

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Letiely Francine Rodrigues dos Santos

**ESTRATÉGIA ALIMENTAR E SUPLEMENTAÇÃO COM PÓ DE
FOLHA DE *Lippia alba* PARA JUNDIÁS**

Santa Maria, RS
2017

Letiely Francine Rodrigues dos Santos

**ESTRATÉGIA ALIMENTAR E SUPLEMENTAÇÃO COM PÓ DE FOLHA DE *Lippia*
alba PARA JUNDIÁS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal – Nutrição de Peixes, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia**.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Lazzari

Santa Maria, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Rodrigues dos Santos, Letiely Francine
ESTRATÉGIA ALIMENTAR E SUPLEMENTAÇÃO COM PÓ DE FOLHA DE
Lippia alba PARA JUNDIÁS / Letiely Francine Rodrigues
dos Santos.- 2017.
60 f.; 30 cm

Orientador: Rafael Lazzari
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, RS, 2017

1. Dieta 2. Estresse Oxidativo 3. Metabolismo 4.
Nutrição 5. Parâmetros Zootecnicos I. Lazzari, Rafael II.
Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Letiely Francine Rodrigues dos Santos. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.


E-mail: letielydossantos@gmail.com

Letiely Francine Rodrigues dos Santos

ESTRATÉGIA ALIMENTAR E SUPLEMENTAÇÃO COM PÓ DE FOLHA DE *Lippia alba* PARA JUNDIÁS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal – Nutrição de Peixes, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia**.

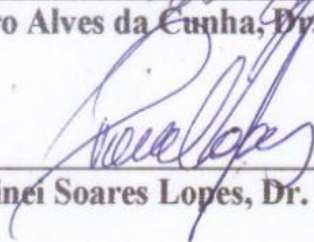
Aprovado em 09 de Março de 2017:



Rafael Lazzari, Dr. (UFSM)
(Presidente Orientador)



Mauro Alves da Cunha, Dr. (UFSM)



Paulo Rodinei Soares Lopes, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, RS
2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus primeiramente, aos meus pais e demais familiares.

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho ocorreu principalmente pelo auxílio, compreensão e dedicação de várias pessoas. Quero, portanto, agradecer a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão do mesmo.

Em especial, agradecer primeiramente a Deus por estar em todos os momentos comigo quando eu estive tão longe da minha família por ter me dado à vida e força para vencer todos os obstáculos que encontrei pelo caminho durante esta caminhada, aos meus pais Jorge Luiz dos Santos e Luciana C.R dos Santos, por estar onde estou e ser quem sou hoje e por sempre mesmo com a distância estarem presentes na minha vida, e por sempre me incentivarem a lutar por meus objetivos.

Agradecer também, a todos os meus familiares e ao meu noivo que sempre me incentivaram e torceram por mim.

Ao meu orientador, professor Rafael Lazzari, pelos ensinamentos e dedicação.

Aos demais professores e funcionários envolvidos neste trabalho.

Aos colegas e estagiários do laboratório de Piscicultura de Palmeira das Missões-RS.

Enfim, a todos vocês, citados ou não, que dedicaram tempo, ou simplesmente desejaram que ocorresse tudo certo e da melhor forma possível na realização deste estudo, meu **MUITO OBRIGADO**.

*"O Senhor é o meu pastor e nada me faltará."
(Salmos23.1)*

RESUMO

ESTRATÉGIA ALIMENTAR E SUPLEMENTAÇÃO COM PÓ DE FOLHA DE *Lippia alba* PARA JUNDIÁS

AUTOR: Letiely Francine Rodrigues dos Santos

ORIENTADOR: Rafael Lazzari

A otimização do manejo nutricional é um aspecto fundamental na produção de peixes, que consiste também na avaliação de aspectos metabólicos e de saúde dos animais. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso do pó da folha de *Lippia alba* em jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares. Para isso, foi realizado um experimento com 63 dias de duração, onde foram utilizados 360 jundiás (peso médio inicial=6,25±3,18g), distribuídos em 18 tanques em delineamento experimental inteiramente casualizado, com arranjo fatorial (3 x 2). Foram testadas 3 estratégias alimentares (7 dias de alimentação, 6 dias de alimentação/1 dia de restrição e 5 dias de alimentação/2 dias de restrição), sem a inclusão de pó de folha de *L. alba* e com a inclusão de 0,5%. Os peixes foram alimentados com 3% da biomassa total, em duas alimentações diárias (9 e 17 horas). Ao final do experimento, foram aferidos parâmetros zootécnicos e realizada a coleta de material biológico para avaliação dos parâmetros hematológicos, metabólicos e oxidativos. Foi observado que nas diferentes estratégias alimentares o tratamento com 1 dia de restrição não diferiu significativamente do tratamento controle (alimentação diária). Também ocorreu diminuição da gordura e aumento de proteína corporal dos peixes. Houve diminuição no crescimento e piora nos parâmetros hematológicos dos peixes alimentados com 0,5% de pó de folha de *L. alba*. Nos animais submetidos a restrição alimentar, ocorreram alterações metabólicas não desejáveis, como aumento de transaminase glutâmico oxalacética (TGO) no plasma, indicando dano hepático. A privação alimentar e a presença de *L. alba* nas dietas resultou em diminuição da peroxidação lipídica nas brânquias, aumento no fígado, onde, também houve redução dos tióis não protéicos. A estratégia alimentar com restrição de 1 dia pode ser utilizada para juvenis de jundiá. A adição do pó da folha de *L. alba* para o nível testado neste estudo em juvenis de jundiá não é recomendada.

Palavras-chave: Dieta. Estresse oxidativo. Metabolismo. Nutrição. Parâmetros zootécnicos. *Rhamdia quelen*.

ABSTRACT

FOOD STRATEGY AND SUPPLEMENTATION WITH LEAF POWDER FROM *Lippia alba* FOR *Silver catfish*

AUTHOR: Letiely Francine Rodrigues dos Santos

ADVISOR: Rafael Lazzari

The optimization of nutritional management is a fundamental aspect in fish production, which also consists in the evaluation of metabolic and health aspects of the animals. The objective of this study was to evaluate the use of *Lippia alba* leaf powder in *silver catfish* submitted to different feeding strategies. For this, we conducted an experiment lasting 63 days, in which 360 *silver catfish* (initial average weight = $6,25 \pm 3,18$ g) were distributed in 18 tanks in a completely randomized experimental design with factorial arrangement (3 x 2). Three feeding strategies (7 days of feeding, 6 days of feeding / 1 day of fasting and 5 days of feeding / 2 days of fasting) were tested, without the inclusion of *L. alba* leaf powder and with the inclusion of 0,5% . Fish were fed 3% total biomass twice daily (9 and 17 hours). At the end of the experiment, zootechnical parameters were measured and biological material was collected to evaluate hematological, metabolic and oxidative parameters. It was observed that in the different dietary strategies the treatment with 1 day of restriction did not differ significantly from the control treatment (daily feed). There was also a decrease in fat and increase in fish body protein. There was a decrease in growth and impairing in hematological parameters of fish fed with 0.5% of *L. alba* leaf powder. In animals subjected to dietary restriction, undesirable metabolic alterations occurred, such as increase of glutamic oxalacetic transaminase (OGT) in the plasma, indicating liver damage. Dietary deprivation and the presence of *L. alba* in the diets resulted in a decrease in lipid peroxidation in the gills, an increase in the liver, where non-protein thiols were also reduced. The 1 day fasting strategy can be used for *silver catfish* juveniles. The addition of *L. alba* leaf powder to the level tested in this study in *silver catfish* juveniles is not recommended.

Keywords: Diet. Oxidative stress. Metabolism. *Silver catfish*. Nutrition. Zootechnical parameters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

APRESENTAÇÃO

- Figura 1 - Imagem do tanque/unidade experimental com peixes da espécie *Rhandia quelen* nas instalações do laboratório da UFSM (Campus de Palmeira das Missões.....14
- Figura 2 - Imagem de exemplar da planta de *Lippia alba* utilizada no experimento e da folha.....22
- Figura 3 - Representação esquemática de danos celulares causados por espécies reativas de oxigênio na presença ou não de xenobióticos. Adaptado de Nordberger e Arnér, 2001 Imagem do exemplar da planta de *Lippia alba* utilizada o experimento25

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais.....	31
Tabela 2 - Parâmetros de crescimento de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementação com pó de folha de <i>L. alba</i>	35
Tabela 3 - Índices de rendimento de carcaça, hepato-somático, digestivo somáticos e quociente intestinal de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de <i>L. alba</i>	35
Tabela 4 - Composição corporal de peixe inteiro de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de <i>L. alba</i>	36
Tabela 5 - Composição corporal de filés de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de <i>L. alba</i>	37
Tabela 6 - Parâmetros hematológicos de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de <i>L. alba</i>	37
Tabela 7 - Parâmetros metabólicos e bioquímicos de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de <i>L. alba</i>	38
Tabela 8 - Parâmetros oxidativos de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de <i>L. alba</i>	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	122
2 OBJETIVOS	144
2.1 Objetivo Geral	144
2.2 Objetivos Específicos	144
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	155
3.1 Jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)	155
3.2 Restrição Alimentar	16
3.3 Metabolismo dos peixes em situação de privação alimentar	18
3.4 <i>Lippia alba</i>	22
3.5 Estresse oxidativo	25
4 CAPÍTULO I – Manuscrito será submetido	288
RESUMO	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	30
RESULTADOS	35
DISCUSSÃO	39
REFERÊNCIAS	45
5 REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO GERAL

A expansão da aquicultura está relacionada com a crescente demanda de pescado pela população mundial e o decréscimo significativo dos estoques nos ambientes naturais (FAO, 2014). No Brasil, com o crescimento da economia e as mudanças nos padrões de consumo, buscando uma dieta saudável, há grande expectativa para o aumento do consumo de pescado pela população (FAO, 2014).

