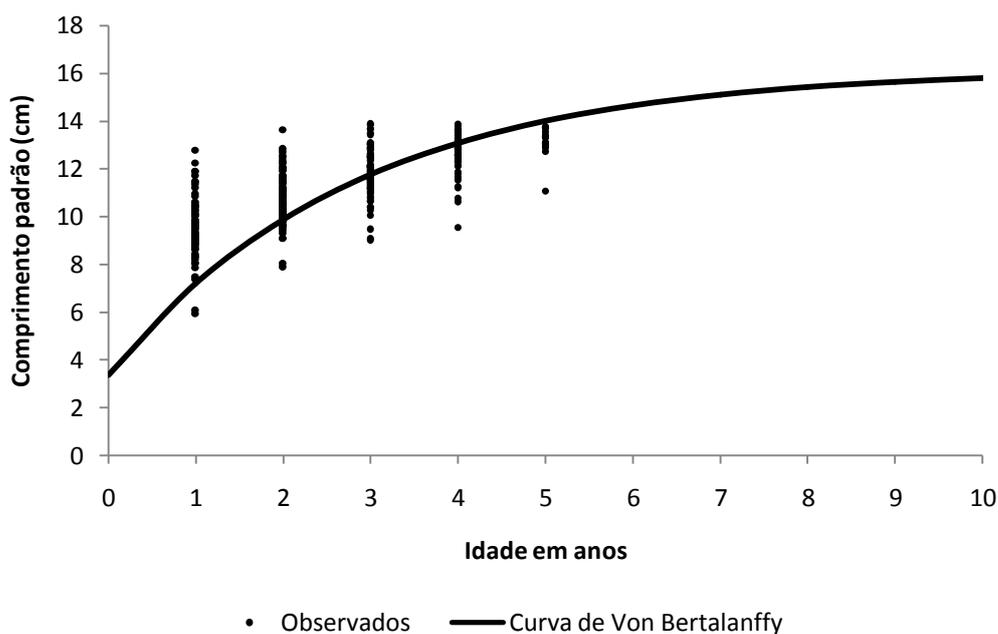


Figura 3.8: Curva de crescimento de acarás-disco *Symphysodon aequifasciatus* ajustadas ao modelo de Von Bertalanffy e aos dados de comprimento padrão médio, de acordo com a quantidade de anéis de crescimento registrados nas escamas.

Tabela 3.5: Parâmetros de crescimento de *S. aequifasciatus* coletados em igarapés tributários do lago Amanã.

Parâmetro populacional	Intervalo de confiança (95%)
L_{∞}	16,17 cm
K	0,36
T_0	0,66 cm
Longevidade	8,43 anos

3.6 DISCUSSÃO

Em populações naturais a proporção sexual tende a ser de 1:1. Porém, eventos como mortalidade e crescimento podem atuar de maneira distinta entre os sexos, ocasionando variações na proporção sexual ao longo do tempo (Nikolski, 1969; Vazzoler, 1996). Na maioria das cinco amostras analisadas não houve diferenças significativas na proporção de machos e fêmeas, resultado semelhante ao encontrado em outras investigações para a mesma espécie (Crampton, 2008; Rossoni *et al.* 2010). Este resultado sugere não haver uma taxa de mortalidade diferenciada entre sexos para *S. aequifasciatus*, apesar da existência de diferenças de crescimento entre os sexos.

Os machos de acará-disco (*S. discus*) possuem comportamento agressivo nas escolhas de suas parceiras sexuais. Os indivíduos maiores geralmente possuem

preferência na escolha das fêmeas. O maior tamanho e uma maior agressividade possivelmente fazem com que ele proteja melhor a prole (Câmara, 2004), o que facilitaria a sua aceitação pelas fêmeas. Em relação ao tamanho, os machos de acará-disco são um pouco maiores que as fêmeas, resultado que corrobora outros estudos realizados com esta espécie (Crampton, 2008; Rossoni *et al.* 2010). Esta taxa de crescimento diferenciada possivelmente está relacionada com as características reprodutivas da espécie.

As espécies da família Cichlidae são territoriais, construindo ninhos para a reprodução e fazendo a guarda de parceiras e dos filhotes (Keenleyside, 1991). Na formação dos casais pode ocorrer competição entre machos e seleção do substrato para desova. A diferença de tamanho é um dos fatores mais importantes na disputa por território entre os peixes, interferindo significativamente no sucesso reprodutivo (Torricelli, *et al.* 1993; Chellappa *et al.* 1999a; Chellappa *et al.* 1999b). Em algumas espécies de ciclídeos as fêmeas escolhem machos maiores, provavelmente porque estes indivíduos podem proporcionar uma maior proteção à prole, assim como conseguiriam melhores locais para a construção do ninho, adquirindo assim um maior sucesso reprodutivo (Rogers, 1995; Gomiero & Braga, 2003; Cacho *et al.* 2006).

A relação peso-comprimento é um importante parâmetro nos estudos de populações de peixes, sendo um indicador de acúmulo de gordura e estado geral de saúde do peixe (Gomiero & Braga, 2006), além de indicar o tipo de coeficiente de crescimento da espécie, tornando-se um indicativo das atividades alimentares e reprodutivas. O crescimento alométrico positivo encontrado indica que a população de acarás-disco do Amanã possui um incremento de peso maior do que o de comprimento. Este resultado pode estar ligado ao formato discoide de seu corpo, fazendo com que crescimento em altura seja proporcional ao crescimento em comprimento, desta maneira o peso aumenta mais rápido do que o comprimento. Os acarás-discos estudados na RDS Piagaçú-Purus também apresentaram uma relação alométrica positiva (Rossoni, com. pes.).

A variação mensal do incremento marginal demonstra que a espécie deposita apenas uma marca por ano, no mês de setembro. Outros estudos na Amazônia também encontraram apenas uma marca de crescimento anual (Fabrè & Saint Paul, 1998; Jepsen *et al.* 1999; Loubens & Panfili, 2001; Holley *et al.* 2008; Campos 2013).

Este padrão de deposição está relacionado com a redução da oferta de alimento e aumento da densidade populacional (ver tópico 2.5.2).

Na vazante, em agosto, os indivíduos de acará-disco começam a se reunir em grupos na vegetação arbustiva submersa, com destaque para as maracaranas (*Ruprectiasp.*) e os carauazeiros (*Symmeria paniculata*). Estes agrupamentos reúnem centenas de indivíduos (Crampton, 1999a; Bleher, 2006; obs. pessoal). Este é o período em que começa a diminuir a oferta de alimento e aumenta a densidade da população de acarás-disco, causando a redução no consumo alimentar dos peixes (ver item 1.5.1), reduzindo o ritmo de crescimento, fazendo com que ocorra a deposição de uma marca de crescimento (banda opaca do anel de crescimento).

Para algumas espécies amazônicas, em função do ciclo hidrológico, a oferta de alimento é a variável que parece mais influenciar a formação de anéis de crescimento, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Araújo-Lima & Goulding, 1998), a pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) (Loubens & Panfili, 2001) e o mapará (*Hypophthalmus marginatus*) (Cutrim & Batista, 2005). O mesmo padrão foi também encontrado para alguns ciclídeos neotropicais como o cará-de-lagoa (*Gymnogeophagus lacustris*) (Hartz *et al.*, 1998) o cará-papaterra (*Satanoperca papaterra*) (Fernandes *et al.*, 2002), e os tucunarés (*Cichla spp.*) (Jepsen *et al.* 1999; Holley *et al.* 2008; Campos 2013).

Outros estudos, ao contrário, encontraram a formação de duas marcas anuais (Oliveira, 1997; Vieira, 1999; Cutrim & Batista, 2005; Cavalcante, 2008). Também nestes estudos a formação dos anéis está relacionada à reprodução e alimentação.

Peréz & Fabrè (2003) também encontraram duas marcas de crescimento anual no estudo de crescimento da piracatinga (*Calophysus macropterus*). Os autores colocam que a diferença entre o número de marcas de crescimento nos diferentes estudos pode ser explicada pela dificuldade de interpretação das marcas, influenciando na validação das mesmas.

Até onde foi possível constatar, não existe nenhum outro experimento sistemático de marcação e recaptura de acarás-disco em ambiente natural ou artificial, voltado a avaliar o seu crescimento. Crampton (2008) em um estudo sobre deslocamento e fidelidade ao local ao local onde os indivíduos de acarás-disco se agrupavam no período de seca, realizou um experimento de marcação e recaptura. Neste experimento ele recapturou apenas um indivíduo 11 meses após a primeira mensuração, onde foi encontrado um crescimento de mais de 2,5 cm, valor bem

superior ao presente estudo, que obteve um crescimento médio mensal de 0,1 cm. No presente trabalho, foram recapturados em média 20 indivíduos mensalmente, atribuindo maior representatividade e confiabilidade aos resultados.

Em sistemas de cultivo intensivo os acarás-disco possuem um crescimento bem maior, e peixes com 6,0 cm cresceram aproximadamente 2,0 cm ao longo de 50 dias (Beerli, 2009). Esta diferença observada é esperada, pois os peixes provenientes de sistemas de cultivo intensivo são submetidos a uma dieta equilibrada e alimentação intensa, e não sofrem os efeitos da competição interespecífica e nem da escassez eventual ou sazonal de alimento.

A diferença mensal observada na taxa de crescimento pode estar relacionada a mudanças na oferta de alimento e também ao início do período reprodutivo da espécie. A energia alocada por uma espécie pode ser utilizada para o crescimento individual, ou para a reprodução (Vazzoler, 1996). Os meses de maior crescimento coincidem com o início da época de maior atividade alimentar da espécie, que ocorre de janeiro a julho, enquanto que entre os meses de setembro e novembro a atividade alimentar é bem baixa (ver tópico 1.5.1). Já entre os meses de maio e julho, apesar de ocorrer uma atividade alimentar alta, a espécie encontra-se no período de cuidado parental com a prole, e se recuperando do gasto energético despendido com a reprodução, o que pode diminuir o ritmo de crescimento (ver tópico 3.5.6).

A alimentação e o período reprodutivo são os fatores que mais influenciaram o crescimento de diversas espécies amazônicas, como o Curimatá (*Prochilodus nigrans*) (Oliveira, 1997), o tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Araújo-Lima & Goulding, 1998), a pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) (Loubens & Panfili, 2001), o mapará (*Hypophthalmus marginatus*) (Cutrim & Batista, 2005), o jaraqui de escama grossa (*Semaprochilodus insignis*) (Vieira, 1999), o aruanã (Cavalcante, 2008). O mesmo padrão foi também encontrado para alguns ciclídeos neotropicais como o cará (*Gymnogeophagus lacustris*) (Hartz *et al.*, 1998) o cará-papaterra (*Satanoperca papaterra*) (Fernandes *et al.*, 2002), e os tucunarés (*Cichla* spp.) (Jepsen *et al.* 1999; Holley *et al.* 2008; Campos 2013).

O rápido crescimento e uma expectativa de vida relativamente baixa são características de peixes de pequeno e médio porte em condições tropicais (Lowe-McConnell, 1999). Os parâmetros da curva de crescimento sugerem que a espécie possui uma expectativa de vida de mais de oito anos e uma taxa de crescimento

moderada ($K=0,36$). Estas características são típicas de espécies “em equilíbrio”, que possuem um ciclo de vida longo e taxas de crescimento intermediárias ou baixas, K-estrategistas e de características sedentárias, seus principais representantes são das ordens Perciformes e Siluriformes, além de alguns characiformes de grande porte (Winemiller, 1989).

Entre os Perciformes da bacia Amazônica a longevidade variou de sete anos para a pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*) ($K=0,13$) (González *et al.* 2005) a quatorze anos para o tucunaré (*Cichla temensis*) ($K=0,20$) (Campos, 2013). Os estudos de crescimento com ciclídeos amazônicos se concentram nos tucunarés (*Cichla* spp.). A constante de crescimento variou de, $K= 0,25$ a $0,38$, para *Cichla monoculus* e $K= 0,16$ a $0,20$ para *Cichla temensis* (Jepsen *et al.* 1999; Holley *et al.* 2008; Campos & Freitas 2010; Campos, 2013). Os valores menores do que os do acará-disco estão relacionados ao seu maior tamanho, conseqüentemente uma menor predação, e também a sua maior longevidade. Apesar de não termos outros estudos de crescimento de ciclídeos amazônicos de médio porte, espécies de ciclídeos da bacia do rio Paraná também apresentam um crescimento próximo ao do acará-disco, como o acará-de-lagoa *Gymnogeophagus lacustris*, que tem k aproximado de $0,4$ e uma longevidade de seis anos (Hartz *et al.* 1998) e o acará *Satanoperca pappaterra*, que vive três anos e possui k aproximado de $1,27$ (Fernandes *et al.* 2002). O valor da constante de crescimento muito superior ao encontrado para os ciclídeos de modo geral. O resultado deste estudo pode estar relacionado ao fato da população estar vivendo em um barramento para geração de energia hidrelétrica, como o ambiente está totalmente alterado algum fator antrópico, como abundância de alimento, pode estar desencadeando o rápido crescimento da espécie nesta população.

Dentre os siluriformes o mapará (*Hypophthalmus marginatus*) teve sua longevidade estimada em 5,4 anos, e uma constante de crescimento de $K= 0,55$ (Cutrim & Batista, 2005). Os grandes Characiformes Pirapitinga (*Piaractus brachipomus*) e o tambaqui (*Colossoma macropomum*) tiveram sua longevidade estimada em 28 e 17 anos respectivamente (Villacorta-Correa, 1997; Loubens & Panfili, 2001). Já Characiformes de menor porte que possuem estratégia sazonal ou oportunista, tem como características o rápido crescimento longevidades menores e valores de constante de crescimento maiores, como as sardinhas *Triportheus albus* ($A= 3,48$ anos, $K=0,86$); *T. angulatus* ($A= 4,68$ anos, $K= 0,65$) e *T. auritus* ($A= 3,89$

anos; $K=0,71$) (Prestes *et al.* 2010), a piranha caju *Pygocentrus nattereri* ($K=0,63$) (Bevilaqua & Soares, 2010) o curimatá *Brycon amazonicus* ($K= 0,57$) (Santos-Filho & Batista 2009) (tabela 3.6).

Tabela 3.6: Parâmetros de crescimento de estudos realizados na região Amazônica.

Ordem	Espécie	K	Long. (anos)	Autor
Perciformes	<i>Symphysodon aequifasciatus</i>	0,36	8,4	Presente estudo
	<i>Cichla monoculus</i>	0,25-0,38	-	Campos & Freitas 2010
		0,20	14	Campos 2013
	<i>Cichla temensis</i>	0,18	-	Holley <i>et al.</i> 2008
		0,16	-	Jepsen <i>et al.</i> 1999
	<i>Satanoperca pappaterra</i>	1,27	3	Fernandes <i>et al.</i> 2002
	<i>Gymnogeophagus lacustris</i>	0,40	6	Hartz <i>et al.</i> 1998
	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	0,13	7	González <i>et al.</i> 2005
Siluriformes	<i>Hypophthalmus marginatus</i>	0,55	5,4	Cutrim & Batista, 2005
Characiformes	<i>Colossoma macropomum</i>	0,16	17	Villacorta-Correa, 1997
	<i>Piaractus brachypomus</i>	-	28	Loubens & Panfili, 2001
	<i>Brycon amazonicus</i>	0,57	-	Santos-Filho e Batista 2009
	<i>Schizodon fasciatus</i>	0,52	-	Ruffino & Isaac, 2000
	<i>Prochilodus nigricans</i>	0,45	-	Ruffino & Isaac, 2000
	<i>Pygocentrus nattereri</i>	0,63	-	Bevilaqua & Soares, 2010
	<i>Triportheus albus</i>	0,86	3,48	Prestes <i>et al.</i> 2010
	<i>Triportheus angulatus</i>	0,65	4,68	Prestes <i>et al.</i> 2010
	<i>Triportheus auritus</i>	0,71	3,89	Prestes <i>et al.</i> 2010

3.7 CONCLUSÃO

A proporção sexual nas áreas amostradas foi de 1:1, não ocorrendo uma taxa de mortalidade diferenciada entre sexos para *S. aequifasciatus*, apesar da existência de diferenças de crescimento entre os sexos.

Os machos de acará-disco (*S. aequifasciatus*) são maiores que as fêmeas a diferença na taxa de crescimento da espécie está relacionada com as características reprodutivas da espécie, onde a diferença de tamanho é um dos fatores mais importantes na disputa por território entre os peixes, na proporção de uma maior proteção à prole, assim como conseguiriam melhores locais para a construção do ninho, interferindo significativamente no sucesso reprodutivo.

O crescimento alométrico positivo encontrado indica que a população de acarás-disco do Amanã possui um incremento de peso maior do que o de comprimento.

O experimento de marcação e recaptura com animais cativos mostrou que a espécie cresce cerca de 1,2 cm ao ano, e que os meses de maior crescimento coincidem com o início da época de maior atividade alimentar.

A variação mensal do incremento marginal demonstra que a espécie deposita apenas uma marca por ano, no final da vazante. Esta deposição está possivelmente relacionada com a oferta de alimento e densidade populacional.

Os parâmetros populacionais estimados indicam que a espécie possui uma longevidade de mais de oito anos com uma constante de crescimento de $K= 0,36$ e $L_{\infty}= 16,17$ cm. Estas características são típicas de espécies “em equilíbrio”, que possuem um ciclo de vida longo e taxas de crescimento intermediárias ou baixas, K-estrategistas e de características sedentárias, como os representantes da família Cichlidae.

Capítulo 4 – Biologia reprodutiva de *Symphysodon aequifasciatus* (Perciformes: Cichlidae) em igarapés tributários do lago Amanã

4.1 INTRODUÇÃO

Nos grandes rios da região Amazônica geralmente ocorrem grandes flutuações sazonais nas condições ambientais principalmente em decorrência do pulso de inundação (Junk,1980). O pulso de inundação é resultante do somatório das chuvas de toda a bacia de drenagem e do degelo anual do verão andino (Junk *et al.*, 1989) promovendo uma oscilação do nível da água como um ciclo unimodal anual, com um período de águas altas e outro de águas baixas (Barthem & Fabre, 2004).

A amplitude na variação do nível da água gira em torno de 10 a 12 metros por ano, atingindo na Amazonia Central sua máxima inundação nos meses de junho-julho e o período com águas no nível mais baixo nos meses de outubro – novembro (Ayres, 1995; Piedade *et al.* 2000). O ciclo de inundação pode ser resumido em quatro fases: enchente, cheia, vazante e seca. A enchente é caracterizada pelo aumento do nível do rio e pela acentuada expansão dos ambientes aquáticos, a cheia ocorre quando o nível da água atinge o seu máximo. Na vazante os ambientes aquáticos começam a se contrair, sendo que a descida no nível da água ocorre de maneira acelerada. Já a seca é o período que as águas atingem seu menor nível (Barthem & Fabre, 2004).

A sazonalidade do nível das águas no ecossistema amazônico exerce forte influência sobre o balanço de nutrientes, cadeia trófica e ciclo de energia nos ambientes aquáticos, e conseqüentemente, sobre a fauna e flora aquática e terrestre (Junk *et al.*, 1989; Neiff, 1990; Vazzoler, 1996; Henderson, 1999; Lowe McConnell, 1999; Soares *et al.* 1999; Amadio & Bittencourt, 2005). Determinando mudanç as físico-químicas do ambiente e, como conseqüência, as espécies respondem com uma série de adaptações morfológicas, anat micas, fisiológicas e ecológicas, resultantes do processo de seleção que promove o ajuste de suas estratégias de vida aos eventos cíclicos ambientais, existindo uma estreita relação entre estímulos desencadeadores da maturação gonadal, migração, desova e desenvolvimento larval, crescimento e alimentação (Winemiller, 1989; Gomes & Agostinho, 1997; Lowe McConnell, 1999; Bailly *et al.*, 2008; Suzuki *et al.*, 2009). Estas acentuadas alterações representam uma forte pressão de seleção para que biota desenvolva

mecanismos morfofisiológicos, anatômicos e comportamentais para sobreviverem em tais condições (Santos *et al.*, 1991; Vazzoler & Menezes, 1992; Val & Almeida-Val, 1995). Constituído-se no fator ambiental de maior relevância na estruturação das comunidades e no funcionamento dos sistemas rios-planícies de inundação (Junk *et al.*, 1989;), com importantes reflexos sobre sua integridade biótica (Camargo & Esteves, 1996; Thomaz *et al.*, 1997; Agostinho *et al.*, 2001).