Estratégias básicas como mudanças no manejo alimentar podem ser aplicadas na atividade com o intuito de incrementar a produtividade, qualidade do pescado e minimizar impactos ambientais. A adoção de um manejo alimentar satisfatório que venha suprir as exigências nutricionais nas diferentes fases de desenvolvimento dos peixes permite melhorar o crescimento, sobrevivência e conversão alimentar, contribuindo para reduzir o desperdício de ração e excreção de resíduos (KINDSCHI, 1998).

A mudança na forma do fornecimento de ração é uma das estratégias que podem ser utilizadas para melhorar o manejo, sendo aplicável ao setor produtivo devido a grande carência e alto custo de mão de obra. Isto afeta também as pequenas propriedades rurais, cuja estrutura familiar está baseada em uma população cada vez mais caracterizada pela ausência de trabalhadores jovens (WANG et al., 2000; MACLEAN e METCALFE, 2001).

Devido à grande extensão e diversidade climática encontrada no país, várias espécies de peixe têm sido estudadas para aproveitamento em aquicultura. Dentre as espécies nativas, destaca-se o jundiá (*Rhamdia quelen*), que é uma espécie nativa de elevado potencial, levando em consideração sua aceitação comercial, características desejáveis para produção e ótimo crescimento (RODRIGUES et al., 2012). Esta espécie possui hábito alimentar onívoro e na natureza alimenta-se com uma grande variedade de alimentos, de acordo com a disponibilidade dos mesmos (BALDISSEROTTO e RADÜNZ NETO, 2004), aceitando bem rações formuladas com os mais diversos ingredientes.

Nos procedimentos em piscicultura, os peixes são facilmente estressados nas diferentes etapas de criação. Atividades rotineiras de manejo e sua intensidade ou duração provocam respostas ao estresse que podem resultar em consequências indesejáveis, como a redução das taxas de crescimento, perda de peso, doenças e até mortalidade (BARCELLOS et al., 2000; IWAMA et al., 2004). Assim, o uso de plantas medicinais se faz importante para prevenir injúrias físicas e promover a redução do estresse, resultando no bem-estar para os peixes (ANSCHAU et al., 2014).

A *Lippia alba* é um subarbusto nativo de quase todas as regiões do Brasil e possui uma ampla variedade de usos tradicionais e atividades farmacológicas em humanos, entre outras atividades destaca-se o uso como: analgésico, anti-inflamatório, antipirético, sedativo, antiespasmódico, antimicrobiano, antiviral, tratamento de diarreia e disenteria, doenças cutâneas e doenças respiratórias (PASCUAL et al., 2001). Além destes, o óleo essencial (OE) de *L. alba* possui alta atividade antioxidante *in vitro*, e sob as mesmas condições, este óleo essencial e a vitamina E exibiram efeitos antioxidantes similares (STASHENKO et al., 2004).

Os OE da *L. alba* quando adicionados na dieta de *Rhamdia quelen*, apresentam boa capacidade antioxidante para esses animais, que pode ocorrer pela ação do linalol que possui ação analgésica, bem como os mecanismos de ação do monoterpeno no organismo (SACCOL et al., 2013). A utilização dos OEs também são efetivos na indução da sedação e anestesia para *Rhamdia quelen* (CUNHA et al., 2010) e *Hippocampus reidi* (CUNHA et al., 2011), resultando em benefícios quando utilizado no transporte de peixes (BECKER et al., 2016; AZAMBUJA et al., 2011). Ainda, pode ser útil para retardar a peroxidação lipídica durante o armazenamento dos filés de *Rhamdia quelen* (VEECK et al., 2013) e *Cyprinus carpio* (VEECK et al., 2015).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi verificar as alterações no crescimento, parâmetros hematológicos, metabólicos e oxidativos de juvenis de jundiá submetidos a diferentes estratégias alimentares e inclusão de pó da folha de *L. alba* na dieta.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Geral

Avaliar diferentes estratégias alimentares e o uso do pó da folha de *L.alba* no metabolismo e crescimento do jundiá (*Rhamdia quelen*).

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar o desempenho zootécnico de jundiás alimentados com dietas contendo pó de folha de *L. alba*, submetidos a diferentes estratégias alimentares;
- Estudar alterações hematológicas e metabólicas de jundiás submetidos à alimentação com dietas contendo pó de folha de *L. Alba*, submetidos a diferentes estratégias alimentares;
- Analisar as alterações no balanço de óxido-redução ocasionadas pela alimentação dos jundiás com dietas suplementadas com pó de folha de *L. alba*;
- Observar possíveis respostas compensatórias de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares, bem como alterações na composição corporal dos peixes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Jundiá (*Rhamdia quelen*)

Inúmeras são as vantagens de cultivo de espécies de peixes nativos quando comparadas às exóticas, pois, estas se encontram adaptadas ao clima, alimentando-se em temperaturas mais baixas e é bem aceita nos mercados consumidores (ZANIBONI FILHO, 2000). O aumento na procura por estas espécies tem impulsionado as pesquisas em relação à produção de alevinos, visando o repovoamento das mesmas. O direcionamento destas pesquisas vem contribuindo com informações sobre aspectos da reprodução, larvicultura e alimentação nos cultivos embasada em espécies de interesse à piscicultura (ALVARADO, 2003).

No Brasil, nos últimos anos ocorreu um aumento na demanda pela criação de peixes em cativeiro. Dentre as espécies nativas merece destaque na Região Sul do país, o *Rhamdia quelen*, com designação comum de jundiá (jundiá-tinga, jandiá, mandi, sapioca, bagre sul-americano, entre outros), que pertence à ordem Siluriformes, família Heptapteridae (BOCKMANN e GUAZZELLI, 2003) e gênero *Rhamdia*, formado por 11 espécies, incluindo a espécie objeto de estudo (Figura 1), que se distribui do México à Argentina (SILFVERGRIP, 1996).



Figura 1 - Imagem do tanque/unidade experimental com peixes da espécie *Rhamdia quelen* nas instalações experimentais do laboratório de piscicultura da UFSM (Campus de Palmeira das Missões).

Os aspectos que diferenciam o *Rhamdia quelen* das outras espécies de *Rhamdia* são as seguintes características: espinho da nadadeira peitoral serilhado em ambos os lados; Em uma revisão sistemática do gênero *R. quelen*, observaram aspectos morfológicos destes animais sendo estes peixes de couro, que possuem o corpo alongado, crânio achatado, boca grande

sem a presença de dentes com três pares de barbilhões sensitivos, com comprimento que vai desde a inserção das nadadeiras peitorais até a nadadeira caudal. A cor destes animais varia de marrom avermelhado claro para cinza escuro e são encontrados nos mais diferentes ambientes naturais (lagunas, poços e fundos de rios) ou águas calmas Stingelin et al. (1998).

O jundiá (*Rhamdia quelen*), espécie rústica, possui hábito alimentar onívoro e aceita rações comerciais desde a fase larval (CARNEIRO, 2004). Estes fatores indicam que a espécie é de grande interesse para a piscicultura e, segundo Fracalossi *et al.* (2002), vem sendo cultivada no sul do Brasil, apresentando desenvolvimento satisfatório durante o inverno.

Estudos mostraram que, ao contrário das espécies tropicais, em viveiros de terra, o jundiá tolera bem o frio, apresentando crescimento satisfatório mesmo durante os meses de inverno (BALSISSEOTTO e RADÜNZ NETO, 2004). Apesar de a espécie ser onívora, os juvenis de jundiá tem grande capacidade de digerir alimentos protéicos e, relativa dificuldade de digerir alimentos energéticos, sugerindo, que esta espécie é onívora com tendência à carnívora (OLIVEIRA FILHO e FRACALLOSSI 2006).

3.2 Restrição Alimentar

Desde a década de 70, estudos sobre a restrição alimentar em peixes são conduzidos, pois os peixes manifestam várias alterações fisiológicas, resultando em implicações para a aquicultura. Estas respostas podem, nos sistemas de produção, resultar na diminuição da quantidade de ração fornecida, custos com mão de obra, redução da emissão de efluentes durante o período de restrição e melhora na conversão alimentar quando o fornecimento de ração é normalizado. Entretanto, há necessidade de se conhecer as implicações da restrição alimentar em peixes nativos, como o jundiá. Isto inclui também impactos sobre o grau de susceptibilidade a doenças desses animais, após manejos de rotina nos sistemas criatórios (ALI et al. 2003).

Para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), uma restrição longa de 60 dias não causou mortalidade nem efeitos deletérios aos peixes após um mês de realimentação (SOUZA et al., 2000). O metabolismo energético e o desempenho produtivo de juvenis da mesma espécie, submetidos à restrição e realimentação com dietas contendo diferentes níveis de carboidrato e proteína, também mostrou o crescimento compensatório dos animais, entretanto, estratégias de alimentação com ciclos curtos de restrição (três dias) e realimentação, não são

eficientes em induzir o ganho de peso compensatório de juvenis de pacu segundo Takahashi et al.(2010).

Em sistemas aquáticos naturais, devido principalmente à alta variação de disponibilidade de alimento, peixes experimentam diferentes graus de jejum durante as fases de vida, causando alterações nas taxas de crescimento (CHAPPAZ et al., 1996). Existem relatos que muitas espécies de peixes de clima temperado alimentam-se vorazmente durante o começo da primavera, de forma a compensar o atraso no crescimento ocorrido durante um período de inverno de pouca disponibilidade de alimento (GODDARD, 1996).

As flutuações temporais e espaciais de alimento no ambiente aquático, ou a migração para desova, submetem os peixes a períodos naturais de privação alimentar, o que demonstrou que a restrição envolve complexas alterações fisiológicas e metabólicas para promover o ajuste biológico do animal. Por exemplo, a diminuição na taxa de gordura e aumento na taxa de proteína da carcaça, o ganho compensatório após a realimentação, entre outras. Suas consequências finais são altamente dependentes da espécie considerada, da idade do peixe e das condições experimentais como temperatura da água, fotoperíodo, dieta pré-jejum e duração do período de jejum (KIEFFER, 1998). O aumento da taxa de crescimento logo após o período de estresse nutricional é resultado de algumas estratégias adotadas pelo organismo: consumo maior de alimento durante o período pós-estresse (hiperfagia), aumento da eficiência alimentar (melhor digestão e absorção de nutrientes), redução dos custos metabólicos e diminuição da locomoção (ALI et al., 2003).

O sucesso na compensação de crescimento muitas vezes se deve à duração da hiperfagia durante a realimentação e a habilidade de manter um grande período de hiperfagia está provavelmente relacionada à hipertrofia do trato digestório, levando a uma maior capacidade de digestão (NIKKI et al., 2004). Portanto, os peixes necessitam ajustar rapidamente seu estado fisiológico, como também a quantidade de enzimas digestivas, que durante a privação fica bastante reduzida, para adaptar-se a sua nova condição nutricional, e quando ocorrer o aumento da ingestão alimentar e estiver acompanhado de uma eficiente digestão e absorção dos nutrientes, haverá melhora na conversão alimentar e no crescimento dos animais (EROLDOGAN et al., 2006).

A importância do ganho de peso compensatório depende de alguns fatores, destacando-se a natureza, severidade e duração da restrição alimentar, o estágio de desenvolvimento em que se inicia a subnutrição, a idade de maturidade sexual e o modelo de realimentação (ALI et al., 2003). Peixes em estado de desenvolvimento mais avançado podem ser submetidos a uma privação alimentar mais severa do que peixes mais jovens, para

demonstrar compensação de crescimento. Uma vez que a massa corporal dos peixes restritos cai abaixo de 60% do peso dos peixes alimentados, fica praticamente impossível ocorrer compensação total de crescimento (TAKAHASHI et al., 2010).

Ainda com o pacu, avaliando o crescimento e o custo da alimentação de animais submetidos a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação, observaram melhor desempenho no crescimento e menor custo com ração quando os peixes foram submetidos a seis semanas de restrição de alimento, foram realimentados por sete semanas, durante o outono e inverno (SOUZA et al., 2003).

Em estudo de privação alimentar em tambaquis (*Colossoma macropomun*), Itauassu (2004) concluiu que essa espécie apresenta crescimento compensatório quando submetida a períodos de privação alimentar de 14 dias. Já no crescimento compensatório de juvenis de robalo-peva (*Centropomus parallelus*) cuja capacidade de compensação total de crescimento quando submetido, a no máximo, duas semanas de privação alimentar, foi eficaz para o um ótimo desempenho destes animais (RIBEIRO e TSUZUKI, 2010).

A utilização de instalações semelhantes ao de cultivo proporciona certa similaridade com a realidade dos produtores, e conseqüentemente, os resultados podem ser altamente aplicados, portanto, alguns estudos têm avaliado ciclos repetidos de restrição alimentar e realimentação em relação ao crescimento compensatório (HAYWARD; WANG, 2001).

3.3 Metabolismo dos peixes em situações de privação alimentar

Em regiões de clima temperado, o metabolismo dos peixes, a ingestão do alimento e as respostas imunológicas diminuem em decorrência da queda intensa de temperatura nas épocas mais frias do ano, podendo reduzir a eficiência de produção de algumas espécies. Neste caso, regimes alimentares diferenciados no inverno podem ser utilizados, como o uso da restrição ou privação alimentar, de forma que o ganho compensatório seja otimizado na próxima estação (SEALEY et al., 1998).

Mesmo em regiões tropicais e subtropicais, quando cultivos intensivos ou semi-intensivos são empregados usando viveiros ou tanques-rede, podem ocorrer variações bruscas de clima causando alterações no metabolismo dos peixes e redução da ingestão de alimento, fato que pode aumentar o desperdício de ração e diminuir a qualidade da água da criação (SEALEY et al., 1998). Se o produtor é impossibilitado de alimentar os peixes por um curto período de tempo, devido a doenças ou condições adversas dos viveiros, ou mesmo em cultivo em tanques-rede, onde muitas vezes as estruturas podem ser de difícil acesso, um

período de privação alimentar poderia ser utilizado já que ocorre uma certa privação mesmo quando não explorado este tipo de manejo, uma vez que para muitas espécies pode haver uma compensação do período de atraso de crescimento quando alimentados à saciedade após o término da privação (SEALEY et al., 1998).

Em relação à severidade da privação alimentar, podem ser empregados modelos que utilizam períodos de total privação alimentar, em que os peixes permanecem em jejum, ou períodos de restrição alimentar, sendo fornecida uma quantidade de alimento menor que a alimentação ideal. Ou ainda, podem ser utilizados períodos simples de privação alimentar (restrição seguida de realimentação) ou períodos compostos (ciclos de privação e realimentação) de privação alimentar, seguidos da realimentação até a saciedade (WANG et al., 2005).

Durante a restrição, é observado um decréscimo da taxa de crescimento do animal, que resulta em alterações fisiológicas e morfológicas, como a redução do tamanho do trato gastrointestinal e fígado. Em um estudo, com *Rhandia quelen* os animais foram submetidos a diferentes densidades e privação de alimentos durante 14 dias, divididas em quatro condições experimentais: (1) alimentados com alta densidade de estocagem (32 kg / m³, HSD); (2) alimentados com densidade de carga média (16 kg / m³, MSD); (3) alimentado com baixa densidade (8 kg / m³, LSD); e (4) privados de alimentos com baixa densidade de estocagem (8 kg / m³, LSD-FD), a privação de alimentos promoveu alterações metabólicas nos animais, como também já foi observado em outras espécies de peixes (COSTAS et al., 2011; LAIZ-CARRIÓN et al., 2012; CHARLENE MENEZES et AL., 2015).

A redução do tamanho dos órgãos é consequência do decréscimo da quantidade de energia e proteína e da redução da síntese proteica. O resultado é a hipotrofia das células causando uma redução de toda a massa do órgão (SAINZ e BENTLEY, 1997). Em animais com a alimentação restrita, a exigência da energia de manutenção pode regular a taxa metabólica basal, que, por sua vez, induzirá um decréscimo na exigência de manutenção corporal e estudos têm demonstrado que a privação alimentar pode resultar na diminuição dos estoques corporais de nutrientes para a manutenção do peixe (SOUZA et al., 2000).

A fonte energética utilizada pelos peixes durante a restrição alimentar pode variar entre as espécies, pois algumas se utilizam principalmente do glicogênio, outras de lipídios e de proteínas (SHERIDAN E MOMMSEN, 1991). Após a ingestão de alimentos, os carboidratos e lipídios são armazenados no fígado, músculo e tecido adiposo, sendo uma grande fonte de reserva energética para peixes como *Cyprinus carpio* (BLASCO et al., 1992), *Piaractus mesopotamicus* (SOUZA et al., 2000) e *Ictalurus punctatus* (WEBSTER et al.,

1994), em situações de jejum, a quantidade de lipídios, tanto no fígado, quanto em outros tecidos diminui, indicando que este metabólito contribui substancialmente para o fornecimento de energia durante o jejum. Já as proteínas são quebradas em aminoácidos utilizados para a síntese de novas proteínas e crescimento, embora elas possam ser usadas como fonte energética como visto em *Carassius auratus* (STIMPSON, 1965) e *Anguilla rostrata* (LARSSON e LEWANDER, 1973).