Os peixes apresentam uma grande variedade de estratégias e táticas reprodutivas, exibindo um amplo espectro de respostas nos atributos de história de vida (Balon, 1975; Wootton, 1990). Dentre eles, os peixes tropicais de água doce destacam-se por possuir a maior diversidade nos padrões reprodutivos (Lowe McConnell, 1999). Winemiller (1989) apresentou uma classificação nas estratégias reprodutivas dos peixes em três categorias; sazonal, equilíbrio e oportunista. Para esta classificação foram considerados os balanços nas trocas de energia entre reprodução, crescimento e sobrevivência dos indivíduos. Esta classificação é um modelo contínuo denominado de “contínuo triangular das estratégias de vida” (triangular continuum of strategies), que seria os resultados das respostas adaptativas à previsibilidade e a variabilidade ambiental.

As espécies sazonais possuem como estratégias reprodutivas uma alta fertilidade, sem cuidado parental e a desova ocorrendo de maneira sincronizada as condições ambientais propícias para o desenvolvimento da prole. As espécies classificadas como equilíbrio possuem como características uma baixa fecundidade, cuidado parental, ovócitos grandes e período reprodutivo longo. Por fim, as espécies oportunistas possuem como características uma baixa fecundidade, maturação precoce, reprodução contínua ao longo do ano e tamanho corporal pequeno.

O período de cheia aumenta as áreas alagadas promovendo a inclusão de novos habitats, oferecendo locais variados para desova, sobrevivência das lavras e desenvolvimento inicial de juvenis. Aumentando a disponibilidade de abrigo e alimento para as comunidades aquáticas (Junk *et al.*, 1989; Neiff, 1990). Estudos sobre a biologia reprodutiva das espécies amazônicas têm demonstrado que a maioria das espécies possuem um único período reprodutivo sincronizado com início da enchente (Paixão, 1980; Santos, 1980; Araújo-Lima, 1984; Fernandes & Merona, 1988; Santos & Ferreira, 1989; Vazzoler & Amadio, 1990; Santos & Ferreira, 1999; Isaac *et al.* 2000; Torrente-Vilara, 2003; Favero *et al.* 2010a).

Este padrão é encontrado principalmente por espécies com características predominantemente sazonais. A maioria dos Characiformes da Amazônia apresenta este padrão, como o tambaqui *Colossoma macropomum* (Goulding & Carvalho 1982, Villacorta-Correa & Saint-Paul, 1999, Araújo-Lima & Goulding, 1998; Isaac *et al.* 2000); os aracus *Schizodon fasciatus*, *Rhytidodus argenteofuscus* e *R. microlepis* (Santos, 1980; Isaac *et al.* 2000); jaraquis, *Semaprochilodus* spp. (Ribeiro & Petrere, 1990; Vazzoler *et al.*, 1989) e a curimatá, *Prochilodus nigricans* (Isaac *et al.* 2000).

Por outro lado, a reprodução das espécies classificadas com a estratégia em equilíbrio pode iniciar a reprodução ainda durante o período de seca e se estender até a cheia como o aruanã, *Osteoglossum bicirrhosum* (Aragão, 1986); o muçum, *Synbranchus lampreia* (Favorito *et al.*, 2005) ou logo no início da enchente como as piranhas, *Pygocentrus nattereri*, *Serrasalmus altipinnis* e *S. spilopleura* (Duponchelle *et al.*, 2007; Maciel, 2010); o tamoatá, *Hoplosternum littorale* (Winemiller, 1987). Além dos ciclídeos *Cichla monoculus* e *Acarichthys heckelli* e *Mesonauta insignis* (Isaac *et al.* 2000; Favero *et al.* 2010b).

Os ciclídeos possuem comportamentos reprodutivos complexos, que incluem interações agonísticas em competições por território e na formação de casais. A incubação pode ser bucal ou em substratos consolidados, sempre apresentando guarda uni- ou biparental dos ovos, larvas e prole livre-natante (Keenleyside, 1991), além de elaborados comportamentos de corte e acasalamento (Câmara & Chellapa, 2000). Estas características fazem com que as espécies desta família sejam, na maioria das vezes, classificadas na estratégia de equilíbrio (Winemiller, 1989; Isaac *et al.* 2000; Favero *et al.* 2010b).

Devido ao seu comportamento complexo, seu pequeno tamanho e cores atraentes, os ciclídeos são comumente comercializados como espécies ornamentais. As espécies do gênero *Symphysodon* spp. são as espécies de peixes ornamentais de maior valor econômico da região amazônica, isto se deve ao seu formato exótico, por possuir cores brilhantes, e um complexo comportamento em cativeiro (Kullander, 2003; Crampton, 2008; Rossoni *et al.* 2010).

Apesar de sua importância econômica, e de sua exploração histórica, existem poucos estudos sobre a biologia desta espécie em vida livre (Hildermann, 1959; Crampton, 2008; Rossoni *et al.* 2010). Estes estudos demonstraram que os acarás-disco formam casais e se reproduzem no início da enchente (Crampton, 2008), com uma fecundidade média em torno de 1500 ovócitos (Crampton, 2008; Rossoni *et al.*

2010). Em relação ao tipo de desova Crampton (2008) encontrou os peixes realizando desovas parceladas, enquanto Rossoni e colaboradores (2010) encontraram os acarás-dicos realizando desova total, e com um segundo lote de ovócitos de reserva que seriam liberados somente se ocorrer uma perda significativa de ovos, larvas ou alevinos, caso contrário os ovócitos são absorvidos pelo organismo. Este mecanismo permite a espécie aumentar as chances de sucesso reprodutivo em uma temporada de desova, evitando a perda da energia investida no processo reprodutivo.

A maioria das informações disponíveis foi produzida a partir de experimentos em laboratório, ou informalmente, por aquaristas (Mayland, 1994; Degen, 1995; Câmara, 2004; Bleher, 2006). A falta de estudos sobre a biologia e ecologia da espécie em ambiente natural se deve, em parte, à dificuldade de obtenção de amostras ao longo de todo o ciclo hidrológico da região, pois no período de cheia os peixes se dispersam no igapó, dificultando a sua captura (obs. pessoal).

No médio Solimões a pesca de peixes ornamentais é constituída principalmente pela espécie *Symphysodon aequifasciatus*. Esta pesca é realizada principalmente no lago Tefé e em igarapés próximos. Um monitoramento diário no porto de Tefé, no período de agosto a dezembro de 2006, contabilizou a saída de 10.623 indivíduos de acará-disco. Este valor representa 69% do total de peixes ornamentais comercializados legalmente na região neste mesmo período (Mendonça & Camargo, 2006; Souza & Oliveira, 2007).

O conhecimento da biologia reprodutiva é um dos aspectos mais importantes para implantação de medidas que visem à exploração sustentável da população manejada, evitando a depleção dos estoques e a conseqüente extinção comercial. O sucesso reprodutivo depende o recrutamento e, conseqüentemente, a manutenção de populações viáveis como base para o manejo dos estoques (Vazoller, 1996; Suzuki & Agostinho, 1997; Rossoni, 2008). Desta maneira, o presente capítulo levantou informações a respeito da biologia reprodutiva de *S. aequifasciatus*, procurando cobrir todo o ciclo hidrológico e fornecendo informações que servirão como subsídios para o manejo sustentável da espécie na área de estudo.

4.2 OBJETIVO GERAL

Descrever os principais aspectos da biologia reprodutiva de *S. aequifasciatus* em igarapés tributários do lago Amanã.

4.2.1 Objetivos específicos

- Estimar o tamanho médio de primeira maturação sexual (L_{50}) de *S. aequifasciatus* do lago Amanã e seus igarapés tributários.
- Descrever macro e microscopicamente as fases reprodutivas de *S. aequifasciatus* do lago Amanã e seus igarapés tributários.
- Determinar a época de reprodução de *S. aequifasciatus* do lago Amanã e seus igarapés tributários.
- Determinar o tipo de desova de *S. aequifasciatus* do lago Amanã e seus igarapés tributários
- Estimar a fecundidade de *S. aequifasciatus* do lago Amanã e seus igarapés tributários.

4.3 HIPÓTESES

- A maioria das espécies de peixes amazônicos possuem um único período reprodutivo sincronizado com o início da enchente, permitindo que os alevinos se beneficiem dos abundantes recursos alimentares e baixa densidade de predadores que está época propociona. Como já relatado para a espécie no mesmos local de estudo, espera-se que a reprodução de *S. aequifasciatus* nos igarapés associados ao lago Amanã ocorra nos meses novembro e dezembro período correspondente ao início da enchente no local.
- Devido ao seu elaborado comportamento reprodutivo com formação de casal, construção de ninho e cuidado com a prole, aliado com dinâmica ambiental amazônica, assim como relato de outros estudos com o gênero em ambiente natural, espera-se que *S. aequifasciatus* apresente desova única por temporada com uma baixa fecundidade.

4.4 Metodologia

4.4.1 Coleta dos animais

A descrição das coletas dos indivíduos está mencionada detalhadamente na introdução da tese. Para as análises de reprodução foram utilizadas duas metodologias distintas. A primeira foi a pesca de indivíduos de *S. aequifasciatus* coletados mensalmente nas moitas de maracaranas e no igapó. Sendo analisados 20 indivíduos por mês em cada igarapé em um período de 12 meses, totalizando 720 indivíduos. Devido à dificuldade de captura de exemplares da espécie durante o período da enchente e cheia, e tendo a necessidade de uma amostragem representativa de todo o ciclo hidrológico uma segunda metodologia foi utilizada.

A segunda metodologia foi através de um experimento de confinamento dos indivíduos de *S. aequifasciatus* em tanques-redes, que foram colocados e mantidos nos igarapés aonde os peixes foram pescados, sempre em locais próximos ao da captura. Para este experimento foi retirada mensalmente uma amostra de dez indivíduos de cada tanque-rede, totalizando 60 indivíduos por mês em um período de doze meses.

Os peixes retirados mensalmente foram transportados de barco, em caçapas plásticas, para o laboratório de biologia de peixes do Instituto Mamirauá, em Tefé, onde foram sacrificados com uma dose letal de Eugenol, e imediatamente congelados, para a posterior análise.

4.4.2 Métodos laboratoriais

No laboratório para cada indivíduo, foram anotados dados referentes ao comprimento padrão (com acurácia de 0,01 cm), peso (0,01 g), sexo, peso da gônada (0,001g), origem do espécime coletado (tanque-rede ou em ambiente natural) e o estágio de maturidade gonadal. Quando possível, as gônadas eram fixadas em solução de formalina 10% e posteriormente conservadas em álcool 70% para posterior análise histológica.

Os estádios gonadais foram determinados macroscopicamente com base no tamanho, forma, cor e textura das gônadas. Para as fêmeas foram observados também a presença de ovócitos, utilizando-se a escala de maturação proposta por Núñez & Duponchelle (2009).

Análises histológicas das gônadas foram realizadas para confirmação dos estádios macroscopicamente definidos e para a descrição microscópica dos estádios maturacionais. Foram separadas para análise histológica duas gônadas de cada estágio de maturação gonadal, por mês e por sexo.

Após a fixação, as gônadas foram seccionadas em três partes (proximal, mediana e distal), a porção mediana foi desidratada em série crescentes de álcool (70%, 80%, 90%, 95% e dois banhos em álcool P.A.) ficando imerso por uma hora em cada uma das soluções alcoólicas, diafanizadas em xilol com duas imersões de 30 minutos cada. E incluídas em parafina para a obtenção de cortes com espessura de 5 μ m. Para a coloração foi utilizado o método de hematoxilina-eosina (H.E.). Os cortes histológicos foram examinados e fotografados em microscópio óptico Olympus (X30), procedimentos adaptados de Vazzoler (1996).

Para as análises de estimativa de fecundidade e tipo de desova, 11 ovários maduros foram separados e os ovócitos dissociados em solução de Gilson. A estimativa de fecundidade foi realizada pelo método volumétrico, onde após dissociação dos ovócitos em solução de Gilson, os mesmos foram transferidos para uma proveta e mantidos em álcool 70%, sendo anotado o volume total de ovócitos.

A suspensão foi homogeneizada, e em seguida um subamostrador (pipeta de Stempel) foi utilizado para retirar uma amostra de volume conhecido. Os ovócitos presentes na subamostra foram contados, e os valores encontrados serviram para estimar o número total de ovócitos, através de uma regra de três, com base no volume total de ovócitos da amostra (Vazzoler, 1996).

O tipo de desova foi definido com base na distribuição de frequência dos ovócitos por classes de diâmetro (0,1mm), sendo realizada uma inspeção gráfica visual para identificação de possíveis grupos modais diferenciados de ovócitos (Vazzoler, 1996).

Além dessas informações, foi observada a quantidade de vezes em que ocorreram eventos de desova ao longo do estudo. Para esta análise foi verificado quantas vezes ao longo do ano foram observadas gônadas maduras e em regressão. Sendo utilizadas as informações referentes da classificação macroscópica dos estádios reprodutivos ao longo dos meses, bem como as evidências histológicas.

4.4.3 Análises estatísticas

O tamanho da primeira maturação sexual (L_{50}), comprimento no qual 50% dos indivíduos iniciaram o primeiro processo de maturação gonadal, foi determinado por meio de uma função logística, utilizando a expressão:

$$v2 = 1 / (1 + \exp(-b1 * (v1 - b2))), \text{ onde:}$$

$v1$ = classe de comprimento;

$v2$ = % de adultos na classe de comprimento;

$b1$ = taxa de crescimento da fase exponencial da curva logística

$b2$ = L_{50} , comprimento de primeira maturação sexual.

Os indivíduos imaturos foram considerados juvenis, e os indivíduos encontrados em todos os demais estádios de maturação foram considerados adultos.

O período reprodutivo foi determinado pela análise de três fatores: 1) A distribuição de frequência mensal dos estádios de maturação das gônadas; 2) A distribuição mensal da média do índice gonadossomático (IGS). Este último foi calculado individualmente, utilizando a expressão:

$$IGS = 100 * Wg * Wt^{-1}, \text{ onde:}$$

Wg = peso da gônada

Wt = peso total

3) E também pelo por meio da distribuição mensal do índice de atividade reprodutiva (IAR) (Agostinho *et al.*, 1991), determinado pela seguinte equação:

$$IAR = 1nNI(n_i / \sum n_i + n_i / N_i) GSI_i / GSI_e // \ln N_m (n_m / \sum n_i + 1) * 100, \text{ onde:}$$

N_i = número de indivíduos na unidade amostral i ;

n_i = número de indivíduos “em reprodução” na amostra i ;

N_m = número de indivíduos na unidade amostral com maior n ;

n_m = número de indivíduos “em reprodução” na unidade amostral com maior n ;

RGS_i = RGS médio dos indivíduos “em reprodução” na unidade amostral i ;

RGS_e = maior valor individual de RGS

A atividade reprodutiva medida pelo IAR foi classificada conforme a escala: nula ($IAR = 0$); incipiente ($0 < IAR < 5$); moderada ($5 < IAR < 10$), intensa ($IAR > 10$) e muito intensa ($IAR > 20$). Este índice foi calculado utilizando apenas as fêmeas de *S. aequifasciatus*, pois elas apresentam uma variação maior no peso das gônadas

durante o ciclo reprodutivo, sendo mais eficaz na análise da atividade reprodutiva (Agostinho *et al.* 1991).

As análises de período reprodutivo foram realizadas separadamente para os indivíduos coletados em ambiente natural e aqueles retirados dos tanques-rede. Posteriormente, a aderência entre os dois grupos amostrados foi testada através do Teste G (Ayres, *et al.* 2007). Encontrada aderência entre os grupos de amostras, foi realizada uma nova análise utilizando-se os dois conjuntos de dados agrupados, desta maneira será possível uma análise representativa e contemplando todo o ciclo hidrológico.

4.5 RESULTADOS

Neste estudo foram analisados 846 indivíduos, sendo 298 deles capturados em ambiente natural e 548 retirados dos viveiros. Nos meses de janeiro, março, maio, junho e julho de 2008, não foi capturado nenhum indivíduo em ambiente natural, embora os mesmos esforços de amostragem tenham sido empregados nesses meses.

4.5.1 Tamanho de primeira maturação sexual

O tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}) foi muito semelhante para ambos os sexos (machos= 11,43 cm; fêmeas= 11,08 cm), não havendo diferença significativa (Figura 4.1). O valor de L_{50} para os dois sexos combinados foi de 11,17 centímetros.

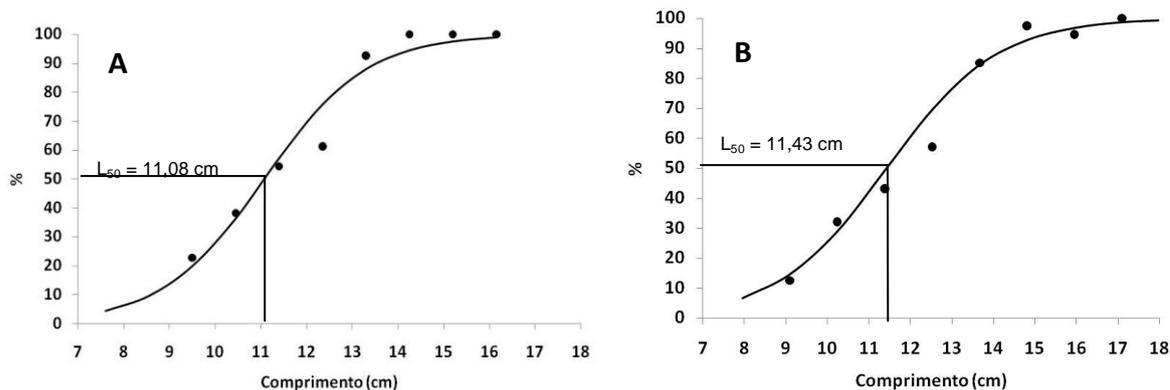


Figura 4.1: Comprimento de primeira maturação gonadal de *S. aequifasciatus* capturados nos igarapés associados ao lago Amanã: A) fêmeas e B) machos.

4.5.2 Descrição macroscópica das gônadas

As observações macroscópicas de gônadas de machos e fêmeas de *S. aequifasciatus* mostraram variações importantes. De acordo com o tamanho, coloração e textura do órgão foram identificados cinco estádios de maturação: imaturo; em maturação; maduro; desovado (fêmeas) ou esgotado (machos); recuperação e repouso.

Macroscopicamente testículos e ovários imaturos apresentaram formato filiforme, tamanho reduzido e coloração pálida. No estágio em maturação, os testículos apresentaram-se com aspecto lobular e os ovários fusiformes, com presença visível de pequenos oócitos. Ambos exibiam coloração amarelo-escuro e evidente vascularização. No estágio maduro as gônadas se encontravam maiores, os testículos exibiam uma coloração esbranquiçada e aspecto túrgido, os ovários apresentavam intensa rede vascular com oócitos grandes e amarelos. No estágio desovado/esgotado as gônadas apresentavam-se flácidas de coloração avermelhada ou alaranjada e aspecto hemorrágico. Ainda era possível observar oócitos grandes. No estágio recuperação e repouso formato gonadal era filiforme com pouca vascularização e coloração amarelo-clara.

4.5.3 Histologia das gônadas

A análise histológica dos ovários confirmou os estádios observados macroscopicamente, e o órgão apresentou um revestimento por tecido conjuntivo o qual se invaginava para o interior formando as lamelas ovígeras onde os oócitos se assentavam. De acordo com a organização e os tipos celulares presentes, os

estádios foram descritos da seguinte forma. O ovário imaturo exibiu lamelas ovíferas contendo oócitos no estágio I ou pré-vitelogênicos, que se encontravam agrupados, exibiam citoplasma basófilo e núcleo com nucléolo evidente. O ovário em maturação, além dos oócitos no estágio I, também apresentava oócitos em estágio II, caracterizados pelo citoplasma basófilo, presença de alvéolos corticais e pequenos grânulos de vitelo; e oócitos em estágio III, nos quais a célula exibe núcleo central e citoplasma acidófilo, com maior conteúdo de grânulos de vitelo. O ovário maduro apresentou predomínio de oócitos no estágio IV, com grande quantidade de vitelo no citoplasma e núcleo pouco visível, entretanto era possível observar também oócitos nos estágios I e II. O ovário desovado apresentou folículos pós-ovulatórios, folículos atresícos e oócitos nos estágios II e III, enquanto o ovário em recuperação / repouso apresentou oócitos no estágio I imersos em rede fibrilar (Anexo 3).

Histologicamente os testículos imaturos exibiam túbulos seminíferos irregulares, contendo células germinativas e espermatogônias. Os testículos em maturação apresentaram túbulos contendo espermatogônias, espermatócitos e espermatídes. Testículos maduros apresentaram grande quantidade de espermatozoides no lúmen do túbulo, com alguns grupos de espermatócitos. Os túbulos seminíferos dos testículos no estágio esgotado apresentavam-se vazios, com algumas espermatídes nas paredes, enquanto no estágio recuperação / repouso foram encontrados, além do lúmen frequentemente vazio, espermatócitos e espermatogônias (Anexo 4).