Os peixes utilizam o alimento, primeiramente para suprir as necessidades energéticas de manutenção dos processos vitais e para repor o catabolismo do tecido e, somente depois, para o crescimento, mesmo nessas situações, em que o metabolismo energético se altera, desde que restabelecidas algumas condições, como o retorno da disponibilidade ou frequência de alimentos, algumas espécies de peixes apresentam um rápido crescimento compensatório (JOBLING et al., 1993).

A homeostase dos carboidratos em vertebrados superiores é realizada através da ação de alguns hormônios, incluindo os peptídeos pancreáticos, insulina e glucagon. Em mamíferos bem alimentados, os níveis de glicose e insulina no sangue são altos. A glicose é então estocada como glicogênio no fígado e músculo. Quando os estoques de glicogênio estão repletos, o restante da glicose é transformado, através da glicólise, em lactato e ácidos graxos (BAANANTE et al., 1991). Mamíferos submetidos a curtos períodos de jejum (poucos dias) apresentam níveis de glucagon elevados, enquanto os de insulina permanecem inalterados ou diminuem. Assim, o aumento na proporção de glucagon/insulina e o consequente aumento da produção de glicose hepática e glicemia, pela ativação da glicogenólise e gliconeogênese, ocorrem, principalmente, pela elevação nos níveis de glucagon (MOON et al., 1989).

A visão geral estabelecida para o metabolismo dos peixes é que a glicose é necessária para manter a produção basal de insulina, mas a sua função no metabolismo de carboidrato é mais direcionada para oxidação de glicose do que para ser estocada como glicogênio (CHRISTIANSEN e KLUNGSOYR, 1988). Em peixes bem alimentados, a insulina também estimula processos metabólicos, aumentando a glicólise e diminuindo a glicogenólise no fígado (OTTOLENGHI et al., 1985). O glucagon aumenta a glicogenólise e a gliconeogênese nos hepatócitos de teleósteos (MOMMSEN e SUAREZ, 1984).

Um jejum prolongado resulta em uma leve queda nos níveis de glucagon e promove diminuição ou relativa estabilidade nos níveis de insulina, essas variações nos hormônios alteram significativamente o fluxo metabólico, especialmente no fígado e também o fornecimento de outros metabólitos para o mesmo, promovendo em todo o corpo a homeostase de carboidrato (RUDERMAN, 1975).

A glicose é um importante combustível metabólico nos vertebrados e vários mecanismos atuam para assegurar um constante suprimento para os tecidos glicose-dependentes, tais como células vermelhas do sangue, testículos, porção medular do rim, sistema nervoso, entre outros. Ela pode originar-se do intestino durante a digestão e absorção de carboidratos ingeridos além de ser produzida pelo fígado e rins por glicogenólise, ou através da gliconeogênese a partir de lactato, aminoácidos e glicerol. Entretanto, nos animais que estão se alimentando normalmente a gliconeogênese é poupada, sendo ativada apenas durante o jejum, especialmente quando há diminuição nos estoques de glicogênio no fígado (SUAREZ e MOMMSEN, 1987).

Durante a privação alimentar, os principais combustíveis utilizados são as reservas de lipídio, mas o jejum prolongado pode aumentar a proteólise no músculo e fígado (VIJAYAN et al., 1993). Os lipídios exercem várias funções nos vertebrados, dentre elas, a de ser fonte energética e componente principal das membranas celulares. Nos peixes, os principais sítios de estoque de lipídio são o fígado, tecido adiposo e músculo esquelético. Mas o principal órgão utilizado varia muito entre os teleósteos (MCCLELLAND et al., 1995). As diferenças nos sítios de estoque de lipídio podem ser atribuídas ao estilo de vida, ou seja, peixes sedentários tendem a estocar lipídio no fígado e/ou tecido adiposo, enquanto os mais ativos utilizam o músculo (SHERIDAN, 1991).

Os estudos biológicos dos lipídios como combustível energético no metabolismo dos peixes têm revelado sua importância durante períodos de estresse, especialmente no jejum. As respostas metabólicas obtidas diante desta situação mostraram que, para algumas espécies de peixe, tais como *Clarias lazera* (YANNI, 1962), *Salmo gairdneri* (JEZIERSKA et al., 1982), *Gadus morhua* (BLACK e LOVE, 1986), *Rhamdia hilarii* (MACHADO et al., 1988), *Salmo trutta fario* (NAVARRO et al., 1992), *Cyprinus carpio* (BLASCO et al., 1992), *Piaractus mesopotamicus* (SOUZA, 1994) e *Ictalurus punctatus* (WEBSTER et al., 1994), a quantidade de lipídio, tanto no fígado quanto em outros tecidos diminui, revelando que este metabólito tem contribuição substancial para o fornecimento de energia durante o jejum. Entretanto, para outras espécies, como *Carassius auratus* (STIMPSON, 1965) e *Anguilla rostrata* (LARSSON e LEWANDER, 1973), a proteína muscular é a principal fonte energética.

Como o transporte dos lipídios dos depósitos de gordura para os sítios de utilização é realizado pelos ácidos graxos livres plasmáticos, mobilizados em consequência da quebra de triglicerídeos, estes parecem ser a fração metabolicamente mais ativa de lipídios no plasma. A mobilização de ácidos graxos durante o jejum é muito importante para o controle do nível glicêmico. O aumento dos ácidos graxos livres plasmáticos inibe a utilização de glicose pelo

tecido periférico e a liberação de glicose pelo fígado. Por outro lado, o aumento da captação de ácidos graxos livres plasmáticos pelo fígado favorece mais o metabolismo de gordura do que o de carboidratos (PLISETSKAYA, 1980).

Em peixes submetidos a longos períodos de jejum, demonstraram que os níveis de ácidos graxos livres plasmáticos aumentaram (SOUZA, 1994). Resultados diferentes foram encontrados, onde não ocorreram alterações nos níveis deste metabólito em *Esox lucius* e *Oncorhynchus mykiss*, respectivamente (INCE e THORPE, 1976; FARBRIDGE et al., 1992).

O metabolismo de proteína ocorre em muitos órgãos, mas os mais importantes são o fígado e os músculos. Contudo, muitas vias catabólicas de aminoácidos estão localizadas no fígado, o que o torna o maior sítio catabólico do corpo. Da mesma forma, o controle dos níveis de proteína plasmática também ocorre no fígado e estes podem definir padrões característicos de funcionamento deste órgão em peixes (HEPHER, 1988).

Estudos realizados com *Gadus morhua* (KAMRA, 1966), *Salmo trutta* (LOVE, 1980) e *Cyprinus carpio* (BLASCO et al., 1992) revelaram que os níveis de proteína total plasmática diminuem durante o jejum. Entretanto, foram encontrados resultados contrastantes onde os valores obtidos para este parâmetro permaneceram inalterados durante o jejum (SOUZA, 1994). Assim, definir a estratégia metabólica utilizada por uma determinada espécie de peixe durante o jejum não é fácil, porém o combustível e o mecanismo de equilíbrio metabólico em um tecido podem ser estimados medindo o nível de atividade enzimática (MOON 1983).

3.4 *Lippia alba*

A erva-cidreira [*Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown] é uma das plantas de real importância farmacológica, com utilização nos programas de fitoterapia. A espécie é largamente utilizada no Brasil devido às propriedades calmante, antiespasmódica suave, analgésica, sedativa, ansiolítica e levemente expectorante (MATTOS et al., 2007).

Esta planta pesquisada atualmente na piscicultura e largamente utilizada na medicina popular como analgésica, febrífuga, anti-inflamatória, antigripal e nas afecções hepáticas (AGUIAR et al., 2008). Isso se deve provavelmente pelos seus constituintes ativos, que são os seguintes: compostos fenólicos (flavonóides e feniletanóides), iridóides, taninos, saponinas triterpênicas, resinas, mucilagens e óleo essencial (SLOWING BARILLAS, 1992).

O Brasil contém cerca de 23% das espécies vegetais existentes em todo o planeta, sendo considerado o país que apresenta a biodiversidade mais rica do mundo. Muitas dessas

plantas produzem uma grande variedade de metabólitos com diversas propriedades e podem ser utilizados como promotores de crescimento na piscicultura (MAKKAR et al., 2007).

Estratégias profiláticas focadas na nutrição para otimizar o desempenho e melhorar a saúde e a eficiência nutricional dos animais têm sido estudadas pelos mais diversos motivos. Destaca-se dentre essas estratégias, o uso de produtos naturais na dieta, no qual esses atuam como promotores de crescimento melhorando o desempenho e a saúde do animal, devido à ação de controle dos patógenos pela atividade antimicrobiana, à atividade antioxidante, à melhora na digestão por meio do estímulo da atividade enzimática e da absorção de nitrogênio, além de outros efeitos (SANTOS et al., 2009).

L. alba é um arbusto aromático (Figura 2), cujo aroma está relacionado aos constituintes predominantes nos óleos essenciais, que podem variar qualitativamente e quantitativamente, em função de diversos fatores, como: estações do ano, época de floração, idade da planta, quantidade de água circulante, resultante da precipitação, fatores geográficos e climáticos (TAVARES et al., 2005). O óleo essencial é armazenado nas folhas, mais precisamente nos tricomas secretores e nos parênquimas paliádico e lacunoso (GOMES et al., 1993).



Figura 2 - Imagem de exemplar da planta de *Lippia alba* utilizada no experimento e da folha.

O nome popular “cidreira”, empregado no Brasil para designar espécies aromáticas de várias famílias botânicas, também é utilizada para *Lippia alba*. Os aromas estão relacionados aos constituintes químicos (terpenos) predominantes nos óleos essenciais (misturas complexas de substâncias voláteis lipofílicas) (CASTRO et al., 2004).

Além dos fatores ambientais que influenciam na produção e composição do óleo essencial, Yamamoto (2006) mostrou que dentro da espécie existe variabilidade genética em

relação à composição química do óleo essencial. A ocorrência de sete tipos químicos (quimiotipos) na espécie da erva-cidreira, cuja variabilidade foi identificada a partir da análise dos constituintes químicos majoritários do óleo essencial e rotas metabólicas (HENNEBELLE et al. 2008).

O potencial industrial dessa espécie está associado às grandes facilidades agronômicas que ela apresenta como a rusticidade, a rapidez de colonização pela propagação vegetativa, o vigor, a alogamia (fonte de variabilidade) e, também por vegetar e florescer o ano todo, além de apresentar ampla adaptação para vários ambientes (plasticidade fenotípica) (YAMAMOTO, 2006).

Um exemplo é o estudo realizado com juvenis de *Ictalurus punctatus*, onde ocorreu maior crescimento, melhora na capacidade antioxidante e maior resistência a doenças causadas por patógenos, quando estes peixes foram alimentados com o óleo essencial de orégano (*Origanum heracleoticum*) (ZHENG et al., 2009). Em *Oreochromis niloticus* alimentados com dietas contendo alho (*Allium sativum*) em pó, também ocorreu melhor desempenho em comparação ao tratamento controle (SHALABY et al., 2006).

A utilização do óleo essencial (OE) de *L. alba*, em dietas para juvenis de jundiás foi testada em 5 níveis (0-controle; 0,25; 0,5; 1 e 2 mL de OE/kg de dieta) durante 60 dias, onde o uso destes níveis não influenciaram os parâmetros de crescimento nem os sanguíneos, porém alteraram alguns parâmetros metabólicos e melhoraram a capacidade antioxidante dos animais (SACCOL et al., 2013). Em outro estudo parecido, porém com apenas 20 dias, foram testados os níveis de 0-controle; 0,25 e 0,5 mL de OE de *L. alba*/kg de ração, também em dietas para jundiás, onde o nível de 0,25 mostrou-se mais adequado do que o 0,5, pelo fato do último nível apresentar aumento da enzima alaminaaminotransferase (ALT) no fígado, indicando um possível dano hepático quando na utilização de doses mais elevadas do OE de *L. alba* nas dietas (SOUZA et al., 2015).

O OE de *L. alba* é recomendado para a realização do transporte de peixes, a utilização desse extrato nas concentrações entre 10 à 20 µL/L são os mais eficazes e recomendados, pois reduzem a amônia total e a perda de íons, entre outros fatores (BECKER et al., 2016). Utilizando 10 µL/L também atua como antioxidante nos breves períodos de hipoxia e hiperoxia que ocorrem durante o transporte, melhorando o bem-estar dos animais e a qualidade da carne para o consumo humano (AZAMBUJA et al., 2011). O OE de *L. alba* também é indicado como sedativo para peixes, nas concentrações de 5 à 20 mg/L para *R. quelen* (CUNHA et al., 2010) e de 10 à 20µL/L para *Hippocampus reidi* (CUNHA et al.,

2011) e como anestésico, nas concentrações de 100 à 500 mg/L para *R. quelen* (CUNHA et al., 2010) e de 50 à 450 µL/L para *H. reidi* (CUNHA et al., 2011).

Outros estudos envolvendo a *L. alba* na piscicultura são em relação a peroxidação lipídica, onde esta pode ser retardada durante o armazenamento de filés de jundiás (VEECK et al., 2013) e de carpa húngara (VEECK et al., 2015) quando na presença do OE da planta em questão e apesar da baixa atividade *in vitro* contra *Aeromonas sp.*, o OE de *L. alba* quando adicionado a água, em concentrações não muito altas (10 a 50µL/L), promove a sobrevivência em peixes infectados com esse gênero de bactéria (SUTILI et al., 2015).

Na literatura encontram-se vários estudos referentes ao uso da *L. alba* na piscicultura, inclusive com a espécie *R. quelen*. Porém, em todos foi utilizado o OE dessa planta, não tendo nenhum experimento que testasse a eficácia da folha de *L. alba* na forma bruta.

3.5 Estresse Oxidativo

Nas últimas décadas, foram realizadas inúmeras pesquisas para esclarecer o papel dos radicais livres em processos fisiopatológicos. A oxidação é parte fundamental da vida aeróbica e do metabolismo de organismos vivos, assim os radicais livres são produzidos naturalmente ou por alguma disfunção biológica. O excesso de radicais livres no organismo é combatido por antioxidantes produzidos pelo corpo ou absorvidos da dieta (BARREIROS et al., 2006).

Essas substâncias tóxicas são geradas durante o transporte de elétrons, reações enzimáticas, reações de auto-oxidação, ou ainda, pelo grupo heme de proteínas, e são comumente chamadas de espécies reativas de oxigênio (EROs), como o ânion superóxido (O_2^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o radical hidroxil (OH) (HALLIWEL; GUTTERIDGE, 2007). Podem reagir com macromoléculas biológicas e produzir a peroxidação lipídica (LPO), danos ao DNA e oxidação de proteínas, resultando no estresse oxidativo (BARATA et al., 2005; MONTEIRO et al., 2006) (Figura 3).

O estresse oxidativo é um processo fisiopatológico relacionado ao desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e sua detoxificação pelos sistemas antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos. Além disso, esse processo é considerado um importante mecanismo toxicológico para muito xenobióticos lipofílicos. Os sistemas biológicos oferecem condições favoráveis para ocorrência de reações de caráter oxidativo, devido à existência de lipídios insaturados nas membranas celulares, e pela abundância de reações oxidativas que ocorrem durante o metabolismo normal. A susceptibilidade de uma

célula ou de um tecido ao estresse oxidativo depende de um grande número de fatores que incluem a disponibilidade de antioxidantes e a capacidade de inativação ou eliminação dos produtos oxidativos formados (JORDÃO JÚNIOR *et al.*, 1998).

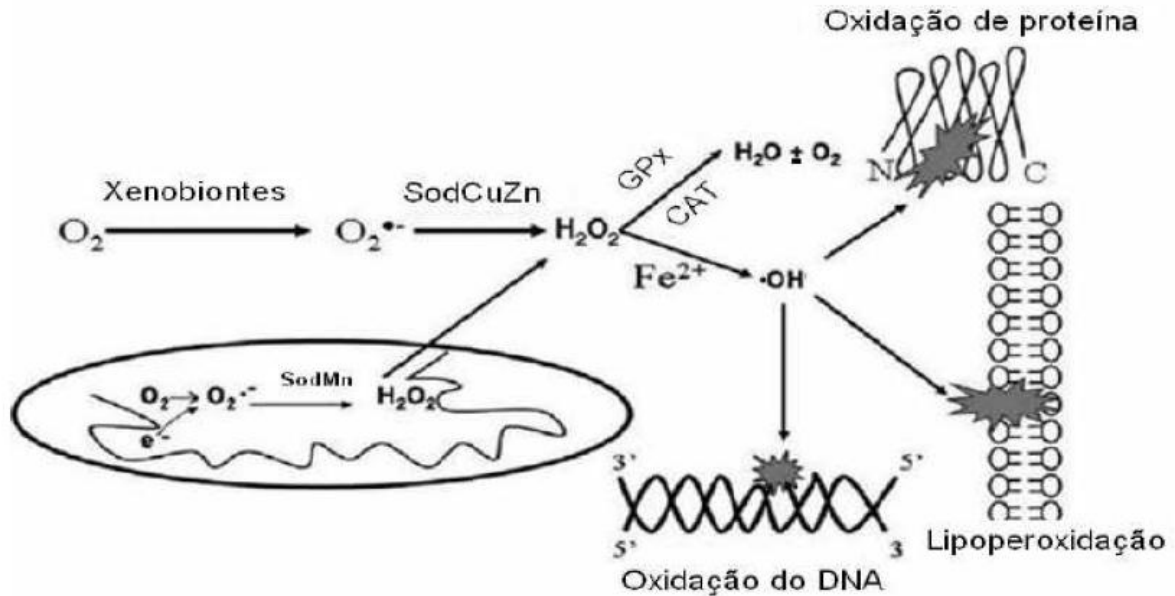


Figura 3. Representação esquemática de danos celulares causados por espécies reativas de oxigênio na presença ou não de xenobióticos. Adaptado de Nordberger e Arnér, 2001.