4.5.4 Período reprodutivo

A frequência mensal dos estádios de maturação das gônadas mostrou que a espécie apresenta período de desova entre fevereiro e abril, durante a enchente. Esse período de desova foi confirmado pela presença de gônadas desovadas (fêmeas) e esgotadas (machos) nos meses de abril a junho, seguido de gônadas em recuperação / repouso no período de junho a setembro. Foram encontrados indivíduos imaturos em todos os meses de amostragem. Já as gônadas em maturação foram encontradas com grande frequência entre os meses de novembro e fevereiro, e estiveram ausentes entre julho e outubro nos peixes retirados dos tanques-rede, aparecendo em baixa frequência nos meses de agosto e outubro, nos peixes coletados na natureza (Figura 4.2).

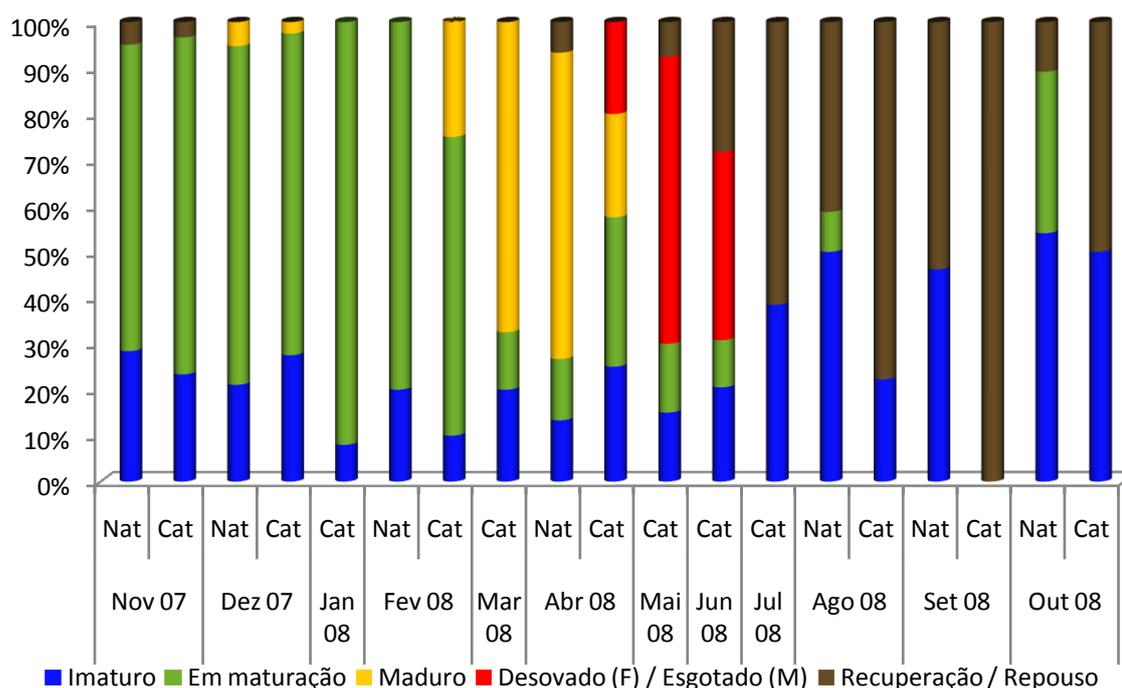


Figura 4.2: Porcentagem mensal dos estádios gonadais e número de indivíduos analisados de *S. aequifasciatus* capturados na natureza e nos tanques-rede, no lago Amanã, AM. Nat = indivíduos coletados na natureza; Cat = indivíduos mantidos em cativeiro.

A comparação entre os indivíduos capturados na natureza e os coletados nos tanques-rede mostra que não houve diferenças significativas na frequência dos estádios de maturação, na maioria dos meses avaliados (Tabela 4.1). A exceção foi o mês de abril, onde grande parte das gônadas dos peixes coletados na natureza estavam maduras, enquanto os peixes dos tanques-redes já estavam desovadas / esgotadas, com alguns indivíduos já apresentando gônadas em recuperação / repouso. A partir destes resultados foi realizada a análise agrupando os peixes coletados na natureza com os peixes dos tanques-redes.

Tabela 4.1: Comparação através do teste G entre os estádios gonadais mensais de exemplares de *Symphysodon aequifasciatus* capturados na natureza e em mantidos em cativeiro, entre Novembro de 2007 e Outubro de 2008. O valor em negrito indica diferença significativa.

Mês	G	P
Novembro	0,7738	0,9419
Dezembro	0,3556	0,9859
Fevereiro	2,8304	0,5866
Abril	15,5741	0,0036
Agosto	4,7935	0,3091
Setembro	5,8125	0,2136
Outubro	2,7326	0,6035

A análise agrupada confirma que o período reprodutivo do acará-disco ocorre no final da enchente, entre os meses de fevereiro e abril, com as gônadas desovadas e esvaziadas sendo encontradas entre abril e junho, e em recuperação / repouso entre maio e novembro. Os indivíduos imaturos ocorreram durante todo ano (Figura 4.3).

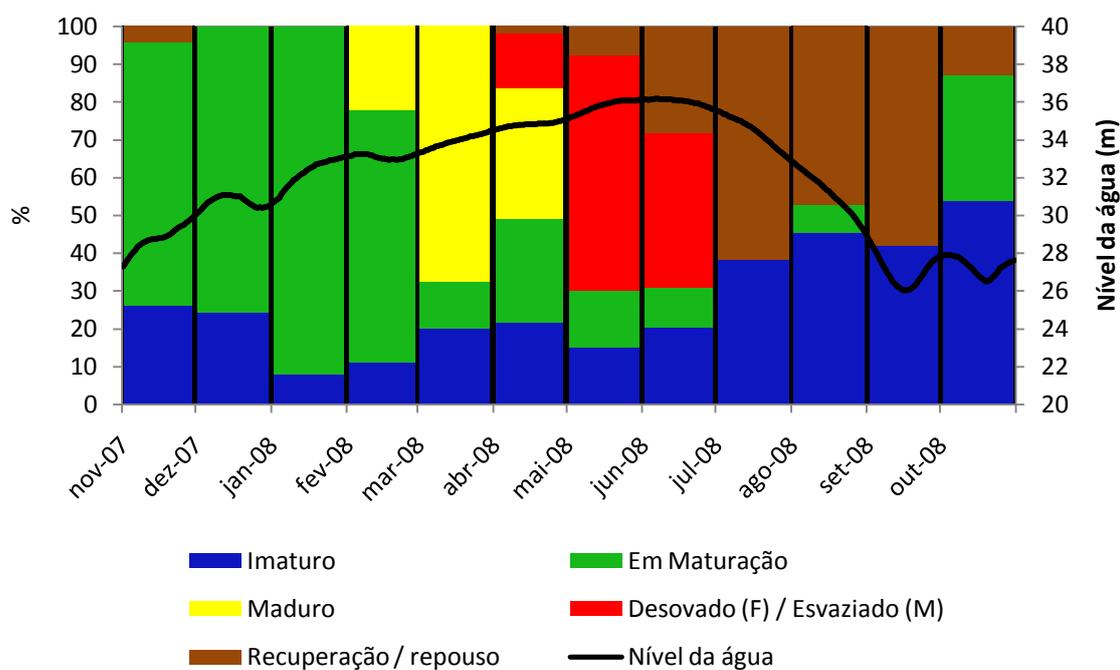


Figura 4.3: Porcentagem mensal dos estádios gonadais de *S. aequifasciatus* coletados no lago Amanã e igarapés associados.

O índice gonadossomático apresentou maiores valores entre os meses de dezembro e abril, com pico no mês de janeiro, demonstrando que neste período ocorre o final da maturação gonadal e final da vitelogênese dos oócitos. Já no período de maio a outubro seus valores foram baixos demonstrando uma baixa ou nenhuma atividade reprodutiva (figura 4.4).

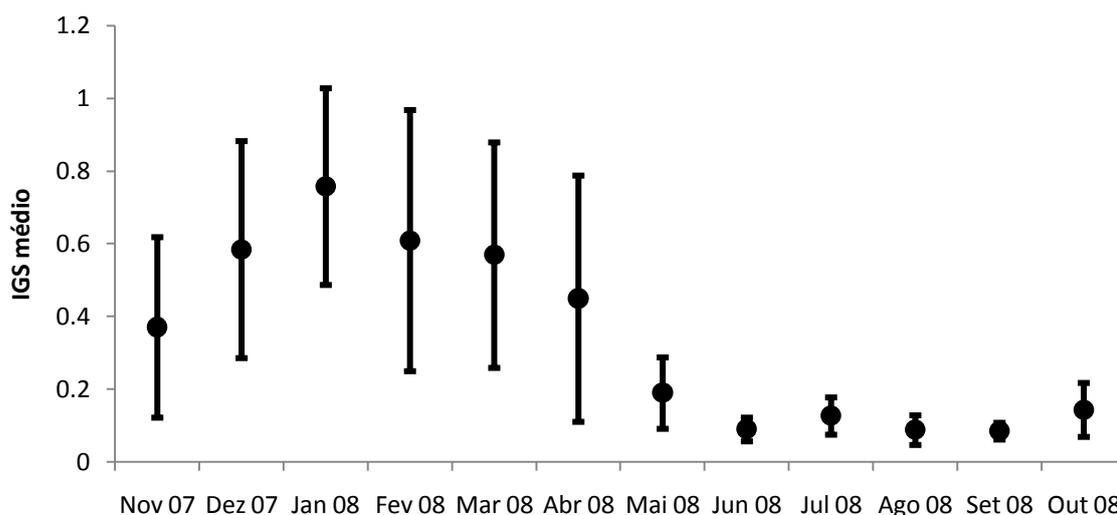


Figura 4.4: Índice gonadossomático mensal de fêmeas de *S. aequifasciatus* capturadas no lago Amanã e igarapés associados.

O índice de atividade reprodutiva mostrou que as fêmeas de *S. aequifasciatus* tiveram atividade muito intensa no período de novembro a março, com pico em janeiro, onde o índice alcançou o valor de 41. No mês de abril, onde algumas fêmeas já haviam desovado, a atividade reprodutiva ainda foi intensa. Os demais meses tiveram valores de IAR muito baixos, sendo classificados como atividade reprodutiva nula, com exceção de outubro, que foi classificado como incipiente (Figura 4.5).

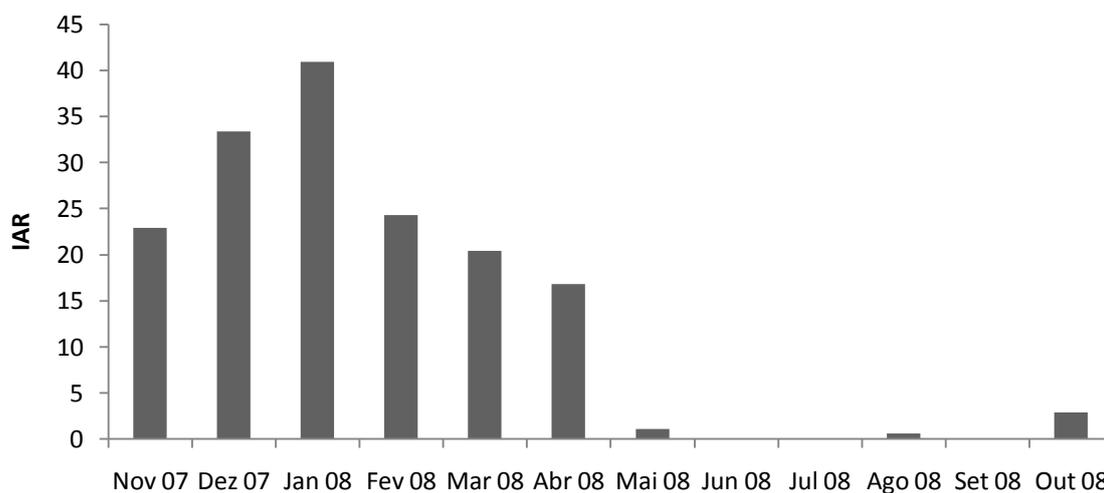


Figura 4.5: Índice de atividade reprodutiva por mês de *S. aequifasciatus* capturado no lago Amanã e igarapés associados– AM.

4.5.5 Tipo de desova

A partir da análise de onze fêmeas maduras foi estimada uma fecundidade média de 1595 ovócitos \pm 422d.p., com uma amplitude de 760 a 2330. O diâmetro dos ovócitos variou de 0,2 a 1,4 mm.

Quando analisadas todas as gônadas juntas temos a formação de um único grupo modal na classe de tamanho 0,9 e 0,1 mm de diâmetro. Sendo este grupo modal onde os oócitos estão prontos para desovarem (figura 4.6).

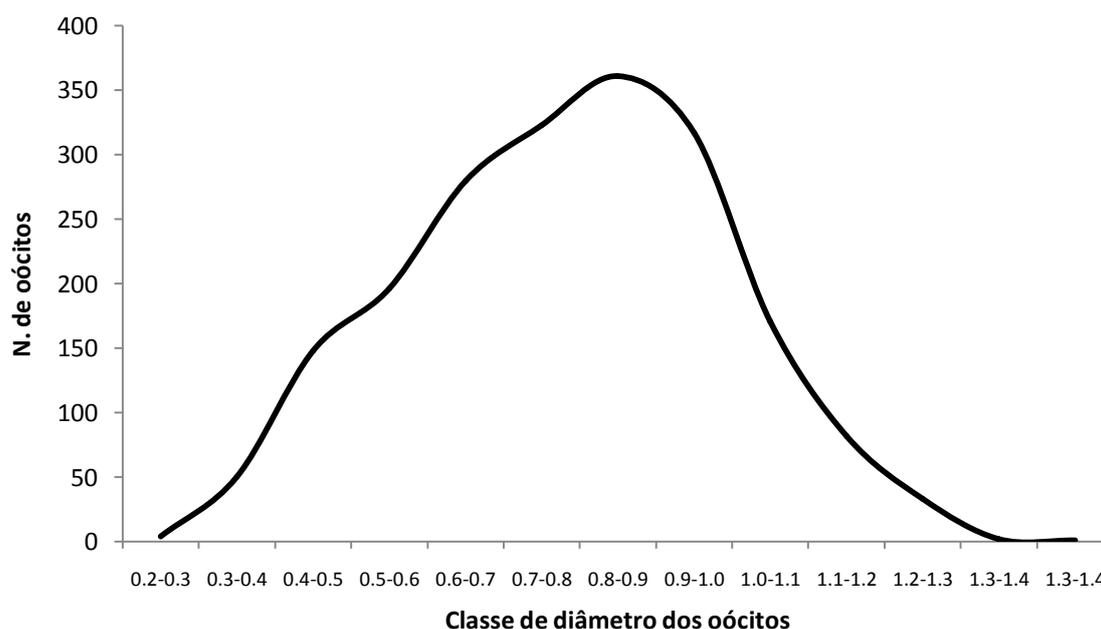


Figura 4.6 : Distribuição do número de ovócitos em cada classe de comprimento das onze gônadas analisadas de maneira conjunta das fêmeas de *S. aequifasciatus* capturadas no lago Amanã e igarapés tributários.

A distribuição de frequência de tamanho dos ovócitos mostrou que cerca de 64% dos ovários apresentaram dois grupos modais pronunciadamente definidos, sendo um de ovócitos com diâmetro entre 0,4 e 0,7 mm, com pico em 0,6 mm, e outro de ovócitos prontos para serem liberados, com diâmetro entre 0,8 e 1,1mm e pico em 1,0 mm. Três gônadas apresentaram um grupo modal pronunciadamente definido com diâmetro variando de 0,7 a 0,9 mm. E um segundo grupo modal bem menos marcante. E uma única gônada apresentou três grupos modais. (Anexo 5).

4.6 DISCUSSÃO

O tamanho da primeira maturação gonadal é uma tática reprodutiva que pode apresentar grande variação entre populações, e até mesmo entre indivíduos de uma mesma população. Esta plasticidade é determinada geneticamente e sofre variações de acordo com as condições ambientais (Wootton, 1990). Esta tática está fortemente relacionada com o crescimento, uma vez que reprodução e crescimento competem pela mesma energia disponível, e suas variações se devem a fatores ambientais bióticos e abióticos (Vazzoler, 1996; Fonteles, 1989; Lowe-McConell, 1999).

Os valores de L_{50} (11,43 cm para machos e 11,08 cm para fêmeas) foram próximos daqueles citados na literatura para os peixes criados em cativeiro, que indicam que a espécie se reproduz com cerca de 12 centímetros de comprimento (Crampton, 1999a; Bleher, 2006). Por outro lado, são superiores ao encontrados na RDS Piagaçu-Purus, onde foram encontrados valores entre 9,5 e 10,0 cm (Rossoni *et al.* 2010). A diferença encontrada entre valores destes locais pode ser decorrente da pressão de pesca que ocorreu na bacia do rio Purus nas décadas de 1970 a 1980, quando foi relatada a retirada de cerca de 20.000 indivíduos por ano (Rossoni, 2008). Enquanto isso, na região do lago Amanã a pesca do acará-disco foi registrado apenas de forma esporádica ao longo das últimas décadas (Medonça & Camargo, 2007).

Estoques que sofrem pressão de pesca tendem a apresentar uma diminuição no tamanho dos indivíduos da população e, conseqüentemente, um amadurecimento sexual precoce, fazendo com que os peixes desta população sob pressão se reproduzam com um tamanho menor (Jorgensen *et al.* 2007; Pardoe *et al.* 2009). Esta diminuição no tamanho da maturidade sexual faz com que o sucesso reprodutivo da espécie também diminua, uma vez que fêmeas menores produzem uma quantidade menor de oócitos (Vazoller, 1996). Esta redução no sucesso reprodutivo pode ser ainda mais acentuada em espécies de comportamento reprodutivo elaborado, como os ciclídeos.

Cacho *et al.* 2006 demonstraram que os machos maiores de acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) obtiveram um maior sucesso reprodutivo, com as fêmeas apresentando preferência por acasalar-se com machos maiores, mais agressivos, possuidores de territórios e mais experientes.

A classificação macroscópica das gônadas é satisfatória para o estabelecimento de padrões sazonais de desenvolvimento gonadal (West, 1990), e muito utilizada em estudos populacionais.

Os cinco estádios de maturação encontrados nas gônadas dos animais analisados sugerem um padrão normal de desenvolvimento para cada estágio de maturação e difere de outros estudos com o gênero *Symphysodon*. Outros estudos que classificaram macroscopicamente as gônadas de acarás-disco encontraram apenas quatro estádios de maturação (Chellappa *et al.* 2005; Rossoni *et al.* 2010), sem evidências de ocorrência de gônadas em processo de regeneração.

Os acarás-disco estudados na RDS Piagaçu-Purus (RDSPP) foram capturados apenas na estação seca (Rossoni *et al.* 2010), e é possível que naquele período do ciclo hidrológico a grande maioria dos indivíduos já tivesse iniciado o desenvolvimento gonadal, não sendo encontradas gônadas regenerando.

Chellappa e colaboradores (2005) registraram a ocorrência de desovas múltiplas por acarás-disco. Nesse tipo de desova não são encontrados indivíduos com as gônadas em regeneração, pois sempre existem lotes de ovócitos em algum estágio de maturação.

Nas análises histológicas a relação entre as fases ovocitárias e os estádios gonadais foram semelhantes à encontrada nos acarás-disco estudados em cativeiro (Chellapa *et al.* 2005).

A presença de ovócitos nas Fases III e IV em gônadas em regressão indica que pelo menos um lote de ovócitos fica armazenado para uma possível segunda desova dentro do mesmo período reprodutivo/ciclo sazonal. As gônadas em regressão e com folículos vazios, encontradas nos indivíduos coletados nos tanques-redes nos meses de maio e junho, indica que ocorreu a desova dos indivíduos mantidos em cativeiro.

O fato de não terem sido capturados acarás-disco recém nascidos, e nem peixes jovens em nenhum dos ambientes amostrados, pode ser explicado por mortalidade dos ovos, das larvas ou juvenis. Tal mortalidade pode ocorrer por meio de vários fatores, inclusive pelo comportamento de auto-ovofagia, já identificado nos acarás-disco (Stickney, 1994). Este comportamento canibal é descrito como uma estratégia de reciclagem de nutrientes, quando a desova ocorre em condições ambientais não propícias à cria (Feiller, 1990). Uma das causas plausíveis seria a

alta abundância de acarás-disco nos tanques-redes no período em que ocorreu a desova.

Como os machos acarás-disco apresentam agressividade e territorialidade durante o período reprodutivo (Câmara, 2004), a alta abundância pode ser um fator limitante à reprodução da espécie. Outro fator que pode ter dificultado a reprodução dos indivíduos confinados seria o local de desova inapropriado, uma vez que os tanques-redes não estavam localizados no local de desova da espécie.