Os peixes estão frequentemente expostos ao impacto das ERO porque, diferentemente dos vertebrados terrestres, os animais aquáticos são expostos diariamente a mudanças sazonais de temperatura e oxigênio ou a mudanças nas condições ambientais no seu habitat natural, tais como poluição, disponibilidade de oxigênio, pH, incidência da radiação solar, entre outros (CHOW, 1991; WINSTON e DI GIULIO, 1991; HENRIQUE *et al.*, 1998). Esta situação é facilmente exemplificada pelos peixes de água doce, que vivem em ambientes instáveis como as águas tropicais (KRAMER, 1987; GRAHAM, 1990).

Uma variedade de poluentes ambientais, podem provocar um aumento na produção de EROs em diversos organismos aquáticos, como os peixes, e se os sistemas de defesas antioxidantes forem ineficiente para combater as EROs ocorre uma situação de estresse oxidativo (AHMAD *et al.*, 2000; ÜNER *et al.*, 2005). Um bom conceito para estresse oxidativo seria como citado em AHMAD *et al.* (2000), MARAN *et al.* (2009) e MODESTO e MARTINEZ (2010), que dizem: “o estresse oxidativo ocorre em situações em que há um desequilíbrio entre os níveis de antioxidantes e pró-oxidantes levando a uma produção excessiva de EROs”. Pode também ser definido como um desequilíbrio entre pró-oxidantes e antioxidantes, onde a quantidade gerada do primeiro é maior, ocorrendo assim possíveis danos oxidativos (ÜNER *et al.*, 2006; ALMROTH *et al.*, 2008).

Como já descrito por Stadtman e Levine (2000), a produção de estruturas químicas no metabolismo do oxigênio ameaça a integridade de várias biomoléculas como proteínas e lipídios (AMES et al., 1993; YLA-HERTTUALA, 1999), e ácido desoxirribonucléico (DNA) (AMES et al., 1993; MARNETT, 2000). Além disso, propõe-se que o estresse oxidativo esteja envolvido no processo de envelhecimento, tanto por induzir danos do DNA mitocondrial (DNAm) (AMES et al., 1993; CADENAS e DAVIES, 2000; FINKEL e HOLBROOK, 2000), quanto por outros mecanismos como influência na atividade antioxidante celular natural (KASAPOGLU e OZBEN, 2001; ÍNAL et al., 2001).

4. CAPÍTULO I – Manuscrito que será submetido

ESTRATÉGIA ALIMENTAR E SUPLEMENTAÇÃO COM PÓ DE FOLHA DE *Lippia alba* PARA JUNDIÁS

Resumo - A otimização do manejo nutricional é um aspecto fundamental na produção de peixes, que consiste também na avaliação de aspectos metabólicos e de saúde dos animais. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso do pó da folha de *L. alba* em jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares. Para isso, foi realizado um experimento com 63 dias de duração, onde foram utilizados 360 jundiás (peso médio inicial=6,25±3,18g), distribuídos em 18 tanques em delineamento experimental inteiramente casualizado, com arranjo fatorial (3 x 2). Foram testadas 3 estratégias alimentares (7 dias de alimentação, 6 dias de alimentação/1 dia de restrição e 5 dias de alimentação/2 dias de restrição), sem a inclusão de pó de folha de *L. alba* e com a inclusão de 0,5%. Os peixes foram alimentados com 3% da biomassa total, em duas alimentações diárias (9 e 17 horas). Ao final do experimento, foram aferidos parâmetros zootécnicos e realizada a coleta de material biológico para avaliação dos parâmetros hematológicos, metabólicos e oxidativos. Foi observado que nas diferentes estratégias alimentares o tratamento com 1 dia de restrição não diferiu significativamente do tratamento controle (alimentação diária). Também ocorreu diminuição da gordura e aumento de proteína corporal dos peixes. Houve diminuição no crescimento e piora nos parâmetros hematológicos dos peixes alimentados com 0,5% de pó de folha de *L. alba*. Nos animais submetidos a restrição alimentar, ocorreram alterações metabólicas não desejáveis, como aumento de transaminase glutâmico oxalacética (TGO) no plasma, indicando dano hepático. A privação alimentar e a presença de *L. alba* nas dietas resultou em diminuição da peroxidação lipídica nas brânquias, aumento no fígado, onde, também houve redução dos tióis não protéicos. A estratégia alimentar com restrição de 1 dia pode ser utilizada para juvenis de jundiá. A adição do pó da folha de *L. alba* para o nível testado neste estudo em juvenis de jundiá não é recomendada.

Palavras-chave: Dieta. Estresse oxidativo. Metabolismo. Nutrição. *Rhamdia quelen*.

1. Introdução

A exploração adequada da restrição alimentar pode resultar em melhor produção de tecido muscular, com aumento na taxa de crescimento, eficiência alimentar e redução do custo com alimentação e mão de obra (Wang et al., 2000; Maclean e Metcalfe, 2001). Esta condição possibilita que os animais que apresentarão redução de crescimento durante o período de restrição alimentar atinjam o mesmo tamanho dos animais da mesma espécie e idade que não sofreram restrição, esta resposta acelerada que tende a restaurar o crescimento inicial é denominada crescimento compensatório ou recuperação do crescimento (Hector; Nakagawa, 2012).

Estratégias básicas como mudanças no manejo alimentar podem ser aplicadas na atividade com o intuito de incrementar a produtividade, qualidade do pescado e minimizar impactos ambientais. A adoção de um manejo alimentar satisfatório que venha suprir as exigências nutricionais nas diferentes fases de desenvolvimento dos peixes permite melhorar o crescimento, sobrevivência e conversão alimentar, contribuindo para reduzir o desperdício de ração e a excreção de resíduos (Kindschi, 1998).

A mudança na forma do fornecimento de ração é uma das estratégias que podem ser utilizadas para melhorar o manejo, sendo aplicável ao setor produtivo devido a grande carência e alto custo de mão de obra para realizar as tarefas de manejo. Isto afeta também as pequenas propriedades rurais, cuja estrutura familiar está baseada em uma população cada vez mais caracterizada pela ausência de trabalhadores jovens (Wang et al., 2000; Maclean E Metcalfe, 2001).

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é um peixe nativo brasileiro e é encontrada desde o centro da Argentina até o sul do México (Gomes et al., 2000). Esta espécie apresenta bons índices de crescimento, razoável resistência ao manejo, boa eficiência alimentar e facilidade de reprodução e larvicultura (Radünz Neto e Borba, 2012). Esta espécie possui hábito alimentar onívoro e na natureza alimenta-se com uma grande variedade de alimentos, de acordo com a disponibilidade dos mesmos (Baldisserotto e Radünz neto, 2004), aceitando bem rações formuladas com os mais diversos ingredientes.

A *Lippia alba* é uma planta nativa do Brasil que apresenta bom potencial agrônomo, por conta do seu fácil cultivo, rusticidade e rápido desenvolvimento (Yamamoto et al., 2008). Somadas a essas qualidades, também contém quantidades consideráveis de compostos fenólicos em sua composição (Chies et al., 2013; Morais et al., 2013). Além disso, esta planta possui em sua constituição óleo essencial (OE) que apresenta elevada atividade antioxidante *in vitro* (Stashenko et al., 2004). Os OE da *L. alba* quando adicionados na dieta de *Rhamdia quelen*, apresentam boa capacidade antioxidante para esses animais, que pode ocorrer pela

ação do linalol que possui ação analgésica, bem como os mecanismos de ação do monoterpeno no organismo (Saccol et al., 2013).

A maioria das pesquisas existentes com *L. alba* para peixes, utiliza o óleo essencial (OE) da planta. No entanto, ainda não há trabalhos envolvendo a inclusão da folha na forma bruta em dietas para peixes nativos. A inclusão da folha em dietas para peixes se justifica pela maior praticidade de coleta de material, economia na extração do óleo e facilidade de incorporação nas dietas. Portanto, na busca de diferentes estratégias alimentares e de substâncias que ofereçam menos risco à saúde do consumidor, do animal e do produtor, neste estudo foi avaliado o potencial efeito de plantas na dieta de peixes submetidos a diferentes estratégias alimentares na busca de que os resultados apresentem uma melhor produção, com aumento na taxa de crescimento, eficiência alimentar e redução do custo com mão de obra.

2. Materiais e métodos

2.1. Dietas experimentais

O estudo foi organizado em delineamento experimental inteiramente ao acaso, constituindo um arranjo fatorial 3 X 2 (3 estratégias alimentares: 7 dias alimentação; 6 dias de alimentação/1 restrição; 5 dias alimentação/2 restrição e 2 níveis de pó de folha: 0 e 0,5%). A composição da dieta experimental controle foi adaptada de Lazzari et al. (2008), atendendo as exigências nutricionais do jundiá, contendo 38% de PB e 3.400 kcal/kg de ED (Tabela 1). As dietas foram formuladas após análise de proteína bruta (PB) dos ingredientes pelo método de Kjeldahl, para a formulação foi utilizado o software Super Crac 5.0 Master.