Como não foram capturados peixes com gônadas em estágio de regressão no ambiente natural, não foi possível afirmar com certeza qual o habitat de desova da espécie. Crampton (2008) acredita que as moitas de maracaranas (*Symmeria paniculata*), situadas nos leitos dos igarapés e também nas cabeceiras do lago Amanã, seriam o substrato de desova dos acarás-discos. Entretanto, durante o presente estudo, não foram encontrados e capturados indivíduos de acarás-disco nesse ambiente durante o período de reprodução da espécie. Entre os meses de fevereiro e abril, no período reprodutivo da espécie, foram coletados acarás-discos no igapó formado nas margens do lago Amanã, ainda que em pequena abundância. Apesar de não ter sido possível identificar casais desovando nestas coletas, é possível que este seja o local de desova da espécie, uma vez que o igapó pode fornecer alimento e proteção para o casal e a sua prole.

A ocorrência de gônadas maduras entre fevereiro e abril (final da enchente), junto com os maiores valores de IGS e IAR encontrados no mês de janeiro corroboram a indicação do período reprodutivo encontrado por meio da análise mensal da classificação macroscópica dos estádios de maturação gonadal para o final da enchente, entre fevereiro e abril.

Os maiores valores de IGS e IAR encontrados em janeiro indica o período onde as gônadas estão mais maduras, em um momento imediatamente anterior à desova (Vazzoler, 1996). A partir de fevereiro, quando começou a ocorrer a desova dos peixes mantidos em confinamento, os valores de IGS e IAR começaram a cair, devido aos baixos valores encontrados nas gônadas recém-desovadas. indica que este deve ser o período reprodutivo da espécie.

Este padrão não é o comumente encontrado para os peixes amazônicos que normalmente desovam no início da enchente (Winemiller, 1989; Crampton, 1999b; Lowe McConell, 1999; Santos e Ferreira 1999; Isaac *et al.* 2000; Santos 2006). Isto permite que os filhotes aproveitem ao máximo o período da cheia, momento onde

existe uma maior oferta de alimento para um crescimento rápido, e abundância de refúgios contra predadores (Lowe McConell, 1999).

Porém, os ciclídeos, por apresentarem estratégia reprodutiva do tipo equilíbrio (Winemiller, 1989), como baixa fecundidade, cuidado parental e desova múltipla, nem sempre apresentam desova sincronizada com o ciclo hidrológico. Este é o caso de *Cichla monoculus*, *Astronotus ocelatus* e *Cichlassoma amazonarum* (Lowe McConell, 1999; Isaac *et al.* 2000; Santos *et al.* 2006). Outros exemplos incluem algumas espécies de ciclídeos anões do gênero *Apistogramma*, que possuem atividade reprodutiva mais intensa nos períodos de enchente e cheia (Valladares, 2009).

A desova ocorrendo durante o final da enchente e a cheia pode estar relacionada ao momento que os indivíduos de acará-disco conseguem estabelecer casais e preparar os ninhos para desova no igapó. Na região do lago Amanã as áreas de igapó começam a se formar a partir de dezembro. Porém, foi só em janeiro que os indivíduos de acará-disco não foram mais capturados nas moitas de maracarana. Neste período é provável que se inicie a formação de casais para a desova iniciar a partir de fevereiro, onde eles conseguem encontrar alimento disponível e proteção contra predadores, desta forma encontrando as melhores condições para a reprodução.

O experimento de manutenção dos peixes em tanques-rede mostrou ser uma maneira eficiente de permitir a amostragem dos peixes durante todo o ciclo hidrológico. A diferença significativa encontrada apenas no mês de abril entre os estádios gonadais nos dois ambientes ocorreu provavelmente pelo fato dos peixes mantidos confinados terem começado a desovar antes dos peixes vivendo na natureza. Esta antecipação de desova pode estar relacionado ao comportamento de resposta à alta abundância e ao local inapropriado de desova.

O tipo de desova é a maneira pela qual as fêmeas de uma espécie eliminam seus ovócitos maduros durante um período reprodutivo. Sua caracterização depende de como ocorre a eliminação dos lotes de ovócitos presentes nos ovários. Por isto, não pode ser definida apenas pela dinâmica do desenvolvimento ovocitário ou pelas fases ovocitárias presentes em um ovário (Vazoller, 1996).

A distribuição de frequência de tamanho dos ovócitos mostrou a presença de pelo menos dois lotes de ovócitos. Na maioria das gônadas foram registrados dois

lotes, e, numa menor parte delas, foi ainda registrado um pequeno terceiro lote de reserva (Anexo 3).

A presença de mais de um lote de ovócitos nas gônadas dos acarás-discos indica que a espécie provavelmente possui desova parcelada. Este padrão de desova é o mais comum para a maioria das espécies de ciclídeos (Keenleyside 1991), sendo encontrado nos acarás-disco criados em cativeiro (Chellapa *et al.* 2005), e também encontrado nos acarás-discos do lago Amanã analisados durante o estudo de Crampton (2008).

Diversas outras espécies de ciclídeos amazônicos apresentam este tipo de desova, como o acará-roxo (*Heros efasciatus*), o acará-boari (*Mesonauta insignis*), o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) e o tucunaré (*Cichla monoculus*) (Câmara *et al.*, 2002; Dias & Chellapa, 2003; Favero *et al.* 2010a; Favero *et al.* 2010b). Porém, em todos esses estudos, o tipo de desova foi caracterizado analisando-se apenas a distribuição de frequência de tamanho dos ovócitos.

Com o período de desova da espécie sendo realizado por cerca de noventa dias (entre fevereiro e abril), é provável que a espécie desove uma única vez por temporada, uma vez que o cuidado parental dura mais de trinta dias, como foi verificado em estudos de cativeiro com a espécie (Degen, 1995). Desta maneira, não seria possível um casal de acará-disco realizar duas desovas numa temporada tão curta.

Podemos concluir que a espécie provavelmente possui uma única desova por temporada. O segundo lote de ovócitos só seria liberado caso ocorresse um fracasso, ou um baixo sucesso reprodutivo na primeira tentativa de desova. Este mecanismo permitiria que as fêmeas tivessem uma segunda chance reprodutiva dentro de uma mesma temporada, não perdendo a energia investida no seu complexo processo reprodutivo, mas exigindo um aporte adicional de amadurecimento e desova de um segundo lote. Caso ocorra sucesso reprodutivo no primeiro lote de ovócitos liberado, os demais lotes seriam absorvidos pelo organismo. Esta estratégia reprodutiva foi hipotetizada por Rossoni e colaboradores (2010) em um estudo com o acará-disco na bacia do rio Purus.

De fato, as gônadas no estágio “em regressão” possuem ovócitos na Fases III e IV, mostrando que um lote de ovócitos ainda poderia ser eliminado. Em cativeiro, casais de acará-disco que tiveram os filhotes retirados dos pais, realizaram uma nova desova em um intervalo médio de uma semana (Feiller, 1991; Degen, 1996).

Morais (2005), também separando os filhotes dos pais, registrou duas desovas por temporada. Estas evidências corroboram a proposta de tática de desova aqui apresentada para a espécie estudada.

4.7 CONCLUSÕES

Não existe diferença significativa na proporção sexual da espécie no período da seca, e os machos apresentam tamanho corporal maior do que o das fêmeas. Esta diferença provavelmente está ligada ao seu elaborado comportamento reprodutivo. Os indivíduos chegam à fase adulta com um ano de vida e cerca de 11 cm CP. O período de desova ocorre no final da enchente, e o repiquete pode ser um fator importante para determinar o início da desova.

A espécie desova uma única vez por temporada, com uma fertilidade de aproximadamente 1000 oócitos, e com peculiaridade de deixar um segundo lote de ovócitos de reserva que podem ser liberados caso o sucesso reprodutivo do primeiro lote não seja satisfatório, desta maneira a espécie não perde o ciclo reprodutivo anual. As populações de *S. aequifasciatus* do lago Amanã possuem características de seu ciclo de vida que tendem a classificá-la com uma espécie K estrategista, ou estratégia de equilíbrio segundo Winemiller (1989). Dentre essas características podemos citar o período reprodutivo prolongado, baixa fertilidade e o cuidado com a prole.

Por fim o experimento de manter os peixes confinados em tanque rede mostrou-se eficiente, sendo possível inferir de maneira mais precisa sobre o ciclo reprodutivo da espécie.

Capítulo 5 – Manejo do acará-disco *Symphysodon aequifasciatus* (Pelegrin, 1904, Perciformes: Cichlidae) em igarapés tributários do lago Amanã

5.1 INTRODUÇÃO

A pesca na região Amazônica remonta o período anterior ao da colonização, quando moradores locais já utilizavam o pescado como uma importante fonte de proteína animal de sua alimentação (Veríssimo, 1895; Goulding, 1983). O próprio processo de colonização dessa região foi realizado ao longo das calhas dos grandes rios como o Solimões/ Amazonas e de seus principais tributários, demonstrando a importância dos rios e dos recursos pesqueiros na vida do homem amazônico (Meggers, 1977; Roosevelt *et al.*, 1991).

Atualmente a pesca é uma das atividades humanas mais importantes na Amazônia, constituindo-se em fonte de alimento, comércio, renda e lazer para grande parte de sua população, especialmente a que reside nas margens dos rios de grande e médio porte (Santos & Santos, 2005). Dentre as atividades comerciais referentes à pesca na Amazônia a pesca de peixes ornamentais fornece uma importante fonte de renda e entrada de divisas para a região. A demanda por peixes ornamentais vem crescendo constantemente, e as espécies amazônicas possuem um especial atrativo para os aquaristas (Falabela, 1994; Chao, 1993).

No Amazonas, esta atividade iniciou-se na década de 30, tendo um aumento gradativo ao longo das décadas, atingindo seu auge nas décadas de 1970 até meados da década de 1990. Neste período o Brasil se tornou o maior exportador de peixes ornamentais de água doce do mundo, sendo a bacia amazônica a grande fornecedora deste recurso (McGrath, 1990; Leite & Zuanon, 1991). No início da década de 2000 foram exportados 100 milhões de indivíduos de peixes ornamentais, numa atividade que empregou mais de 10 mil pessoas no estado (Chao *et al.*, 2001; Anjos *et al.* 2009).

Apesar da importância econômica, esta atividade ainda mostra deficiências econômicas, sociais e ecológicas, com grande parte do lucro concentrado em atravessadores. A falta de conhecimento sobre a biologia das espécies, além de manuseio e manutenção dos peixes feitos de forma ineficientes, promove uma alta taxa de mortalidade, tornando a atividade vulnerável do ponto de vista ecológico e resultando em danos ambientais (Leite e Zuanon, 1991; Torres & Carvalho Jr.,

1995). Lima (2004) aponta a carência de dados sobre o mercado e a falta de políticas públicas de fomento como fatores que aumentam as dificuldades para a normatização da atividade no país.

No médio Solimões, a atividade de exploração de peixes ornamentais iniciou-se no final da década de 1970, aonde pessoas vindas principalmente de Manaus chegaram à região interessadas na compra de peixes ornamentais. Sendo o acará-disco (*S. aequifasciatus*) a espécie alvo de exploração. Entretanto, foi somente na década de 1980 que se iniciou uma atividade sistemática de exploração dessa espécie (Mendonça & Camargo, 2006).

Atualmente esta pesca é realizada principalmente no lago Tefé e em igarapés próximos. Esses peixes são transportados em recipientes plásticos até Manaus pelos barcos-recreio que fazem a linha Manaus-Tefé. Um monitoramento diário no porto de Tefé, no período de agosto a dezembro de 2006, contabilizou a saída de 10.623 indivíduos de acará-disco. Este valor representa 69% do total de peixes ornamentais comercializados na região naquele período (Mendonça & Camargo, 2006; Souza & Oliveira, 2007).

No início da década de 2000, moradores de algumas comunidades das Reservas Mamirauá consultaram o Instituto Mamirauá (IDSM) sobre a possibilidade de realização de pesquisas visando a criação de um sistema de manejo sustentável deste recurso. Levando-se em conta que um manejo adequado dos recursos naturais deve ser embasado em dados científicos sólidos, e que existe uma grande lacuna a respeito de vários parâmetros biológicos e ecológicos da espécie, fundamentais para a elaboração de um plano de manejo de exploração sustentável da espécie pelos moradores da RDS Amanã.

As atividades que deram suporte ao Manejo Participativo de Peixes Ornamentais, apoiado atualmente pelo Programa de Manejo de Pesca do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM), iniciaram-se com as pesquisas do Projeto de Peixes Ornamentais, em 2002.

No início de 2005, com o apoio de novos financiadores, as pesquisas se estenderam para a ictiofauna da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã (RDSA). Na ocasião, verificou-se que esta possuía grande potencial para a exploração de ornamentais. A partir daí as pesquisas se direcionaram também para aspectos relacionados com a cadeia produtiva de ornamentais, levantamentos socioeconômicos nas comunidades interessadas em participar do manejo,

estabelecimento de indicadores ambientais e sociais, capacitações com os manejadores e plano de negócios (Queiroz & Hercos, 2009).

Ao final do projeto, em 2009, foi elaborado o Plano de Manejo das Áreas de Coleta de Peixes Ornamentais da Reserva Amanã (PORA) que contém o resultado do conjunto dessas pesquisas biológicas, sociais, análises econômicas e de mercado. O propósito deste Plano foi regulamentar esta nova fonte alternativa de renda, implementada em comunidades do setor Amanã, pertencente à RDS de mesmo nome.

Neste mesmo ano foi realizada uma coleta experimental onde foram capturados cerca de 2.000 indivíduos de *S. aequifasciatus*. A atividade de manejo continuou nos anos subsequentes entre os anos de 2010 a 2013. Sendo comercializados 1372 indivíduos durante o período, e gerando uma renda bruta de R\$ 9.930,00 (Santos, 2010; Marinho, 2011; Marinho, 2012). Todos os critérios técnicos, e normas de manejos constantes no Plano de Manejo são passíveis de revisões e alterações, de acordo com os resultados e desenvolvimento da atividade, e levando-se em conta as possíveis mudanças observadas constantemente no mercado da pesca ornamental, de maneira a se ter uma continuidade das atividades em níveis sustentáveis (Queiroz & Hercos, 2009).

5.2 OBJETIVO GERAL

Fornecer informações relevantes a respeito da ecologia de *S. aequifasciatus* para que a atividade de manejo não exerça impacto significativo no ambiente garantindo condições plenas para a manutenção dos processos ecológicos e evolucionários que naturalmente ocorreriam caso a atividade não fosse desempenhada e atualizando o plano de manejo existente para a área de coleta na RDS Amanã.

5.2.1 Objetivos específicos

- Estruturar o zoneamento das áreas de coleta de *S. aequifasciatus*
- Identificar as melhores práticas para estocagem e manutenção dos indivíduos de *S. aequifasciatus* coletados.
- Identificar os períodos em que a pesca manejada de *S. aequifasciatus* possa ser realizada.

- Estimar o tamanho mínimo para a coleta manejada de *S. aequifasciatus*.

5.3 METODOLOGIA

A pesca manejada do acará-disco é realizada seguindo as normas e condições relatadas no Plano de Manejo das Áreas de Coleta de Peixes Ornamentais da Reserva Amanã (PORA) (Queiroz & Hercos, 2009). Desta maneira este capítulo pretende fazer uma revisão das normas de manejo descritas no PORA, e utilizando-se das novas informações levantadas nesta tese e apresentada nos quatro primeiros capítulos.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 Descrição das áreas de coletas

Atualmente o plano de manejo possui três áreas onde ocorre o manejo do acará-disco. A primeira encontra-se no curso médio do Igarapé Ubim, até após a confluência com igarapé Ubinzinho. A segunda é formada pelo curso médio-baixo do Igarapé Cacau, e os cursos baixos dos Igarapés Samaúma e Calafate. A terceira área localiza-se nas proximidades do lago Urini, no alto curso do igarapé Guariba e o igarapé Tirirical, e no médio curso do igarapé Araueri (figura 5.1).

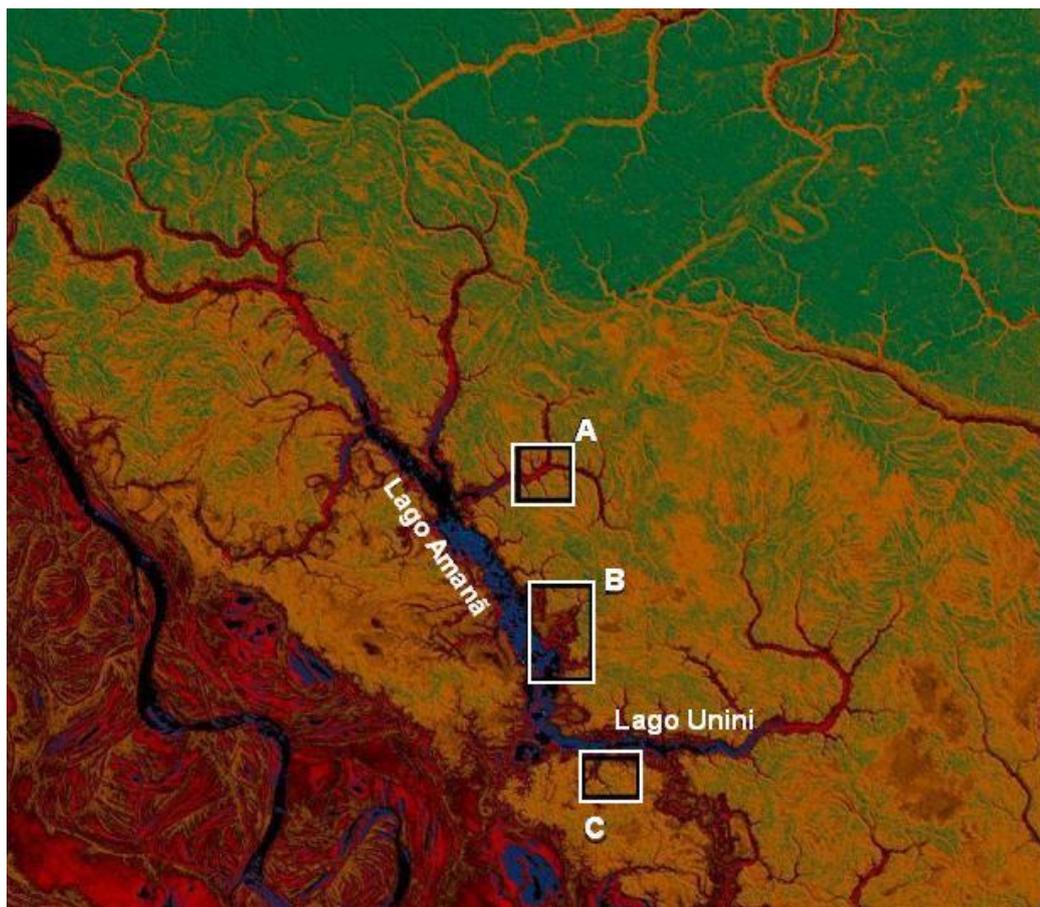


Figura 5.1 : Imagem da Reserva Amanã, destacando os lagos Amanã e Urini, e apresentando as três APC's. Em A, o médio curso do Igarapé Ubim até após a confluência com o Ubinzinho. Em B o conjunto formado pelos Igarapés Samaúma, Cacau e Calafate. Em C, os Igarapés Araueri, Tirirical e Guariba.

Para a definição das áreas onde o manejo é realizado foram utilizados os seguintes critérios: composição da ictiofauna e potencial piscoso destas áreas; e o grau de interesse e envolvimento dos moradores das comunidades próximas.

Em relação à pesca do acará-disco outros igarapés mostraram uma alta abundância, porém devido à falta de informações a respeito do número e do tamanho das populações que ocorrem no lago Amanã e levando-se em conta o princípio da precaução, que busca maximizar a conservação dos estoques, apenas as três áreas citadas foram permitidas a pesca.

A estrutura genética populacional do acarás-disco (*S. aequifasciatus*) do lago Amanã mostrou haver diferenças genéticas consistentes entre os grupos de indivíduos de acarás-disco coletados em 10 igarapés do lago Amanã, demonstrando que todos os indivíduos fazem parte de uma mesma população e um mesmo estoque genético (Ver item 1.5 e 1.6).

Desta maneira as áreas de manejo de acará-disco podem ser reavaliadas, com a inclusão de novas áreas. Todos os 10 igarapés estudados podem virar áreas potenciais de coletas do acará-disco (ver figura 1.1). Porém para que isto ocorra será necessário um levantamento prévio para calcular as abundâncias da espécie em cada um destes igarapés.

5.4.2 Estocagem e manutenção dos indivíduos coletados

Para a pesca do acará-disco toda a produção será centralizada em pequenas estruturas flutuantes (viveiros) colocadas às margens do lago Amanã, ou nas proximidades das residências dos manejadores (figura 5.2) (Queiroz & Hercos, 2009). Estas estruturas são fabricadas em madeira retirada no local do manejo, sendo semelhante a utilizadas em outros locais onde ocorre a pesca do acará-disco (Mendonça & Camargo, 2006; Rossoni, *et al.* 2014).