A *L. alba* utilizada foi cultivada no –Campus da Universidade Federal de Santa Maria de Frederico Westphalen - RS, Brasil (27°22"S; 53°25"W, a 480 m de altitude). Foram coletados ramos da planta e extraíram-se as folhas dos mesmos. Depois de extraídas, as folhas foram secas por 48h em estufa de circulação de ar forçado a 40 °C e posteriormente moídas no moinho macro tipo wille. O pó resultante foi o material utilizado para incluir nas dietas. Para a confecção das dietas os ingredientes foram pesados e posteriormente misturados, manualmente, até completa homogeneização. Após, as dietas foram umedecidas, peletizadas em máquina de moer carne e levadas à estufa de circulação de ar forçado por 24 h a uma temperatura de 55°C. Posteriormente, as dietas experimentais foram acondicionadas em freezer (-20°C).

Tabela 1. Composição das dietas experimentais

Ingredientes	Níveis de <i>L. alba</i> (%)	
	0	0,5
Farinha de carne e ossos	38	38
Farelo de soja	30	30
Milho moído	14	14
Farelo de trigo	11,5	11,5
<i>Lippia alba</i> (pó da folha)	0,0	0,5
Celulose	0,5	0,0
Óleo de Canola	3,5	3,5
Sal	0,5	0,5
Fosfato bicálcico	1	1
Vitaminas e minerais*	1	1
Composição Analisada		
Proteína bruta	38,02±0,78	38,05±0,15
Gordura	6,26±0,46	6,38±0,65
Matéria seca	95,55±0,65	97,15±1,56
Matéria mineral	21,35±0,51	19,47±0,69
FDN ²	19,63±1,26	17,90±1,12
Análise do pó de <i>L.alba</i> (mg/g)		
CFP ²	1,04±0,10	

*¹Mistura vitamínica e mineral (níveis de garantia por quilograma do produto) – ácido fólico: 2.400 mg; ácido nicotínico: 48 g; ácido pantotênico: 24 g; biotina: 96 mg; vit. A: 2.400.000 UI; vit. D3: 400.000 UI; vit. E: 24.000 UI; vit. B1: 9.600 mg; vit. B2: 9.600 mg; vit. B6: 9.600 UI; vit. B12: 9.600 mcg; vit. K3: 4.800 mg; vit. C: 96 g; ferro: 100 g; cobre: 6.000 mg; manganês: 40 g; zinco: 6.000 mg; cobalto: 20 mg; iodo: 200 mg; selênio: 200 mg; antioxidante: 19,6 g. *²FDN - fibra em detergente neutro e CFP – compostos fenólicos do pó da *L.alba*.

2.2. Manejo experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Piscicultura do campus de Palmeira das Missões da UFSM, localizado a -27° 53' 58" de latitude sul, -53° 18' 49" de longitude oeste e a 639m de altitude. Foram utilizados 18 tanques de polipropileno com volume de 250L, em um sistema de recirculação de água e filtragem biológica. Cada tanque possui entrada e saída individual de água. O abastecimento de cada unidade experimental foi realizado através de torneiras de meia polegada, com a vazão ajustada entre elas de acordo com o transcorrer do experimento. O sistema de recirculação possui capacidade total de 9.500 L e a água que abasteceu o sistema é proveniente de poço artesiano.

A duração do experimento foi de 9 semanas, e este foi conduzido no período de Março a Maio de 2016. Este projeto faz parte de um projeto global, aprovado no comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Santa Maria, parecer 074/2014.

Foram utilizados 360 juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) com peso médio inicial aproximado $6,25g \pm 3,18$ (20 por tanque). Antes do início do experimento, os animais foram acondicionados no sistema durante sete dias para adaptação e após submetidos à pesagem e medição para amostragem inicial do crescimento).

Os juvenis foram alimentados duas vezes ao dia, às 09h00min e às 17h00min. Os animais do tratamento com alimentação diária receberam, diariamente, 3% da biomassa em ração. Nos tratamentos com restrição, quantidade equivalente foi distribuída nos dias referentes à alimentação, de forma que, ao final da semana todas as unidades experimentais receberam a mesma quantidade de ração (21% da biomassa da unidade experimental). O ajuste da quantidade de ração foi feito semanalmente por meio da pesagem da biomassa de cada unidade experimental.

Manejo da Alimentação:

- 7A-0R: Alimentação diária;
- 6A-1R: Seis dias de alimentação, seguido de um dia de restrição;
- 5A-2R: Cinco dias de alimentação, seguido de dois dias de restrição;

O controle da qualidade da água foi realizado através de limpezas periódicas dos encanamentos, sifonagem dos resíduos e controle dos parâmetros físicos e químicos da água. A temperatura e oxigênio da água foram verificados diariamente, com o auxílio de oxímetro digital da marca YSI, modelo 550. Semanalmente a amônia total e nitrito total foram determinados através do kit colorimétrico (Alfakit®), o pH com o instrumento pH100A da YSI e a alcalinidade e dureza total foram determinadas seguindo as técnicas descritas por Prates (2007). A água para a realização das análises foi coletada na entrada do decantador.

Os resultados encontrados para os parâmetros físico-químicos da água foram: temperatura (°C) manhã e tarde $22,80 \pm 0,21$; Oxigênio dissolvido manhã (mg/L) $7,7 \pm 0,1$; Ph $7,0 \pm 0,1$; Amônia total (mg/L) $0,5 \pm 0$; Nitrito (mg/L) $0,10 \pm 0$; Alcalinidade (mg/L) $80 \pm 0,2$ Dureza (mg/L de CaCO_3) $70 \pm 0,1$;

2.3. Coleta de amostras

Ao final do período experimental, os peixes permaneceram em jejum por 12 horas. Foram utilizados 3 a 4 animais por caixa (dez por tratamento) aleatoriamente para coleta de

sangue, os animais foram anestesiados com benzocaína (35mg/l) por banho de imersão e a coleta de sangue foi realizada por punção da veia caudal com auxílio de seringas e agulhas descartáveis (25x0,7mm) contendo EDTA a 10%, como anticoagulante. Foi realizada biometria onde todos os animais foram pesados medidos individualmente para avaliação de crescimento e ganho de peso. Os animais eutanasiados, foram utilizados para avaliação dos índices somáticos e retirada de tecidos para análises dos parâmetros bioquímicos e oxidativos.

2.4. Análises das amostras

2.4.1. Parâmetros de composição centesimal

A análise de composição corporal inicial foi feita utilizando amostra de 20 animais e ao final do período experimental foram utilizados dez animais por tratamento. Foram analisadas composição de peixe inteiro e de filé, os parâmetros avaliados foram: cinzas e proteína bruta, seguindo metodologias recomendadas pela AOAC (1995); e gordura, extraída e quantificada pelo método de Bligh e Dyer (1959).

2.4.2. Parâmetros zootécnicos

Na biometria, foram avaliados, o peso (g), comprimento total (cm) e padrão (cm). A partir desses dados, foi calculado o ganho em peso diário (g), ganho de peso total (g), taxa de crescimento específico expresso em %/dia [$TCE = 100 \times (\ln \text{ peso médio final} - \ln \text{ peso médio inicial}) / \text{tempo (dia)}$], fator de condição ($\text{peso médio} / \text{comprimento padrão}^3$), ganho de peso relativo ($\text{peso final} - \text{peso inicial} / \text{peso inicial} \times 100$) e biomassa total (g). Os parâmetros de índices somáticos analisados foram: Rendimento de carcaça (%): $RC = ((\text{peso eviscerado com cabeça e brânquias}) / (\text{peso inteiro})) \times 100$; Índice digestivo somático (%): $IDS = (\text{peso trato} / \text{peso inteiro}) \times 100$; Índice hepatossomático (%): $IHS = (\text{peso fígado} / \text{peso inteiro}) \times 100$; Quociente intestinal (%): $QI = (\text{comprimento do trato} / \text{comprimento total do peixe}) \times 100$.

2.4.3. Parâmetros hematológicos

Foi realizada análise da série eritrocitária (número total de eritrócitos, hematócrito e taxa de hemoglobina) por contagem em câmara de Neubauer, e posteriormente determinado os seguintes índices eritrocitários: volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), pelas fórmulas a seguir: $VCM = (\text{Hematócrito} \times 10) / \text{Número de eritrócitos}$; $HCM = (\text{Hemoglobina} \times 10) / \text{Número de eritrócitos}$; $CHCM = (\text{Hemoglobina} \times 100) / \text{Hematócrito}$.

2.4.4. *Parâmetros bioquímicos plasmáticos*

O sangue coletado foi centrifugado a 3000 rpm/minuto para a obtenção do plasma. No plasma, foi determinado o nível de glicose, triglicerídeos, colesterol total, transaminase glutâmico oxalacética, utilizando-se kits colorimétricos comerciais da marca Doles[®].

2.4.5. *Parâmetros bioquímicos do fígado*

Para análise de proteínas totais (Bradford, 1976), amostra de tecido hepático (50 mg) foi aquecida a 100 °C com KOH 6N e após centrifugada a 3500 rpm por 10 minutos. Para quantificação de aminoácidos livres (Spies, 1957) e transaminases, uma amostra de 50 mg de fígado foi homogeneizada em tampão (TFK 20 mM) e centrifugada a 3500 rpm por 10 minutos. Para quantificação de glicose foi utilizado kit comercial por metodologia enzimática.