Figura 5.2 : Viveiro sendo colocado na água para o armazenamento dos acarás-disco manejados no lago Amanã e igarapés adjacentes.

Nestes locais os animais serão averiguados novamente para certeza de que os animais coletados possuem os tamanhos adequados, a quantidade coletada e a classificação dos animais nas categorias comerciais existentes. Uma vez consolidado o lote, ele poderá permanecer estocado em condições adequadas até

seu transporte para Tefé e Manaus. No caso de algumas espécies, os indivíduos poderão ser mantidos estocados por alguns meses, mas normalmente espera-se que os animais sejam escoados em poucos dias, diminuindo o período de estocagem e reduzindo as possibilidades de mortalidade da cadeia produtiva (Queiroz & Hercos, 2009). A forma de armazenamento dos peixes coletados para venda manejada parece adequada. Sendo semelhante a outros locais da Amazônia onde ocorre este tipo de pesca.

Durante o período de confinamento os peixes capturados apresentavam-se saudáveis e aptos a comercialização, sendo sua dieta, desenvolvimento gonadal e crescimento similar aos peixes capturados em ambiente natural (ver Tabela 2.3; Figura 4.2).

Rossoni *et al.* 2014 mostraram que no rio Purus os pescadores mantiveram os peixes nos tanques por até três meses antes de serem comercializados. Durante este período os peixes são alimentados com peixes cozido. Em Tefé os peixes passam por um período superior a um mês antes da venda, sendo alimentados com coração de boi (Mendonça & Camargo, 2006; observação pessoal).

O tempo de cativeiro não causa mortalidade, ou mesmo altera as condições de saúde dos animais, portanto para os acarás-disco recomenda-se que o melhor momento para a retirada e venda dos peixes esteja vinculada a questões comerciais. Desta maneira os peixes podem ser mantidos em cativeiro até o momento de entressafra, onde possivelmente os pescadores possam lucrar mais com a venda da produção daquele ano. Não havendo a necessidade de alimentar os peixes, com uma livre circulação de água dentro dos viveiros, os peixes conseguem se alimentar do perifiton que vai se acumulando no viveiro.

5.4.3 Sazonalidade da Pesca Manejada

O manejo dos ornamentais da RDSA deve ser realizado de modo a não imprimir qualquer tipo de impacto negativo ao recrutamento biológico das espécies manejadas. Assim sendo, as espécies não poderão ser coletadas em seu período de atividade reprodutiva (pareamento, desova e cuidado parental), definido como aquele em que as gônadas encontram-se no ponto máximo de seu índice gonadosomático, se estendendo até aproximadamente um mês após o momento da desova. Para a espécie *S. aequifasciatus* foi identificado um pico de reprodução

entre abril e junho, sendo recomendados como período de coleta manejada os meses de setembro e outubro (Queiroz & Hercos, 2009).

As informações apresentadas no plano de manejo corroboram com os dados apresentados no capítulo 4 desta tese (ver Figura 4.3).

Desta maneira não houve modificações referentes ao melhor período para a realização da pesca maneja de *S. aequifasciatus* no lago Amanã. Sendo que a mesma deverá ocorrer nos períodos de setembro a outubro de cada ano.

5.4.4. Tamanhos Mínimos de Coleta

Os tamanhos mínimos de coleta variam para cada espécie manejada, e estão relacionados com o ponto de maturação sexual de cada uma delas. Assim, este sistema de manejo não autoriza a retirada de animais juvenis, mas somente aqueles que já ultrapassaram o tamanho de maturação sexual. Este é definido como aquele em que pelo menos 50% das fêmeas já estão sexualmente maduras. Para *S. aequifasciatus* o tamanho mínimo para coleta maneja foi de 12 centímetros (Queiroz & Hercos, 2009).

As informações apresentadas no plano de manejo foram próximas aos dados apresentados no capítulo 4 desta tese. No presente estudo as fêmeas de *S. aequifasciatus* apresentaram um valor de $L_{50} = 11,08$ centímetros, enquanto os machos um valor de $L_{50}=11,43$ centímetros (ver Figura 4.1). Desta maneira fica sugerido que o tamanho mínimo de captura da pesca maneja de *S. aequifasciatus* no lago Amanã seja 11,50 centímetros.

5.5 CONCLUSÕES

A estrutura genética populacional do acarás-disco (*S. aequifasciatus*) do lago Amanã mostrou que não houveram diferenças genéticas consistentes entre os grupos de indivíduos de acarás-disco coletados em 10 igarapés do lago Amanã, demonstrando que todos os indivíduos fazem parte de uma mesma população e um mesmo estoque genético. Desta maneira as áreas de manejo de acará-disco podem ser reavaliadas, com a inclusão de novas áreas. Todos os 10 igarapés estudados podem virar áreas potenciais de coletas do acará-disco. Porém para que isto ocorra será necessário um levantamento prévio para calcular as abundâncias da espécie em cada um destes igarapés.

A forma de armazenamento dos peixes coletados para venda manejada parece adequada. Sendo semelhante a outros locais da Amazônia onde ocorre este tipo de pesca. Durante o período de confinamento os peixes capturados apresentavam-se sadios e aptos a comercialização. O tempo de cativeiro não causa mortalidade, ou mesmo altera as condições de saúde dos animais, portanto para os acarás-disco recomenda-se que o melhor momento para a retirada e venda dos peixes esteja vinculada a questões comerciais. Não havendo a necessidade de alimentar os peixes, com uma livre circulação de água dentro dos viveiros, os peixes conseguem se alimentar do perifiton que vai se acumulando no viveiro.

Para a espécie *S. aequifasciatus* foi identificado um pico de reprodução entre abril e junho, sendo recomendados como período de coleta manejada os meses de setembro e outubro corroborando com as informações apresentadas no plano de manejo

Os tamanhos mínimos de coleta variam para cada espécie manejada, e estão relacionados com o ponto de maturação sexual de cada uma delas. As informações apresentadas no plano de manejo foram próximas aos dados apresentados neste estudo. Desta maneira fica sugerido que o tamanho mínimo de captura da pesca maneja de *S. aequifasciatus* no lago Amanã seja 11,50 centímetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abelha, M.C.F.; Agostinho, A.A.; Goulart, E. 2001. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scientiarum*, Maringá, 23 (2): 425-434.
- Agostinho, A.A., Suzuki, H.I.; Sampaio, A.A.; Borges, J.D.R. 1991. Índice de atividade reprodutiva: uma proposta da atividade reprodutiva em peixes 374-400. *In: Resumo Encontro Brasileiro de Ictiologia*, 9. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná. 53pp.
- Agostinho, A.A.; Thomaz, S.M.; Nakatani, K. 2001. *A planície de inundação do alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. EDUEM, Maringá, Paraná. p.460.
- Almeida, V.L.L.; Resende, E. K.; Lima, M.S.; Ferreira, C.J.A. 1993. Dieta e atividade alimentar de *Prochilodus linneatus* (Characiformes, Prochilodontidae) no Pantanal do Miranda-Aquidauana, Mato Grosso do Sul. *Unimar*, 15: 125-141.
- Alonso, J.C. 2002. Padrão espaço-temporal da estrutural populacional e estado atual da exploração pesqueira da dourada *Brachyplatystoma flavicans* Castelnau, 1855 (Siluriformes: Pimelodidae) no sistema estuário Amazonas-Solimões. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 249p.
- Alves, M.J.; Coelho H.; Collares-Pereira M.J.; Coelho M.M. 2001. Mitochondrial DNA variation in the highly endangered cyprinid fish *Anaecypris hispanica*: importance for conservation. *Heredity*, 87(4): 463-473.
- Amadio, S.A.; Bittencourt, M.M. 2005. Táticas reprodutivas de peixes em ambientes de várzea na Amazônia Central. *In: Renno, J. F.; García-Dávila, C.; Duponchelle, F.; Nuñez, J. (Eds). Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. Comunicaciones del Primer Coloquio de la Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica, Iquitos, Perú. p. 65-72.
- Amado, M.V.; Farias, I.P.; Hrbek, T. 2011. A molecular perspective on systematics, taxonomy and classification amazonian discus fishes of the genus *Symphysodon*. *International Journal of Evolutionary Biology*, doi:10.4061/2011/360654.
- Ambrósio, A. M.; Hayashi, C. 1997. Idade e crescimento de *Steindachnerina insculpta* (Fernández-Yepes, 1948), (Characiformes, Curimatidae) da planície de inundação do alto Rio Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Biol.*, 57 (4): 687-698.
- Ambrósio, A.M.; Gomes, L.C.; Agostinho, A.A. 2003. Age and growth of *Hypophthalmus edentatus* (Spix), (Siluriformes, Hypophthalmidae) in the Itaipu Reservoir, Paraná, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(2): 183-190.
- Andrade, T.M.; Assis, R.L.; Wittmann, F.; Schöngart, J.; Piedade, M.T.F. 2008. Padrões de regeneração em clareiras de origen Antrópica na várzea da RDS Mamirauá, Amazônia Central. *Uakari*, 4(2): 19-32.
- Anjos, H.D.B.; Amorim, R.M.S.; Siqueira, J.A.; Anjos, C.R. 2009. Exportação de peixes ornamentais do estado do Amazonas, Bacia Amazônica, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 35(2): 259-274.
- Aragão, L.P. 1986. Contribuição ao estudo da biologia do Aruanã, *Osteoglossum bicirrhosum* Vandelli, 1929, do Lago Janauacá, Estado do Amazonas, Brasil. II Alimentação na fase adulta. *Ciência Agrônômica*, 17(2):113-226.

- Arnaud S., Bonhomme F., Borsa P. 1999. Mitochondrial DNA analysis of the genetic relationships among populations of scad mackerel (*Decapterus macarellus*, *D. macrosoma* and *D. russelli*) in South-East Asia. *Marine Biology*, 135:699-707.
- Araujo-Lima, C.A.R.M. 1984. *Distribuição espacial e temporal de larvas de Characiformes em um setor do rio Amazonas, próximo a Manaus*. Tese de Doutorado, University of Stirling. 152p.
- Araujo-Lima, C.A.R.M., Forsberg, B.R., Victoria, R.L., Martinelli, L.A. 1986. Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. *Science*, 234: 1256-1258.
- Araujo-Lima, C.A.R.M.; Agostinho, A.A.; Fabre, N.N. 1995. Trophic aspects of fish communities in Brazilian Rivers reservoirs. In: Tundisi, J.G.; Picudo, C.E.M.; Matsamura-Tundisi, T. (Eds.). *Limnology in Brasil*. São Paulo, Brazilian Academy of Sciences/Brazilian Limnological Society, 105-106 p.
- Araujo-Lima, C.A.R.M.; Goulding, M. 1998. *Os frutos do Tambaqui: Ecologia, conservação e cultivo na Amazônia*. Sociedade Civil Mamirauá/ CNPq/ Rainforest Alliance. Brasília, DF. 186pp.
- Avise, J.C. 1994. *Molecular markers, natural history and evolution*. Chapman & Hall Inc., Sunderland, MA, USA. 511pp.
- Ayres, J.M. 1995. *As matas de várzea do Mamirauá: Médio Solimões*. 2ª Ed. CNPq, Tefé, Amazonas, Brasil. 124pp.
- Ayres, J.M.; Fonseca, G.; Rylands, A.; Queiroz, H.L.; Pinto, L.P.; Masterson, D.; Cavalcante, R. 2005. *Os corredores ecológicos das Florestas Tropicais do Brasil*. 1ª Ed. Sociedade Civil Mamirauá, Belém, Pará, Brasil. 256pp.
- Ayres, M.; Ayres-Jr., M. Ayres, D. L.; Santos, A. S. 2007. *BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá/Ministério da Ciência e Tecnologia/ Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Belém, Brasil. 364pp.
- Bailly D.; Agostinho, A.A.; Suzuki, H.I. 2008. Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different reproductive strategies in the Cuiabá river, upper Pantanal, Brasil. *River Research and Applications*, 24: 1218- 1229.
- Ballan V. 1964. Studies on the age and growth of the oilsardine *Sardinella longiceps* Val By means of scales. *Indian J. Fish.*, Cochín, 11(2): 663-686.
- Balon, E.K. 1975. Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32:821–864.
- Barbieri, G.; Barbieri, M.C. 1983. Growth and first sexual maturation size of *Gymnotus carapo* (Linnaeus, 1758) in the Lobo reservoir (state of São Paulo, Brazil) (Pisces, Gymnotidae). *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 16(2):195-201.
- Barthem, R. 1990. *Ecologia e Pesca da Piraiba (Brachyplatystoma vaillantii)*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. SP 268pp.
- Barthem.R.; Schwassmann, H.1994. Amazon River influence on the seasonal displacement of the salt wedge in the Tocantins river estuary, Brazil, 1983-1985. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldí, série Zoologia*, 10(1): 119-130.

- Barthem, R.; Fabré, N. N. 2004. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: Ruffino, L. M (Ed.). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira*. Ibama/ProVárzea, Manaus. 17-62 p.
- Batista, J.S. 2001. *Estimativa da variabilidade genética intra-específica da dourada Brachyplatystoma flavicans Castelnau 1855 (Pimelodidae . Siluriformes) no sistema Estuário-Amazonas-Solimões*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 97pp.
- Batista, V.S.; Isaac V.J.; Viana, J.P. 2003. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da amazônia. In: Ruffino, M.L. (ed.). *A pesca e recursos pesqueiros da Amazônia brasileira*. IBAMA/PróVárzea/EDUA, Manaus, Amazonas. p. 57-135.
- Beamish, R. J.; Mc Farlane, G. A. 1983. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Trans. Am. Soc., Bethesda*, 112 (6): 735-743.
- Beerli, E.L. 2009. *Estratégia alimentar e densidade de estocagem para Acará-disco (Symphysodon aequifasciata)*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás. 79pp.
- Bevilaqua, D. R.; Soares, M. G. M. 2010. Crescimento e mortalidade de *Pygocentrus nattereri* Kner, 1985 em lagos de várzea da região de Manacapuru, Amazônia. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 5(2): 43-52.
- Bleher, H. 1995. Discus discoveries and history. Buntbarsche Bulletin, *The Journal of the American Cichlid Association*, 170: 9-13.
- Bleher, H. 2006. *Bleher's discus*. Vol. I. Pavia, Italy, Aquapress. 671 pp.
- Bleher, H.; Stölting, K.N.; Salzburger, W.A.; Meyer, A. 2007. Revision of the genus *Symphysodon* Heckel, 1840 (Teleostei: Perciformes: Cichlidae) based on molecular and morphological characters. *Aqua - International Journal of Ichthyology*, 12(4): 133-174.
- Brother, E. B. 1987. Application of otolith microstructural studies to age determination of some commercially valuable fish of the arabian gulf. *Kuwait Bull. Mar. Sci.*, 9: 127-157.
- Brown, K.H. 2008. Fish mitochondrial genomics: sequence, inheritance and functional variation. *Journal of Fish Biology*, 72: 355-374.
- Burgess, W. 1991. The current status of discus systematics. TFH , 199: 30-40.
- Cacho, M.S.R.F.; Chellappa, S.; Yamamoto, M.E. 2006. Reproductive success and female preference in the amazonian cichlid angel fish, *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823). *Neotropical Ichthyology*, 4(1): 87-91.
- Câmara, M.R.; S. Chellappa. 2000. Reprodução nas fêmeas do híbrido vermelho de tilápia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus*. *Revista de Ecologia Aquática Tropical*, 10: 77-83.
- Câmara, M.R.; Chellappa, N.T.; Chellappa, S. 2002. Ecologia reprodutiva do *Cichla monoculus*, um ciclídeo amazônico no semi-árido do Rio Grande do Norte. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 2: 09-16.
- Câmara, M.R. 2004. *Biologia Reprodutiva do Ciclídeo Neotropical Ornamental Acará-Disco, Symphysodon discus* Heckel, 1840 (Osteichthyes: Perciformes:

- Cichlidae). Unpublished Ph.D. Dissertation, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 135pp.
- Camargo, A.F.M.; Esteves, F. A. 1996. Influence of water level variation on biomass and chemical composition of aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* (Kunth) in an oxbow lake of the rio Mogi-Guaçu (São Paulo, Brasil). *Archiv.fur Hydrobiologie*, Stuttgart, 135 (3): 423-432.
- Campana, S.E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*, v. 59, p. 197-242.
- Campos, C. P.; Freitas, C. E. C. 2010. Curva de crescimento do tucunaré *Cichla monoculus* Spix & Agassiz, 1831 do Lago Grande de Manacapuru, Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 5(1): 1-9.
- Campos, C. P. 2013. Dinâmica populacional do tucunaré *Cichla temensis* (Humboldt, 1833) do médio rio Negro, Amazonas, Brasil. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia/ Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, AM, 44p.
- Casselmann, J.M. 1983. Age and Growth Assessment of Fish from Their Calcified Structures -Techniques and Tools. In: Prince, E. D.; Pulos, L. M. (Eds.). *Proceedings of International Workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tuna, billfishes and sharks*. NOM Technical Report 8, Washington Dc. p. 1-18.
- Cavalcante, D.P. 2008. Crescimento e maturação sexual de aruanãs brancos (*Osteoglossum bicirrhosum*) em Mamirauá. In: Queiroz, H.L.; Camargo, M. (Eds.) *Biologia, conservação e manejo dos aruanãs na Amazônia Brasileira*. Ed. Mamirauá, Tefé, Amazonas. p.105-118.
- Chao, N.L.; Prang, G.; Petry, P. 2001. Project Piaba – Maintenance and Sustainable Development of Ornamental Fisheries in the Rio Negro Basin, Amazonas, Brazil. In: Chao, N.L.; Petry, P.; Prang, G.; Sonneschien, L.; Tlusty, M. (Eds.). *Conservation and Management of Ornamental Fish Resources of the Rio Negro Basin, Amazonia, Brazil – Project Piaba*. Editora da Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. p. 3-6.
- Chao, N. L. 1993. Conservation of Rio Negro ornamental fishes. *Tropical Fish Hobbyist*, 41(5): 99-114.
- Chellappa, S.; Yamamoto, M.E.; Cacho, M.S.R.F. 1999a. Reproductive behaviour and ecology of two species of Cichlid fishes. In: Val, A. L.; Val, V. M. F. (Eds.). *Biology of Tropical Fishes*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 113-126.
- Chellappa, S.; Yamamoto, M.E.; Cacho, M.S.R.F.; Huntingford, F. A. 1999b. Prior residence, body size and the dynamics of territorial disputes between male freshwater angelfish. *Journal of Fish Biology* 55(1): 775-783.
- Chellappa, S.; Câmara, M.R.; Verani, J.R. 2005. Ovarian Development in the Amazonian Red Discus, *Symphysodon discus*, Heckel (Osteichthyes: Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology*, 65 (4): 609-616.

- Claro Jr., L.; Ferreira, E.J.G.; Zuanon, J.; Araújo-Lima, C. 2004. O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazonica*, 34 (1): 133-137.
- Comber, S.C.L.; Smith, C. 2004. Polyploidy in fishes: patterns and processes. *Biological Journal Linnean Society*, 82: 431-442.
- Cordiviola, E. L. L. Y. 1974. La edad en los peces: su determinacion en species del Paraná Médio. *Revista Asociacion Cientifico Natural*, 5; 53-69.
- Corrêa, R. O. 1998. Crescimento de tucunaré *Cichla monoculus* (Perciformes: Cichlidae) em ambiente natural: seleção da melhor estrutura calcificada para a determinação da idade. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas. 70p.
- Crampton, W.G.R. 1999a. Plano de Manejo Para o Uso Sustentável de Peixes Ornamentais na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. In: Queiroz, H.L.; Crampton, W.G.R. (eds.). *Estratégias para Manejo de Recursos Pesqueiros em Mamirauá*. Sociedade Civil Mamirauá – Ministério da Ciência e Tecnologia/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília. 208pp.
- Crampton, W.G.R. 1999b. Os peixes da Reserva Mamirauá: diversidade e história natural na planície alagável da Amazônia..In: Queiroz, H.L.;Crampton,W.G.R. (eds.). *Estratégias para Manejo de Recursos Pesqueiros em Mamirauá*. Sociedade Civil Mamirauá – Ministério da Ciência e Tecnologia/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília. p.. 10-36.
- Crampton, W.G.R. 2008. Ecology and life history of an Amazon floodplain cichlid: the discus fish *Symphysodon* (Perciformes: Cichlidae). *Neotropical Ichthyology*, 6(4): 599-612.
- Cutrim, L.; Batista, V.S. 2005. Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypophthalmus marginatus*) na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 35(1): 85-92.
- Cutrim, L.; Batista, V. S. 2009. Dinâmica populacional da matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. *Zoologia* 26 (2): 195-203.
- Cyterski, M. J.; Spangler, G. R. 1996. A tool for age determination. *N. Am. J. Fish. Manag.*6: 403-412.
- De Bont, A.F. 1967. Some aspects of age and growth of fish in temperate and tropical waters, In: *The Biological Basis of the Freshwater Fish Production*. Gerking, S.D. (ed). Blackwell Scientific Publications, Oxford. 495 p.
- Degen, B. 1995. *Wild-Caught Discus*. Neptune City,USA, T.F.H. Publications. 112 pp.
- Degen, B.; Wattley, J. 1996. The world scene: commercial discus breeding in Asia. In: Degen, B.; Wattley, J. (Eds.). *Discus today*.Neptune City, T.F.H Publications. p. 76-87.
- Denis, I.R.M. 1985. Exportação brasileira de peixes Ornamentais, 1970/1976. Superintendencia dp Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE). *Série Documentos Técnicos*, 32: p. 119-162.

- Dias, R.L.; Chellappa, S. 2003. Desenvolvimento gonadal do ciclídeo ornamental acará bandeira, *Pterophyllum scalare*. In: Urbinati, E.C.; Cyrino J.E.P. (Eds.). *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura*. Vol. 2. AQUABIO, Jaboticabal, São Paulo. p. 135-148.
- Esteves, K.E.; Aranha, J.M.R. 1999. Ecologia trófica de peixes de riacho. In: Caramaschi, E.P.; Mazzoni, R.; Peres Neto, P.R. *Ecologia de peixes de riacho* Rio de Janeiro: Computer Publish editoração. 260p.
- Fabré, N.N; Saint-Paul, U.1998. Annulus formation on scales and seasonal growth of the Central Amazonian anostomid *Schizodon fasciatus*. *Journal of Fish Biology*, 53: 1-11.
- Falabela, P.G.R. 1994. *A pesca no Amazonas: Problemas e Soluções*. Ed. Universidade do Amazonas, Manaus. 180 p.
- Farias I.P.; Orti, G.; Sampaio, I.; Schneider H.; Meyer, A. 1999. Mitochondrial DNA phylogeny of the family Cichlidae: monophyly and fast molecular evolution of the Neotropical assemblage. *Journal of Molecular Evolution*, 48: 703–711.
- Farias, I.P.; T. Hrbek. 2008. Patterns of diversification in the discus fishes (*Symphysodon* spp. Cichlidae) of the Amazon basin. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 49: 32–43.
- Favero, J.M.; Pompeu, P.S.; Valladares, A.C.P. 2010a. Aspectos reprodutivos de duas espécies de ciclídeos na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã, Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Zootecias*, 12(2): 117-124.
- Favero, J.M.; Pompeu, P.S.; Valladares, A.C.P. 2010b. Biologia reprodutiva de *Heros efasciatus* Heckel, 1840 (Pisces, Cichlidae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã-AM, visando seu manejo sustentável. *Acta Amazonica*, 40(2): 373-380.
- Feiller, R. 1990. Raising discus fish artificially. *Diskus brief*, 5(4): 1-4.
- Feiller, R. 1991. Spirulina a valuable food additive. *Diskus brief*, 6(4): 39-40.
- Ferguson, A.; Taggart, J.B.; Prodhon, A. 1995. The application of molecular markers to the study and conservation of fish population with special reference to Salmo. *Journal of Fish Biology*, 47: 103-126. 1995.
- Fernandes, C.C.;Merona, B. 1988. Lateral migration of fishes on a floodplain system in the central Amazon (Careiro Island, Lake of Rei) AM-BR. *Memoria da Sociedade La Salleda Ciencias Naturales*, 48(2):409-432.
- Fernandes, R.; Ambrósio, A.M.; Okada, E.K. 2002. Idade e crescimento de *Satanoperca papaterra* (Heckel, 1840) (Osteichthyes, Cichlidae) no reservatório de Itaipu, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum*, 24(2): 445-450.
- Ferraz, E. 1999. Management and diseases of the ornamental fish exported from the rio Negro basin. In: Val, A. L. & Almeida-Val, V. M. F. (Eds.). *Biology of Tropical Fish*. Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 99-111.
- Ferreira, E.J.G. 1981. *Alimentação dos adultos de doze espécies de ciclídeos (Perciformes, Cichlidae) do rio Negro, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas. 254 p.

- Ferreira, E.J.G. 1984. A ictiofauna da represa hidrelétrica de Curuá-Una. Santarém , Pará. II: Alimentação e hábitos alimentares das principais espécies. *Amazoniana*, 9: 1-16.
- Ferreira, E.J.G. 1992. A ictiofauna do rio Trombetas na área de influência da futura usina hidrelétrica de cachoeira porteira, Pará. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas. 127 p.
- Ferreira, B.P.; Russ, G.R. 1994. Age validation and estimation of growth rate of the coral trout, *Plecostomus leopardus*, (Lacepede, 1802) from Lizard Island northern great barrier reef. *Fish Bull.*, 92(1): 46-55.
- Ferreira, M.J.N.; Belmont, E.L.L. 2011. Entomofauna aquática do igapó do cemitério, no lago Tupé, Manaus, AM. In: Santos-Silva, E.N.; Scudeller, V.V.; Cavalcanti, M.J. (Eds.). *BioTupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central*. Vol. 03. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas p 253-269.
- Fonteles Filho, A. A. 1989. *Recursos pesqueiros: biologia e dinâmica populacional*. Imprensa Oficial do Ceará. Fortaleza, Ceará, Brasil. 296p.
- Forsberg, B.R.; Araujo-Lima, C.A.R.M.; Martinelle, L.A.; Victoria, R.L.; Bonassi, J. A. 1993. Autotrophic Carbon Sources For Fish Of The Central Amazon. *Ecology* (Durham), v. 74, p. 643-652.
- Frankham, R.; Ballou, J.R.; Briscoe, D.A. 2002. *Introduction to Conservation Genetics*. Cambridge University Press. Cambridge, England. 617p.
- Fu Y.X. New statistical tests of neutrality for DNA samples from a population. 1996. *Genetics* 143: 557-570.
- Gjoesaeter, J. ; Dayaratne, P.; Bergstad, O.A.; Gjoesaeter, H.; Souza, M.I.; Beck, I.M. 1984. Ageing tropical fish by growth rings in the otoliths. *FAO Fish. Cir.*, 776: 1-54.
- Gomes, L. C.; Agostinho, A. A. 1997. Influência do regime de inundação sobre o estado nutricional e recrutamento juvenil do curimba, *Prochilodus scrofa*, Steindachner, no Alto Rio Paraná, Brasil. *Fisheries Management and Ecology* , 4 : 263-274.
- Gomes, G.; Schneider, H.; Vallinoto, M.; Santos, S.; Orti, G.; Sampaio, I. 2008. Can *Lutjanus purpureus* (South red snapper) be “legally” considered a red snapper (*Lutjanus campechanus*)?. *Genetics and Molecular Biology*, 31 (1. Suppl.): 372-376.
- Gomiero L.M.; Braga, F.M.S. 2003. Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla* cf. *ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, rio Grande – MG/SP. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, 25(1): 79-86.
- Gomiero, L.M.; Braga, F.M.S. 2006. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Brycon opalinus* (Pisces, Characiformes) no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum*. 28 (2):135-141.

- González, Á.; J. Mendoza; F. Arocha; A. Márquez. 2005. Crecimiento de la curvinata de río, *Plagioscion squamosissimus*, en el Orinoco medio. *Zootecnia Tropical*, 23(2):155-170.
- Goulding, M. 1980. *The fishes and the forest: Explorations in Amazonian Natural History*. University of California Press: Berkeley, CA, USA. 280p.
- Goulding, M.; Carvalho M. L. 1982. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): An important Amazonian food fish. *Revista Brasileira de Zoologia*, 1(2): 107-133.
- Goulding, M. 1983. Amazonian fisheries. In: Moran, E.F. (ed.). *The dilemma of Amazonian development*. Westview Press, Boulder p. 189-210.
- Goulding, M.; Carvalho M. L.; Ferreira E. G.. 1988. *Rio Negro, Rich Life in Poor Water. Amazonian Diversity and Foodchain Ecology as seen through Fish Communities*. The Hague, Netherlands, SPB. 200pp.
- Goulding, M. 1999. Introduction. In: Padoch, C.; Ayres, J.M.; Pinedo-Vazquez, M. & Henderson, A. (Eds.). *Várzea: diversity, development, and the conservation of Amazonian's whitewaters floodplain*. New York botanical garden press, Nova York. p. 3-6.
- Grimes, C.B. 1978. Growth and length-weight relationship of vermilion snapper, *Rhomboplites aurorubens*, from North Carolina and South Carolina waters. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107:454-456.
- Grunwald C.; Stabile J.; Waldman JR.; Gross R.; Wirgin I. 2002. Population genetics of shortnose sturgeon *Acipenser brevirostrum* based on mitochondrial DNA control region sequences. *Molecular Ecology*. 11: 1885–1898.
- Gulland, J.A. 1977. *Fish population dynamics*. John Wiley e Sons, New York, USA, 422p.
- Hahn, N.S.; Agostinho, A.A.; Gomes, L.C.; Bini, L.M. 1998. Estrutura trófica da ictiofauna do reservatório de Itaipu (Paraná-Brasil) nos primeiros anos de sua formação. *Interciência*, Caracas, 23 (5): 299-305.
- Hall T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*. 41:95-98.
- Hartz, S.M.; Junior, W.B.; Formehl, V.M. 1998. Idade e crescimento de *Gymnogeophagus lacustris* Reis & Malabarba, um cichlidae endêmico da bacia hidrográfica do rio Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 15(3): 605-612.
- Henderson, P.A. 1999. O ambiente aquático da Reserva Mamirauá.. In: Queiroz, H.L.; Crampton, W.G.R. (Eds.). *Estratégias de Manejo de recursos Pesqueiros em Mamirauá*. Sociedade Civil Mamirauá/ Ministério da Ciência e Tecnologia - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília. p. 01-09.
- Henderson, P.A.; Robertson, B.A. 1999. On structural Complexity and fish Diversity in na Amazonian Floodplain. In: Padoch, C.; Ayres, J.M.; Pinedo-Vazquez, M. & Henderson, A. (Eds.). *Várzea: diversity, development, and the conservation of Amazonian's whitewaters floodplain*. New York botanical garden press, Nova York. p. 45-58.

- Herran, R.A. 1988. Analisis de contenidos estomacales en peces. Revision bibliografica de los objetos e la metodologia. *Informes Tecnicos Instituto Espanol de Oceanografia*. 63. 1-74 p.
- Hilborn, R.; Walters, C. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment -Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman and Hall. New York e London. 570 p.
- Hildemann, W.H. 1959. A cichlid fish *Symphysodon discus* with unique nurture habits. *American Naturalist*, 93: 27-34.
- Hilsdorf, A.W.S.; Resende, E.K.; Marques, D.K.S. 2006. *Genética e Conservação de Estoques Pesqueiros de Águas Continentais no Brasil: Situação Atual e Perspectivas*. Embrapa Pantanal, Corumbá. 44p.
- Holley, M. H.; Maceina, M. J.; Thomé–Souza, M.; Forsberg, B. R. 2008. Analysis of the trophy sport fishery for the speckled peacock bass in the Rio Negro River, Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 15: 93–98.
- Hrbek, T.; Farias, I.P.; Crossa, M.; Sampaio, I.J.; Porto, I.R.; Meyer, A. 2005. Population genetic structure of *Arapaima gigas*, world's biggest freshwater fish: implications for conservation. *Animal Conservation*, 8: 297-308.
- Hynes, H.B.N. 1950. The food of freshwater sticklebarcks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pingitius*) with a review of methods used in the studies of the food of fishes. *Journal Animal Ecology*, 19: 36-58.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17: 411-429.
- Isaac, V.J.; Ruffino, M.L. 1996. Population dynamic of tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, in the Lower Amazon - Brazil. *Fisheries Management and Ecology* 3:315-333. .
- Isaac, V.J.; Rocha, V.L.C.; Mota, S.Q.C. 2000. Ciclo reprodutivo de algumas espécies de peixes comerciais do baixo Amazonas. In: Fisher, C.F. *Recursos Pesqueiros do Médio Amazonas – Biologia e Estatística Pesqueira*. Edições IBAMA, Brasília.p. 31-64.
- Jepsen, D. B.; Winemiller, K. O.; Taphorn, D. C 1999. Age structure and growth of peacock cichlids from rivers and reservoirs of Venezuela. *Journal of fish Biology*, 55: 433-450.
- Johson, J.B. 2001. Hierarchical organization of genetic variation in the Costa Rican livebearing fish *Brachyrhaphis rhabdophora* (Poeciliidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 72 (4): 519 - 527.
- Jorgensen, C.; Enberg, K.; Dunlop, E.S.; Arlinghaus R.; Boukal D.S.; Brander, K.; Ernande, B.; Gardmark, A.G.; Johnston, F.; Matsumura, S.; Pardoe, H.; Raab, K.; Silva, A.; Vainikka, A.; Dieckmann, U.; Heino, M.; Rijnsdorp, A.D. 2007. Managing evolving fish stocks. *Science*, 318: 1247–1248.
- Junk, W. 1985. Temporary fat storage in the adaptation of some fish species to the waterlevel fluctuations and related environmental changes of the Amazon river. *Amazoniana*. 9 (3): 315-351.
- Junk, W.J. 1989. Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains. In: Holm-Nielsen, L.B.; Nielsen, I.C.; Balslev, H. (Eds.). *Tropical*

- Forests: botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press, London.p. 47-64.
- Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989.The flood pulse concept in river-floodplain systems.*Canadian special publications of fisheries and aquatic sciences*, 106: 110-127.
- Junk, W.J.; Soares, G.M.; Saint-Paul, U. 1997. The Fish.*In: Junk, W.J. (ed.). The Central Amazon Floodplain - ecology of a pulsing system*. Springer Verlag, Berlin. p. 385-408.
- Junk, W.J.; Robertson, B.A. 1997.Aquatic invertebrates.*In: Junk, W. (ed). The Central Amazon Floodplain: Ecological studies*. Springer-Verlag Heidelberg. p. 279-298.
- Kawakami, E.; Vazzoler, G. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 29 (2): 205-207.
- Keenleyside, M.H.A. 1991. Parental care. *In: Keenleyside, M.H.A. (ed.). Cichlid fishes behaviour, ecology and evolution*. Chapman & Hall,London, UK. p. 190-208.
- King, M. 1995. *Fisheries biology, assessment and management*.Fishing News Books,London, UK.343 pp.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological methodology*.Harper & Row, New York, USA. 654pp.
- Kullander, S. O. 1996. Eine weitere übersicht der diskusfische, gattung *Symphysodon* Heckel. *Datz Sonderheft, Diskus*. p. 10-19.
- Kullander, S.O. 1998. A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes). *In: Malabarba,L.R.; Reis, R.R.; Vari, R.P.; Lucena, Z.M.S.; Lucena, C.A.S.(Eds.). Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Edipucrs, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. p.461-498.
- Kullander, S. O. 2003. Family Cichlidae (Cichlids).*In: Reis, R. E.; Kullander, S. O.; Ferraris, C. J. Jr. (Eds.) Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Edipucrs, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. p. 605-654.
- Kumar S.; Tamura K.; Jacobsen I.B.; Nei M. 2001. MEGA2: Molecular Evolutionary Genetics Analysis software,*Bioinformatics*, 17: 1244-1245.
- Lai, H.L.; Gallucci, V.F.; Gunderson, D.R.; Donnelly, R.F.1996. Age determination in fisheries: methods and applications to stock assessment. *In: Gallucci, V.F.; Saila, S.B.; Gustafson, D.J.;Rothschild, B.J. Stock assessment: quantitative methods and applications for small-scale fisheries*. CRC Lewis Publishers,New York, USA. p. 82-178.
- Lankford, T.E.Jr.; Targett, T.E.; Gaffney, P.M. 1999. Mitochondrial DNA analysis of population structure in the Atlantic croaker, *Micropogonias undulates* (Perciformes: Sciaenidae),*Fishery Bulletin*, 97(4): 884 - 890.
- Leggatt, R.A.; Ywama, G.K. 2003. Ocurrence of polyploidy in the fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 13: 237-246.
- Leite, R.G.; Zuanon, J.A.S. 1991. Peixes ornamentais – aspectos de comercialização, ecologia, legislação e propostas de ações para um melhor aproveitamento. *In: Val, A.L.; Figuolo, R.; Feldberg, E. (Eds.). Bases científicas*

- para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas*, Vol.1. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 327-331.
- Lima, A.O. 2004. Aquicultura ornamental: políticas públicas dirigidas podem colocar o Brasil junto aos maiores produtores mundiais. *Panorama da Aquicultura*, p. 58-59.
- Lolis, A.A.; Andrian, I.F. 1996. Alimentação de *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriforme, Pimelodidae), na planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 23: 187-202.
- López-Fernández, H.; Winemiller, K.O.; Montaña, C.; Honeycutt, R.L. 2012. Diet-Morphology Correlations in the radiation of South American cichlids (Perciformes:Cichlidae: Cichlinae). *PLoS ONE*, 7(4): doi:10.1371.
- Loubens, G.; Panfili, J. 1995. Biologie de *Prochilodus nigricans* (Teleostei: Prochilodontidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 6 (1): 17-32.
- Loubens, G.; Panfili, J. 1997. Biologie de *Colossoma macropomum* (Teleostei: Serrasalmidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 8: 1-22.
- Loubens, G.; Panfili, J. 2001. Biologie de *Piaractus brachypomus* (Teleostei: Serrasalmidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 12(1):51-64.
- Lowe McConnell, R.H. 1999. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil. 535pp.
- Maciel, H. M. 2010. *Reprodução de espécies de peixes em lago de várzea, Manacapuru, AM*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 86pp.
- Marinho, J.C. 2011. Relatório Técnico do Manejo Sustentável de Peixes Ornamentais da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã – 2011. Relatório não publicado. 16p.
- Marinho, J.C. 2012. Relatório Técnico do Manejo Sustentável de Peixes Ornamentais da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã – 2012. Relatório não publicado. 30p.
- Mascarenhas, R. 2008. Análise da alimentação natural do Aruanã branco (*Osteoglossum bicirrhosum*) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RDSM). In: Queiroz, H.L.; Camargo, M. (Eds.) *Biologia, conservação e manejo dos aruanãs na Amazônia Brasileira*. Ed. Mamirauá, Tefé, Amazonas. p.87-104.
- Mc Grath, D.G. 1990. Preliminary investigation of the trade in extrative products in the Brazilian Amazon. Final report submitted to the World Wildlife Fund. Washington: WWF.
- Mayland, H.J. 1994. *Adventures with Discus*. T.F.H. Publications, Neptune City, USA, 288pp.

- Mazeroll, A.I., Weiss, M. 1995. The state of confusion in discus taxonomy. In: *The Cichlids Yearbook*. p. 77-83.
- Megggers, B. *Amazônia: a ilusão de um paraíso*. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1977, 207 p.
- Mendonça, M.; Camargo, M. 2006. Etnoecologia da produção de peixes ornamentais num sector do médio Rio Solimões, FLONA Tefé e Reservas Mamirauá e Amanã – Estado do Amazonas. *Uakari*, 2(1): 53-61.
- Menon, M. D. 1953. The determination of age and growth of fishes of tropical and subtropical waters. *J. Bombay Nat. Hist. Soc.*, 51(3): 623-635.
- Montaña, C.G.; Winemiller, K.O. 2009. Comparative feeding ecology and habitats use of *Crenicichla* species (Perciformes: Cichlidae) in a Venezuelan floodplain river. *Neotropical Ichthyology*, 7(2): 267-274.
- Morais, F.B. 2005. *Sistema intensivo de incubação e manejo de cria de Acará Disco, Symphysodon spp.* Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco. 60pp.
- Moreira, S.S.; Zuanon, J. 2002. Dieta de *Retroculus lapidifer* (Perciformes: Cichlidae) um peixe reofilico do Rio Araguaia, Estado do Tocantins, Brasil. *Acta Amazonica*, 32(4): 691-705.
- Moschini - Carlos, V. 1999. Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais. In: Pompêo, M.L.M. (Ed.). *Perspectivas da limnologia no Brasil*. União, São Luis, Maranhão. p. 91-103.
- Nei, M. 1987. *Molecular evolutionary genetics*. Columbia University Press, New York, USA. 512pp.
- Neiff, J.J. 1990. Ideas para la interpretación ecológica del Parana. *Interciencia*, 15 (6): 424-441.
- Nelson, J.S. 1994. *Fishes of the world*. Third edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. 600p.
- Nikolsky, G.V. 1963. *The ecology of fishes*. London, Academic Press, London, UK. 352pp.
- Nikolsky, G.V. 1969. *Theory of fish population dynamics*. Oliver e Boyd Ltd, Edinburgh, UK. 323pp.
- Núñez, J. Duponchelle. 2009. Towards a universal scale to assess sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. *Fish Physiol. Biochem*, 35: 167-180.
- Oliveira, B. I. 1997. *Determinação da idade e aspectos da dinâmica populacional do Curimatá Prochilodus nigrans (Pisces; Prochilodontidae) da Amazônia Central*. Dissertacao de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia/ Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, AM, 90p.
- Olmsted, L.L.; Kilambi, R.V. 1978. Age and growth of spotted bass (*Micropterus punctulatus*) in Lake Fort Smith, Arkansas. *Trans. Am. Fish Soc.*, 107(1): 21-25.
- Ovenden, J.R. 1990. Mitochondrial DNA and marine stock assessment: a review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41: 835-853.

- Paixao, I. M. P. 1980. *Estudo da alimentação e reprodução de Mylossoma duriventris Cuvier, 1818 (Pisces, Characoidei), do lago Janauacá, AM, Brasil*. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia/ Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, AM, 127p.
- Pardoe, H; Vainikka, A; Thordarson, G; Marteinsdóttir, G; Heino, M. 2009. Temporal trends in probabilistic maturation reaction norms and growth of Atlantic cod (*Gadus morhua*) on the Icelandic shelf. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66: 1719–1733.
- Pauly, D. 1998. Tropical fishes: patterns and propensities. In: T.E. Langford; Langford, J.; Thorpe, J.E. (eds.) *Tropical Fish Biology. Journal of Fish Biology* 53 (Supplement A): 1-17.
- Penha, J.M.F.; Mateus, L.A.F.; Barbieri, G. 2004. Age and growth of the duckbill catfish (*Sorubim cf. lima*) in the Pantanal. *Brazilian Journal of Biology*, 64(1):125-134.
- Pereira, R. 1976. *Peixes de nossa terra*. Nobel, São Paulo: Nobel. 129 pp.
- Pérez, A.; Fabr e, N.N. 2003. Sele o das estruturas calcificadas para a determina o da idade da piracatinga *Calophysus macropterus* (Siluriformes: Pimelodidae) na Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazonica*, 33(3): 499-514.
- Perez-Sweeney, B.M.; Rodrigues, F.P.; Melnick, D.J. 2004. Metodologias moleculares. In: Cullen Jr, L.; Rudran, R.; Valladares-Padua, C. *Métodos de estudos em biologia da conserva o & manejo da vida silvestre*. Editora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. p. 343-382.
- Petere Jr., M. 1983. Yield per recruit of the Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, in the Amazon State, Brazil. *Journal of Fish Biology*, v. 22: 133-144.
- Piedade, M.T.F.; Junk, W.J.; Parolin, P. 2000. The flood pulse and photosynthetic response of trees in a white water floodplain (várzea) of the Central Amazon, Brazil. *Verh. Internat. Verein Limnol*, (27): 1-6.
- Pirhonen, J.; Aaltonen, S.; J rvenp  . 2012. Growth of domesticated discus *Symphysodon* sp. at constant temperatures. *Aquaculture Research*, doi:10.1111/are12022: 1-4.
- Pirker, L.E.M.; Barthem, R.B. 2005. Sele o da melhor estrutura r gida para a determina o da idade em piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências Naturais*, 1(2): 205-212.
- Prakash, S.; Lewontin, R. C. 1969. A molecular approach to the study of genic heterozygosity in natural populations. III Direct evidence of coadaptation in gene arrangement of *Drosophyla*. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 62: 778-784.
- Prang, G. 2007. An Industry Analysis of the Freshwater Ornamental Fishery with Particular Reference to the Supply of Brazilian Freshwater Ornamentals to the UK Market. *Uakari*, 3(1): 7-51.
- Prestes, L.; Soares, M.G.M.; Silva, F.R.; Bittencourt, M.M. 2010. Dinâmica populacional de *Tripottheus albus*, *T. angulatus* e *T. auritus* (CHARACIFORMES: CHARACIDAE) em lagos da Amazônia Central. *Biota Neotropica*, 10(3): 177-181.

- Queiroz, H.L. 2000. *Natural history and conservation of pirarucu, Arapaima gigas at the Amazonian várzea: red grants in muddy water*. Tese de Doutorado, University of St. Andrews, St. Andrews.226pp.
- Queiroz, H.L.; Hercos, A.P. 2009. Plano de manejo das áreas de coleta de peixes ornamentais da Reserva Amaña (PORA) – sétima versão. Tefé: IDSM / ZSL.
- Ready, J.S.; Ferreira, E.J.G; Kullander, S.O. 2006. Discus fishes: mitochondrial DNA evidence for a phylogeographic barrier in the Amazonian genus *Symphysodon* (Teleostei: Cichlidae). *Journal of Fish Biology*.69 (Supplement B): 200-211.
- Ribeiro, M.C.L.B.; Petrere, JR., M. 1990. Fisheries ecology and management of the jaraqui (*Semaprochilodus insignis*, *Semaprochilodus taeniurus*) in Central Amazônia. *Regulated Rivers: Research and Management*, 5: 195-215.
- Ribeiro, F.A.S.; Fernandes, J.B.K. 2008. Sistemas de criação de peixes ornamentais. *Revista Panorama da aquicultura*, 18(109): 34-39.
- Ricklefs, R. E. 2009. *A economia da natureza*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 503pp.
- Rogers, W. 1995. Female choice predicts the best father in a biparental fish, the Midas cichlid (*Cichlasoma citrinellum*). *Ethology*, 100: 230-241.
- Roosevelt, C.; Housley, R. A; Imazio, M.S.; Maranca, S.; Johnson, R. 1991. "Eighth Millenium Pottery from a Prehistoric Shell Medden in the Brazilian Amazon". *Science*, n. 254: 1621-1624.
- Rosel, P. E.; Reeves, R. R. 2000. Genetic and demographic considerations for the conservation of Asian River cetaceans. *In: Biology and conservation of freshwater cetaceans in Asia*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK IUCN.. p.144-152.
- Rossoni, F.P. 2008. *Ecologia da pesca e biologia reprodutiva do acará-disco (Symphysodon, Pellegrin 1904) (Perciformes: Cichlidae) na RDS Piagaçu-Purus, Amazônia Central: subsídios para o manejo sustentável de um recurso natural*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas. 115pp.
- Rossoni, F.P.; Amadio, S.; Ferreira, E; Zuanon, J. 2010. Reproductive and population parameters of discus fish *Symphysodon aequifasciatus* Pellegrin, 1904 (Perciformes: Cichlidae) from Piagaçu-Purus Sustainable Development Reserve (RDS –PP), lower Purus River, Amazonas, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 8(2): 379-383.
- Rozas, J.; Sánchez-DelBarrio, J.C.; Messeguer, X.; Rozas, R. 2003. DnaSP. DNA polymorphism analysis by the coalescent and other methods. *Bioinformatics*, 19 (18): 2496-2497.
- Ruffino, M.L.; Isaac, V.J. 1999. Dinâmica populacional do surubim-tigre *Pseudoplatystoma tigrinum* (Valeciennes,1840) no Médio Amazonas (Siluriformes, Pimelodidae). *Acta Amazonica*, 29(3): 463-476.
- Ruffino, M.L.; Isaac, V.J. 2000. Ciclo de vida e parâmetros biológicos de algumas espécies de peixes da Amazônia Brasileira. *In: Recursos pesqueiros do médio Amazonas: biologia e estatística pesqueira*. Brasília. Ed. IBAMA, p. 11-30.
- Sambrook J., Fritsch E.F.; Maniatis T. 1989. *Molecular cloning: a laboratory manual*. 2 ed. Cold Spring Harbor Laboratory, New York, NY, USA.1626pp.

- Sanger, F.; Nichlen, S.; Coulson, A.R. 1977. DNA sequencing with haintermination inhibitors. *The Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 74: 5463 - 5468.
- Santos, G. M. 1980. Estudo da reproducao e habitos reprodutivos de *Schizodon fasciatus*, *Rhytiodus microlepis* e *Rhytiodus argenteofuscus* (Piscis Anostomidae) do lago Janauaca. *Acta Amazônica*, 10 (2): 391-400.
- Santos, G.M. 1982. Caracterização, hábitos alimentares e reprodutivos de quatro espécies de "aracus" e considerações ecológicas sobre o grupo no lago Janauacá-AM. (Osteichthyes, Characoidei, Anostomidae). *Acta Amazônica*, 12: 713-739.
- Santos, G.M.; E. Ferreira; Zuanon, J.A.S. 1991. Ecologia de peixes da Amazônia. In: Val, A. L.; Figliuolo, R.; Feldberg, E. (Eds). *Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Amazonas, 280p.
- Santos, G.M.; Ferreira E.J.G. 1999. Peixes da bacia Amazônica. In: Lowe McConnell, R.H. (ed.). *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. EDUSP, São Paulo, São Paulo. p. 346-373.
- Santos, G.M.; Santos, A.C.M. 2005. Sustentabilidade da Pesca na Amazônia. *Estudos Avançados*, 54(19): 165-182.
- Santos, G.; Ferreira, E.; Zuanon, J. 2006. *Peixes comerciais de Manaus*. IBAMA/AM ProVárzea, Manaus, Amazonas, Brasil. 144 pp.
- Santos, R.N. 2006. Influência do ciclo hidrológico, categoria trófica e maturação gonadal sobre o teor energético de peixes em uma área de várzea da Amazonia Central. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas. 61pp.
- Santos, M.C.F.; Ruffino, M.L.; Farias, I.P. 2007. High levels of genetic variability panmixia of the Tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) in main channel of the Amazon River. *Journal of Fish Biology*, 71: Suppl. A, 33-44.
- Santos, G.C.C.C. 2010. Relatório Técnico do Manejo Participativo de Peixes Ornamentais da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã – Ano 2010. IDSM Relatório não publicado 19p.
- Santos-Filho, L. C.; Batista, V. D. S. 2009. Dinâmica populacional da matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. *Zoologia*, 26(2): 195-203.
- Schneider S., Roessli D., and Excoffier L. 2000. *Arlequin version 2.0: A software for population genetic data analysis*. Genetics and biometry laboratory, University of Geneva, Switzerland.
- Schultz, L.P. 1960. A review of the pompadour or discus fishes, genus *Symphysodon* of South America. *Tropical Fish Hobbyist*, 8: 5-17.
- Seyoum, S.; Tringali, M.D.; Bert, T.M. 2000. An analysis of genetic population structure in red drum, *Sciaenops ocellatus*, based on mt DNA control region sequences. *Fishery Bulletin*, 98(1): 127-138.
- Silva, T.; Kotlar, B. 1980. *Discus*. In: Publ., T.F.H., (Ed.) p. 93.

- Silva Jr., U. 1998. Análise da produção pesqueira de um lago de várzea do Baixo Amazonas, através de um modelo de balanço de massas. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas.73p.
- Soares, M.G.M. 1979. Aspectos ecológicos (alimentação e reprodução) dos peixes do igarapé do Porto, Aripuanã, MT. *Acta Amazônica*,9: 325-352.
- Soares, M.G.M.; Piedade, M.T.F.; Maia, L.A.; Darwich, A.; Oliveira, A.C.B. 1999. Influência do Pulso de cheia e vazantes na dinâmica ecológica de áreas inundáveis. *In: Secretaria Técnica - MCT. (Org.). Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil - Resultados (Fase Emergencial e Fase I).* Dupli Gráfica,Brasília, Distrito Federal.p. 425-445.
- Souza, R.L.; Oliveira, D.I.B. 2007. Cadeias produtivas de peixes ornamentais. Monitoramento do embarque de peixes ornamentais em Tefé-AM. Relatório final bolsa PIBIC IDSM/ UEA, Tefé, 25p.
- Sparre, P.; Venema, S.C. 1997. Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte 1 *Manual FAO Fisheries Technical Paper*. 306(1): 1-404.
- Stepien, C.A.; Kocher, T.D. 1997. Molecules and morphology in studies of fish evolution.*In: Kocher, T.D.; Stepien, C. (eds.).Molecular systematics of fishes.*Academic Press, Cleveland, Ohio, USA. pp 1 - 11.
- Stickney, R.R. 1994. Aspects of water quality of the culture environment.*In: Stickney, R.R. Principles of aquaculture.* John Wiley and Sons Inc, New York, USA.p. 233-243
- Suzuki, H.I.; Agostinho,A.A. 1997. Reprodução de peixes do reservatório de Segredo.*In: Agostinho, A.A.; Gomes, L.C. (Eds). Reservatório de Segredo: Bases Ecológicas para o Manejo.* EDUEM, Maringá, Paraná. p.163-182.
- Suzuki, H.I.; Agostinho, A.A.; Bailly, D.; Gimenes, M.F.; Ferreira, J.J.H; Gomes, L.C. 2009. Interannual variations in the abundance of young-of-the-year of migratory fishes in the Upper Paraná River floodplain: relations with hydrographic attributes. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 649-660.
- Swofford, D. L. 2002. PAUP. Phylogenetic analysis using parsimony, version 4.0b10. Sinauer, Sunderland.
- Tajima, F. 1989. Statistical method for testing the neutral mutation hypothesis by DNA polymorphism.*Genetics*, 123: 585-595.
- Tamura, F.; Nei, M. 1993.Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees.*Molecular Biology and Evolution*, 10: 512 – 526.
- Taylor, C.C. Cod growth and temperature. 1958. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 23: 366-370.
- Thomaz, S.M.; Roberto, M. do C.; Bini, L.M.1997. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. *In: Vazzoler, A.E.A.; Agostinho, A.A.;Segatti, N.H. A planície de inundação do Alto Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.* EDUEM, Maringá, Paraná. p. 73-102.
- Thompson, J. D.; Plewniak, F.; Poch, O. 1999. A comprehensive comparison of multiple sequence alignment programs. *Nucleic Acids Research*, 27 (13):2682-2690.

- Torrente-Vilara, G. 2003. *Padrões nos parâmetros biológicos de três espécies de aracus (Characiformes: Anostomidae) em lagos de várzea da Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas, AM, 90p.
- Torres, M.F. & Carvalho Jr., J.R. 1995. Estudo preliminar da pesca artesanal de peixes ornamentais no município de Ourém-PA. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém. (mimeo).
- Torricelli, P.; Lugli, M.; Bobbio, L. 1993. The importance of male-male competition and sexually selected dimorphic traits for male reproductive success. In: F. Huntingford; Torricelli, P. (eds.) *Behavioural Ecology of Fishes*. Chue, Harwood.p. 231-256.
- Trindade, M.E.J.; Queiroz, H.L. 2012. Feeding ecology and morphometry of the digestive tract of *Astronotus ocellatus* (Cichlidae) in várzea environments of the Middle Solimões Region, Central Amazon, Brazil. *Uakari*, 8 (1): 45-57.
- Val, A.L.; Almeida-Val, V.M.F. 1995. *Fishes of the Amazon and their environment. Physiological and Biochemical Aspects*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, NY, USA, 224pp.
- Valladares, A.C.P. 2009. *Biologia reprodutiva de cinco espécies ornamentais de Apistogramma (Teleostei: Cichlidae) da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas, 99pp.
- Vazzoler, A.E.A.M. 1981. *Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes; reprodução e crescimento*. CNPq. Programa Nacional de Zoologia, Brasília, Distrito Federal. 108pp.
- Vazzoler, A.E.A.M.; Menezes, N.A. 1992. Síntese de conhecimento sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei: Characiformes). *Revista Brasileira de Biologia*, 52(4):627-540.
- Vazzoler, A.E.A.M. 1996. *Biologia e reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá. Sociedade Brasileira de Ictiologia. São Paulo, São Paulo, Brasil. 169pp.
- Vazzoler, A.E.A.M.; Amadio, S.A. 1990. Aspectos biológicos de peixes amazônicos. XIII. Estrutura e comportamento de cardumes multiespecíficos de *Semaprochilodus* (Characiformes, Prochilodontidae) do baixo rio Negro, Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 50 (3): 537-546.
- Veríssimo, J. 1895. *A pesca na Amazônia*. Rio de Janeiro, Livraria Alves, 137 p.
- Vieira, E. F. 1999. *Determinação da idade e crescimento do jaraqui de escama grossa (Semaprochilodus insignis) na Amazônia Central*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas, 86 p.
- Villacorta-Correa, M. A. 1987. Crescimento do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1969) (Teleostei, Characidae) no baixo rio Negro, seus afluentes e no baixo Solimões. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas, 124 p.
- Villacorta-Correa, M. A. 1997. *Estudo de idade e crescimento do tambaqui Colossoma macropomum (Characiformes, Characidae) no Amazonas Central*,

- pela análise de marcas sazonais nas estruturas mineralizadas e microestruturas nos otólitos*. Tese de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas, 217 p.
- Villacorta-Correa, M.A.; Saint-Paul, U. 1999. Structural indexes e sexual maturity of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae), in central Amazon, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, 59: 637-652.
- Von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol*, 10: 181-213.
- Waichman, A.V.; Pinheiro, M.; Marcon, J.L. 2001. Water Quality Monitoring During the Transport of Amazonian Ornamental Fish. In: Chao, N.L.; Petry, P.; Prang, G.; Sonneschien, L.; Tlusty, M. (Eds.). *Conservation and Management of Ornamental Fish Resources of the Rio Negro Basin, Amazonia, Brazil – Project Piaba*. Editora da Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. p. 279-299.
- Weatherley, A. H. 1972. *Growth and ecology of fish populations*. Academic Press, London, UK. 293 pp.
- Weatherly, A.H.; Gill, H.S. 1987. *The biology of fish growth*. Academic Press, London, UK 443pp.
- Weiss, S.; Schlotterer, C.; Waidbacher, H.; Jungwirth, M. 2001. Haplotype (mtNDA) diversity of brown trout *Salmo trutta* in tributaries of the Austrian Danube: massive introgression of Atlantic basin fish – by man or nature? *Molecular Ecology*, 10: 1241-1246.
- Welcomme, R.L. 1992. *Pesca fluvial*. FAO (Documento Técnico de Pesca 262), Roma, 303p.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in Fishes: a review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41: 199-222.
- Winemiller, K.O. 1987. Feeding and reproductive biology of the currito, *Hoplosternum littorale*, in the venezuelan llanos with comments on the possible function of the enlarged male pectoral spines. *Environmental Biology of Fishes*, 20(3): 219-227.
- Winemiller, K.O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81: 225-241.
- Wittmann, F.; Junk, W.J. 2003. Sapling communities in Amazonian white-water forests. *Journal of Biogeography*. 30(10): 1533–1544.
- Wootton, R.J. 1990. *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman and Hall, London, UK. 404 pp.
- Worthmann, H.O.W. 1983. A comparative study of the growth of the post larval and juvenile pescadas *Plagioscion squamosissimus* (Heckel) and *P. monti* (Soares) in a White lake of the Central Amazon. *Amazoniana*, 7(4):465-477.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey, USA. 663pp.
- Zavala-Camin, L.A. 1996. *Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes*. Editora da Universidade Estadual de Maringá. Maringá, Paraná, Brasil. 129pp.

Zihler, F. 1982. Gross morphology and configurations of digestive tracts of cichlidae (Teleostei, Perciformes): phylogenetic and functional significance. *Netherlands Journal of Zoology*, 34 (4): 544-571.

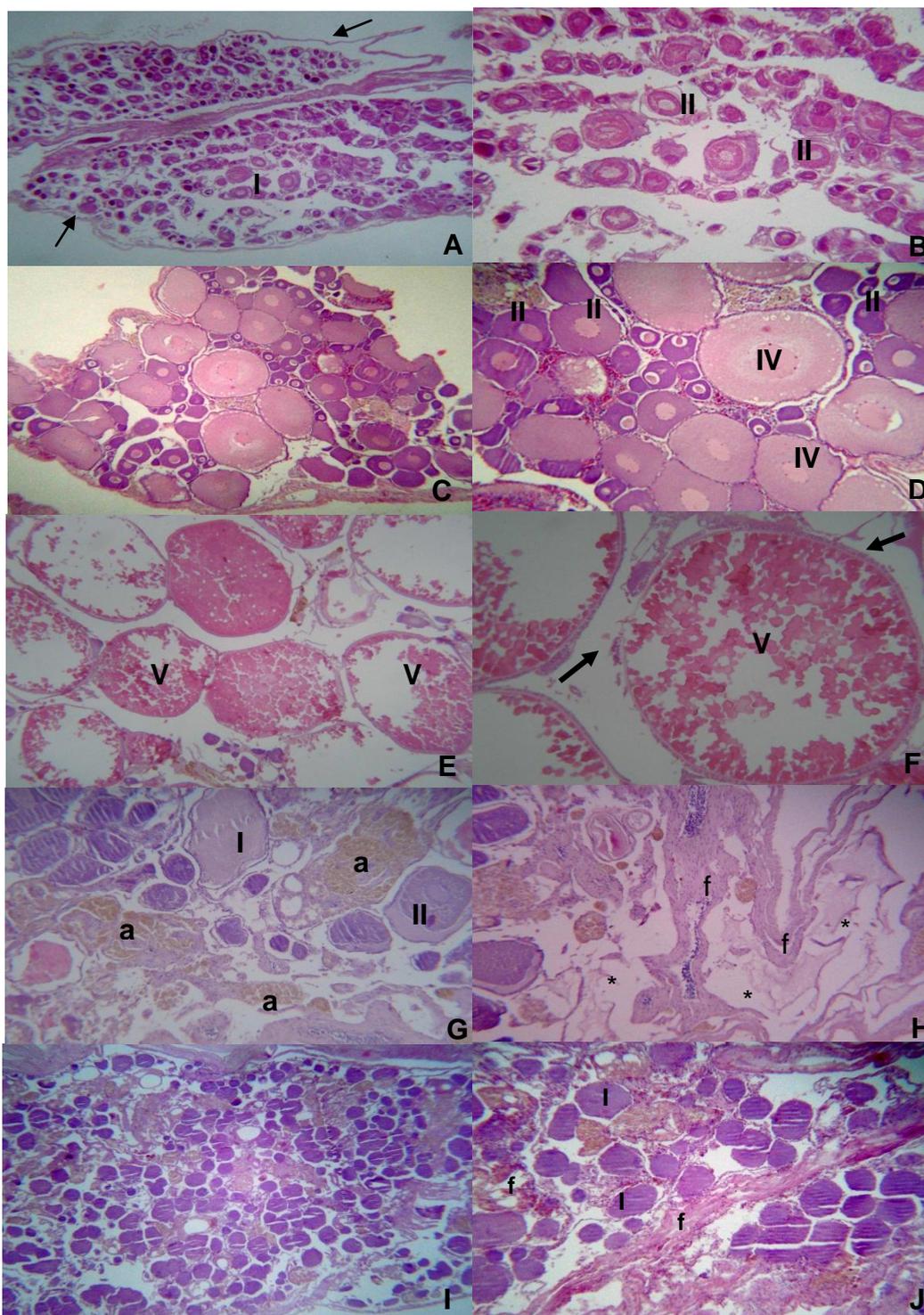
ANEXOS

Anexo 1: Alinhamento dos sítios polimórficos de *Symphysodon aequifasciatus*, baseada em 478 pares de bases da Região D-loop do DNA mitocondrial.

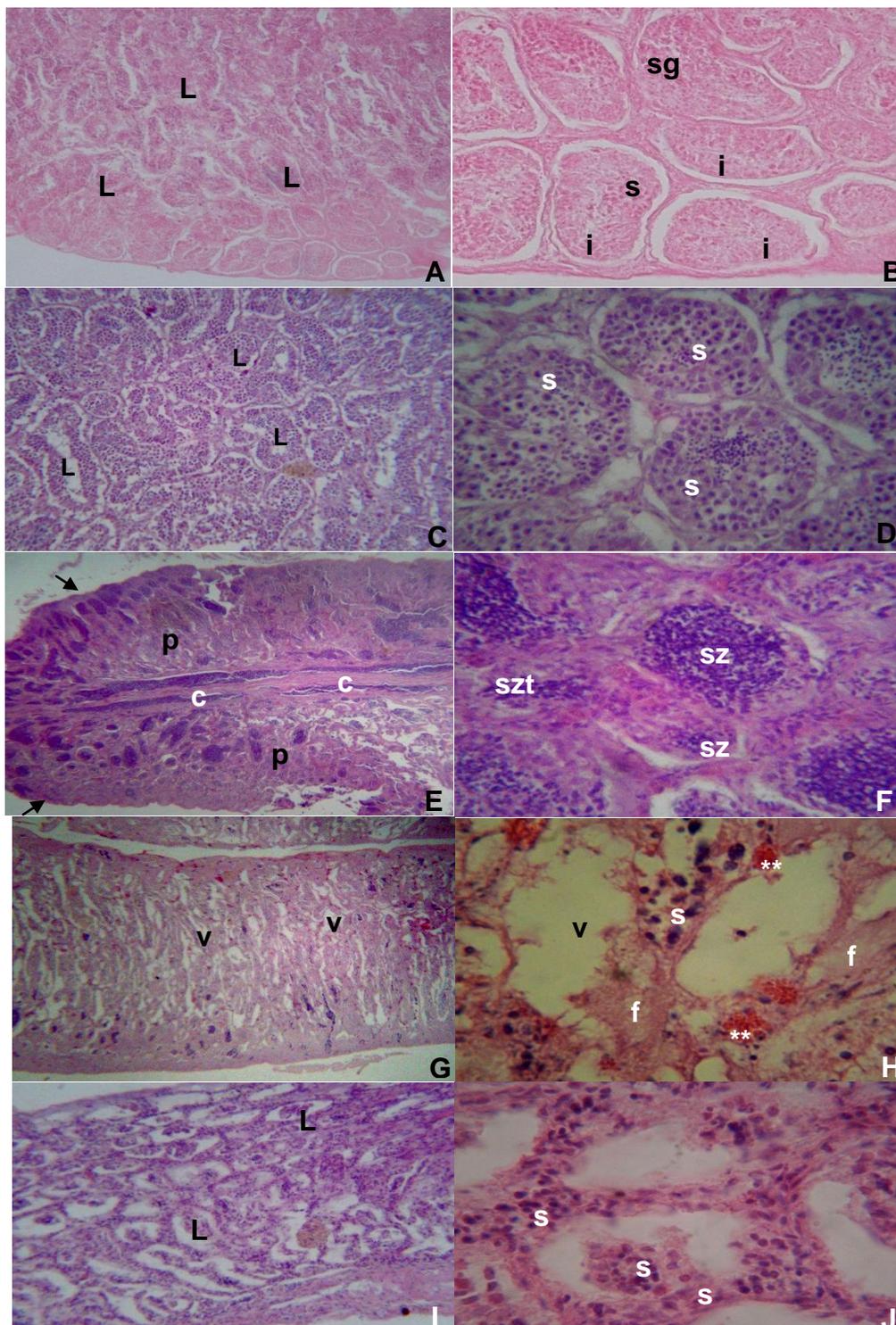
Posição variável	2	25	30	32	43	80	100	132	135	146	227	348	357
SACA050803	T	C	T	A	T	T	A	C	T	C	T	C	G
SACA050806	C	.	.	.	.
SACA060805	C	.	.	.	.
SACA050807	.	.	.	C	.	.	.	.	C	.	.	.	.
SACA050810	C	.	.	.	.
SACL020802	C	.	.	.	C	T	.	.	.
SACL030803	C	.	.	.	.
SACL030804	C	.	.	.	C	T	.	.	.
SACL030805	C	.	.	.	.
SACL030807	C	.	.	.	.
SACL040802	C	.	.	.	.
SACL040809	C	.	.	.	.
SACL050803	C	.	.	.	.
SACL060807	T	C	.	.	.	.
SACL090804	C	.	.	.	.
SAUX090702	C	.	.	.	.
SAUX090703	C	.	.	.	.
SAUX090704	C	.	.	.	.
SAUX090705	C	.	.	.	.
SAUX090706	.	T	.	.	C	.	.	.	C	T	.	.	.
SAUX090707	C	.	.	.	.
SAUX090709	.	.	C	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.
SAUX090710	C	.	.	.	.
SAUX090712	C	.	.	.	.
SAUX090714	C	.	.	.	.
SATB040801	C	.	.	.	.
SATB040802	C	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.
SATB040804	C	.	.	.	C	T	.	.	.
SATB040805	T	C	.	.	.	.
SATB040806	C	.	.	.	C	T	.	.	.
SATB040810	C	T	.	.	.
SATB040807	C	.	.	.	C	T	.	.	A
SATB040808	C	.	.	.	C	T	.	.	A
SATB040809	C	.	.	.	C	T	.	.	A
SATB040812	C	.	C	.	G	.	.
SAFA090607	C	.	.	.	C	T	.	.	.
SAFA090611	C	.	.	.	C	T	.	.	.
SAFA090603	C	.	C	.	.	.	.
SAFA090605	C	.	C	.	C	.	.	.	.
SAFA090609	C	.	C	.	.	.	.
SAJU090701	C	.	.	.	.
SAJU090702	C	.	C	.	.	.	.
SAJU090703	C	.	C	.	.	.	.
SAJU090704	C	.	C	.	G	.	.
SAJU090705	C	.	C	.	C	T	.	.	.
SAJU090706	C	.	C	.	.	.	.
SAJU090705	C	.	.	.	.
SAFB100704	C	.	.	.	.
SAFB100701	C	.	.	.	.
SAFB110701
SAFB120706	C	.	.	.	.
SAFB110702	C	.	G	.	.
SASA030805	C	.	.	C	.	.	.	.

Posição variável	2	25	30	32	43	80	100	132	135	146	227	348	357
SASA030807	C	.	.	C	.	.	.	.
SASA060801	C	.	.	C	.	.	.	.
SASA020816	C	.	C	.	.	.	.
SASA080813	C	.	C	.	G	.	.
SABR110701	C	.	C	.	.	.	.
SABR110703	C	.	C	.	.	.	.
SABR110704	C	.	C	.	.	.	.
SABR110706	C	.	C	T	.	.	.
SABR110708	C	.	.	.	.
SABR100604	C	.	C	.	.	.	.
SAUR090701	C	.	C	T	.	T	.
SAUR090702	C	.	.	.	.
SAUR090703	C	.	C	.	.	.	.
SAUR090704	C	.	.	.	.
SAUR090705	C	.	.	.	.
SAUR090706	C	.	.	.	.
SAUR090707	C	.	C	.	.	.	.
SAUR090708	C	.	.	.	.
SAUR090702	C	.	.	.	.
SATA100602	C	.	.	.	.
SATA100601	C	.	.	.	.
SATA100603	C	.	.	.	.
SATA100604	C	.	.	.	.
SATA100605	C	.	.	.	.
SAAR120502	C	.	.	.	.
SAAR120501	C	.	.	.	.
SAAR120503	C	.	.	.	.
SAAR120501	C	.	.	.	.
SAAR120509	C	.	.	.	.
SALT110606	C	.	.	.	.
SALT110608	C	.	.	.	.
SALT110606	C	.	.	.	.
SALT120705	C	.	.	.	.
SALT110607	C	.	.	.	.
SAAÇ090802	C	.	.	.	.
SAAÇ090804	C	.	.	.	.
SAAÇ090803	C	.	.	.	.

Anexo 3: Estádio imaturo – A: Ovário limitado por fina cápsula (seta) e ocupado por lamelas ovígeras (lo), Aumento 100X. B: Detalhe da lamela ovígera ocupada com ovócitos cromatina-nucléolo (II). Aumento 400X. Estádio Em desenvolvimento - C: presença de ovócitos em diferentes fases de maturação, Aumento 100X. D: Detalhe dos ovócitos na fase III, alguns ovócitos do estoque de reserva ou fase II e alguns ovócitos em vitelogênese lipídica ou fase IV, Aumento 400X. Estádio pronto para desovar– E: Predomínio de ovócitos em vitelogênese lipídica protéica ou fase V, Aumento 100X. F: Detalhe do ovócito fase V envolvido por células foliculares (seta grossa), Aumento 400X. Estádio Em regressão - G: Presença de ovócitos nas fases III, IV e em atresia folicular (at), Aumento 100X. H: Detalhe lamelas ovígeras vazias (*) imersos em rede fibrilar (f), Aumento 400x. Estádio regenerando - I: Presença de ovócitos cromatina nucléolo ou fase I distribuídos homogeneamente, Aumento 100X.J: Detalhe dos ovócitos na fase I envolvidas por rede fibrilar de sustentação (f), Aumento 400X.

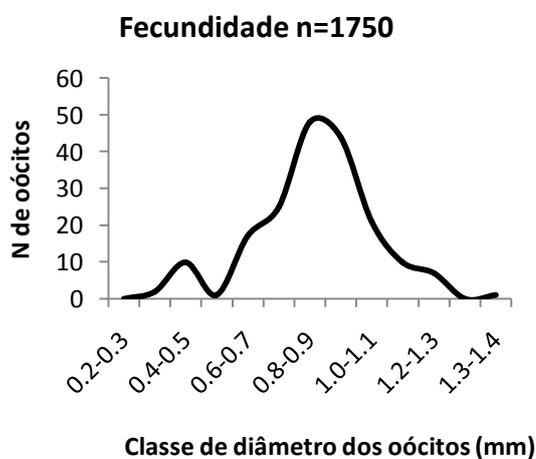
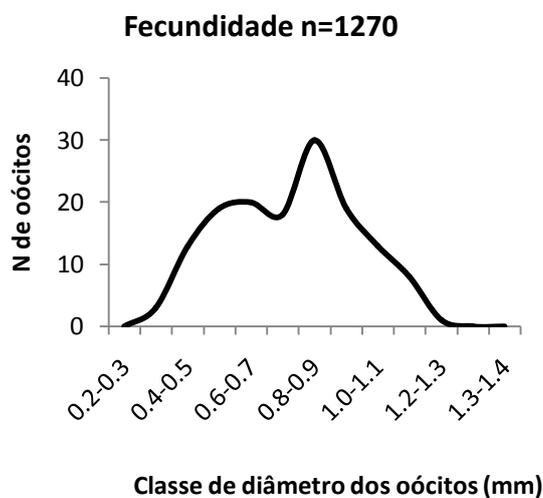
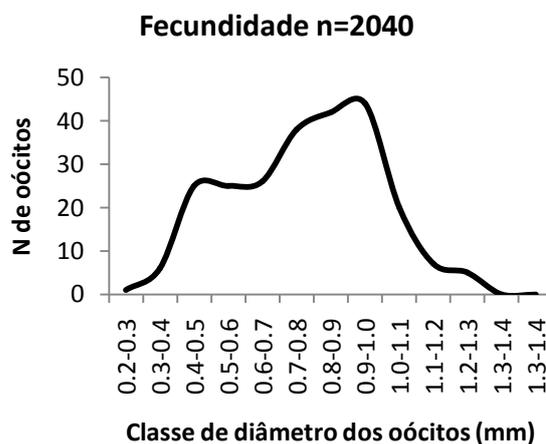
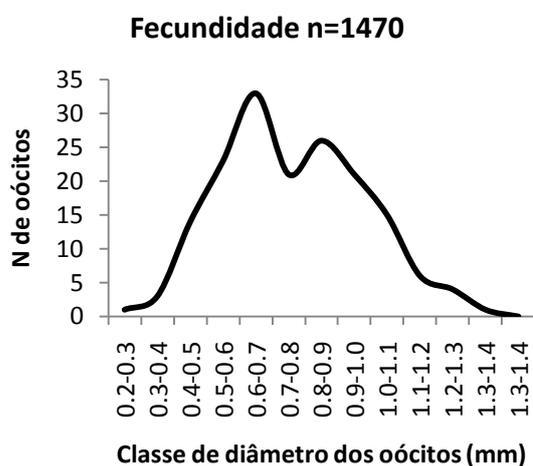
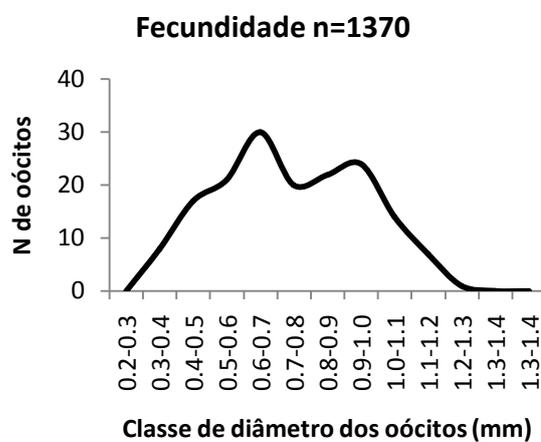
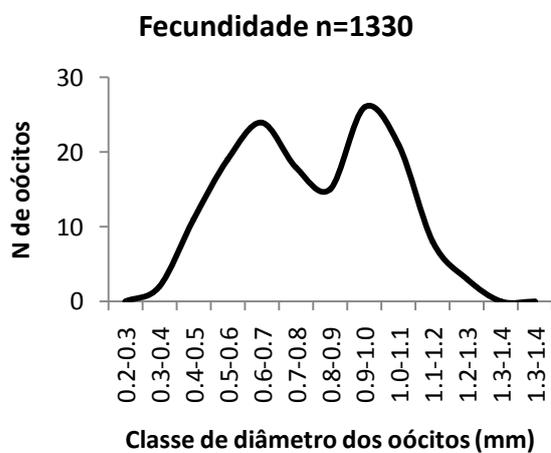


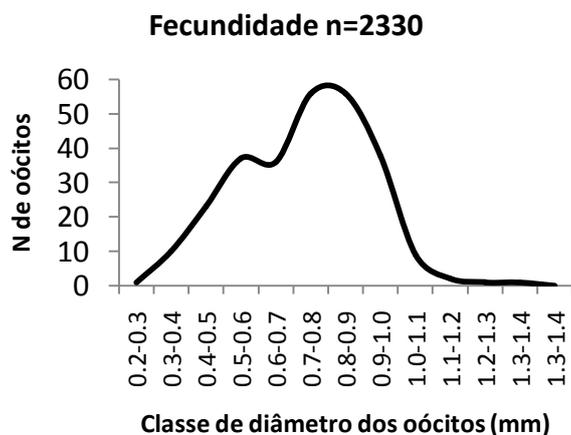
Anexo 4: Estádio imaturo - A: Testículo organizado em lóbulos (L) irregulares, Aumento 100X. B: Detalhe dos lóbulos com espermatogônias (sg) e células indiferenciadas (i), Aumento 400X. Estádio Em desenvolvimento – C: Lóbulos testiculares (L) com células da linhagem espermatogênica, Aumento 40X. D: Detalhe do lóbulo com predomínio de espermatócitos (sc), Aumento 100X. Estádio Pronto para desovar – E: Gônada limitada por cápsula (seta), região periférica (p) ocupada por lóbulos testiculares e região central (c) ocupada por ducto espermático, Aumento 40X. F: Detalhe do lóbulo com presença de espermatozóides (szt) envolvidos por tecido de preenchimento, Aumento 400X. Estádio espermiado – G: Gônada com predomínio de lóbulos testiculares vazios (v), Aumento 40X. H: Notar alguns espermatócitos (st) inseridos em rede fibrilar (f) ricamente vascularizada (*), Aumento 1000X. Estádio Regenerando – I: Lóbulos testiculares com células da linhagem espermatogênica, Aumento 100X. J: Presença de espermatócitos (sc) e espermatogônias (sg), Aumento 1000X.



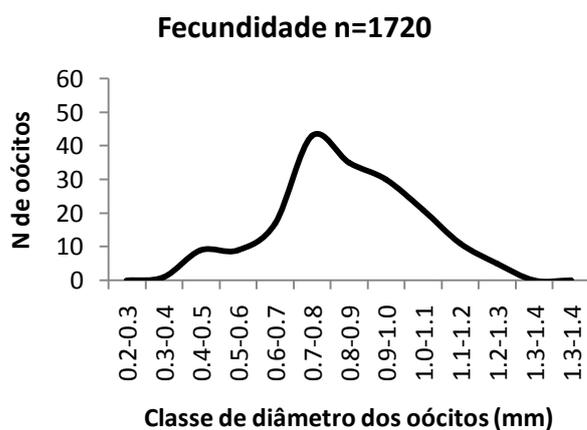
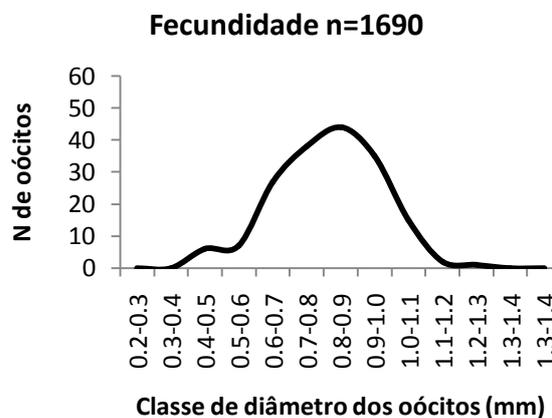
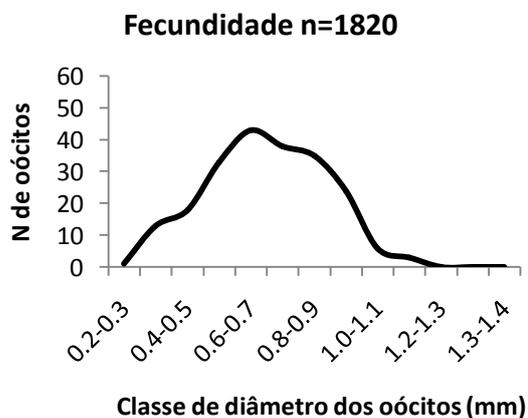
Anexo 5: Distribuição do número de ovócitos em cada classe de diâmetro dos ovócitos *S. aequifasciatus* capturados no lago Amanã e igarapés tributários.

a) dois grupos modais pronunciadamente definidos





b) um grupo modal pronunciadamente definido



c) três grupos modais pronunciadamente definidos