2.4.6. *Parâmetros de estresse oxidativo*

Os tecidos retirados dos peixes eutanasiados foram brânquias, fígado, cérebro e músculo. Os mesmos foram homogeneizados seguindo metodologia para cada análise específica. Os parâmetros oxidativos analisados foram: Medida das substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), conforme Buege e Aust (1978); Determinação dos grupos tióis não proteicos (NPSH), conforme Ellman, (1959); Determinação da atividade de catalase (CAT), determinada conforme Nelson e Kiesov (1972); e determinação de proteínasteciduais, pelo método de Bradford et al. (1956).

2.5. *Análises estatísticas*

Todos os dados obtidos foram submetidos a teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Quando não enquadrados nessa distribuição, realizou-se a detecção de observações influentes (*outliers*), que depois de detectados foram excluídos da análise. Os dados foram submetidos à ANOVA de duas vias, sendo as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey (STEEL e TORRIE, 1980). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com a utilização do pacote estatístico Statistical Analysis System[®].

3. Resultados

3.1. *Crescimento e parâmetros de carcaça*

Ao final do período experimental (63 dias), o peso médio (PM) dos peixes com alimentação diária foi maior ($P < 0,001$) que o dos demais, porém não diferindo significativamente do tratamento com 1 dia de restrição. Além do PM, os parâmetros de comprimento total (CT), ganho de peso relativo (GPR), e Biomassa (B), obtiveram os

mesmos resultados, onde a estratégia alimentar influenciou negativamente apenas no tratamento com 2 dias de restrição. Por outro lado para o comprimento padrão (CP) dos peixes, ocorreu diferença das estratégias alimentares em todos os tratamentos, quanto mais dias de restrição menor foi o resultado (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros de crescimento de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de *L. alba*.

Parâmetros	PM(g)	CT(cm)	CP(cm)	GPR(%)	BIO(g)
EA					
5A2R	15,92 ^b ±1,74	10,52 ^b ±0,38	10,33 ^c ±0,26	154,54 ^b ±28,11	318,48 ^b ±34,93
6A1R	18,99 ^a ±1,34	13,26 ^a ±0,32	10,83 ^b ±0,32	204,16 ^a ±21,82	379,76 ^{ab} ±21,83
7A	20,54 ^a ±1,52	13,61 ^a ±0,20	11,29 ^a ±0,18	229,17 ^a ±24,05	410,83 ^a ±30,44
NL					
0	19,32 ^a ±2,76	13,29 ^a ±0,60	10,93 ^a ±0,54	209,35 ^a ±44,92	386,56 ^a ±55,37
0,5	17,64 ^b ±1,86	12,97 ^b ±0,47	10,70 ^b ±0,37	182,56 ^b ±29,92	352,82 ^b ±37,38
Efeitos					
EA	*	**	***	**	**
NL	NS	*	*	*	*
INT	**	NS	NS	NS	NS

Valores expressos como média ± desvio padrão. Médias com letras diferentes, nas estratégias alimentares, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e entre os níveis de Lippia pelo teste T (P<0,05). Parâmetros: PM - peso médio, CT - comprimento total, CP - comprimento padrão, GPT - ganho de peso total, GPR - ganho de peso relativo e BIO - biomassa total. Efeitos: NS > 0,05; * < 0,01; ** < 0,001; *** < 0,0001.

A dieta controle com 0% de inclusão do pó obteve os maiores resultados, em relação a dieta com inclusão de 0,5% do pó.

O rendimento de carcaça, índice hepatossomático, o digestivo somático e quociente intestinal não foram influenciados pelas diferentes estratégias alimentares. Os peixes alimentados com a dieta sem *Lippia* apresentaram maior quociente intestinal (Tabela 3).

Tabela 3. Índices de rendimento de carcaça, hepato-somático, digestivo somáticos e quociente intestinal de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de *L. alba*.

Parâmetros	RC (%)	IHS (%)	IDS (%)	QI
EA				
5A2R	81,62±5,15	1,67±0,36	5,10±0,81	1,09±0,19
6A1R	82,31±7,82	1,64±0,29	4,69±0,89	0,96±0,28
7A	82,59±2,23	1,58±0,35	4,80±0,55	1,10±0,27

NL					
0	82,97±4,09	1,58±0,33	4,71±0,69	1,12 ^a ±0,25	
0,5	81,41±6,48	1,68±0,33	5,01±0,82	0,98 ^b ±0,24	
Efeitos					
EA	NS	NS	NS	NS	NS
NL	NS	NS	NS	*	
INT	NS	NS	NS	**	

Valores expressos como média ± desvio padrão. Médias com letras diferentes, nas estratégias alimentares, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e entre os níveis de Lippia pelo teste T (P<0,05). Parâmetros: RC - rendimento de carcaça, IHS - índice hepato-somático, IGS - índice gonadossomático, IDS - índice digestivo somático, QI - quociente intestinal. Efeitos: NS > 0,05; * < 0,01; ** < 0,001; *** < 0,0001.

Os peixes do tratamento com alimentação diária e 2 dias de restrição apresentaram maior quantidade de matéria seca e de proteína bruta que os peixes com 1 dia de restrição. A quantidade de lipídios foi maior na dieta contendo 0,5% de pó de folha de *L.alba* (Tabela 4).

Tabela 4. Composição corporal de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de *L. alba*.

Parâmetros	MS(%)	MM(%)	L(%)	PB(%)
EA				
5A2R	23,00 ^a ±0,85	3,80±1,58	1,25±0,73	14,88 ^a ±0,52
6A1R	21,21 ^b ±0,47	2,85±0,49	1,84±0,86	14,16 ^b ±0,19
7A	23,73 ^a ±0,60	3,41±0,59	1,95±1,02	14,50 ^{ab} ±0,90
NL				
0	22,72±1,16	3,38±1,42	1,24 ^b ±0,63	14,24±0,81
0,5	22,57±1,38	3,33±0,54	2,07 ^a ±0,94	14,68±0,43
Efeitos				
EA	***	NS	NS	*
NL	NS	NS	*	NS
INT	NS	NS	NS	*

Valores expressos como média ± desvio padrão. Médias com letras diferentes, nas estratégias alimentares, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e entre os níveis de Lippia pelo teste T (P<0,05). Parâmetros: MS - matéria seca, MM - matéria mineral, L - lipídio do, PB - proteína bruta. Efeitos: NS > 0,05; * < 0,01; ** < 0,001; *** < 0,0001.

A proteína bruta do filé apresentou maiores resultados nas estratégias com 1 e 2 dias de restrição (Tabela 5).

Tabela 5. Composição de filés de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de *L. alba*.

Parâmetros	MS(%)	MM(%)	L(%)	PB(%)
-------------------	--------------	--------------	-------------	--------------

EA					
5A2R	21,85±1,99	1,37±0,19	2,56±0,52	17,88 ^{ab} ±1,18	
6A1R	17,70±7,74	1,47±0,17	2,89±1,51	18,69 ^a ±0,98	
7A	21,62±0,93	1,57±0,10	2,45±1,47	17,22 ^b ±1,89	
NL					
0	20,34±4,86	1,41±0,14	2,19±1,19	17,57±1,61	
0,5	20,44±5,04	1,53±0,18	3,08±1,10	18,35±1,25	
Efeitos					
EA	NS	NS	NS	**	
NL	NS	NS	NS	NS	
INT	NS	NS	NS	*	

Valores expressos como média ± desvio padrão. Médias com letras diferentes, nas estratégias alimentares, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e entre os níveis de Lippia pelo teste T ($P < 0,05$). Parâmetros: MSF - matéria seca do filé, MMF - matéria mineral do filé, LF - Lipídio do filé, PBF - proteína bruta do filé. Efeitos: NS > 0,05; * < 0,01; ** < 0,001; *** < 0,0001.

3.2. Parâmetros hematológicos, parâmetros metabólicos e bioquímicos do plasma e fígado

Foi observado maior resultado dos peixes alimentados diariamente para os parâmetros de hemoglobina, hemoglobina corpuscular média (HCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM). Os peixes alimentados com a dieta contendo 0,5% de *Lippia* mostraram maiores valores nos parâmetros de hematócrito e volume corpuscular médio, enquanto para HCM e CHCM os valores foram inferiores (Tabela 6).

Tabela 6. Parâmetros hematológicos de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de *L. alba*.

Parâmetros	HT	HB	ERIT	VCM	HCM	CHCM
EA						
5A2R	35,90±5,63	3,64±0,36 ^b	1,25,10 ⁶ ±0,44	315,30±71,24	27,33±6,01 ^{ab}	8,84±2,66 ^b
6A1R	36,50±12,15	3,84±0,51 ^{ab}	1,40,10 ⁶ ±0,37	248,00±73,26	25,96±4,71 ^b	11,74±4,13 ^a
7^a	38,75±8,76	4,09±0,57 ^a	1,35,10 ⁶ ±0,38	311,04±87,26	30,80±7,29 ^a	9,75±3,08 ^{ab}
NL						
0	31,83±5,70 ^b	3,98±0,60	1,25,10 ⁶ ±0,33	252,87±88,63 ^b	31,39±5,65 ^a	12,39±2,96 ^a
0,5	42,95±9,79 ^a	3,79±0,42	1,44,10 ⁶ ±0,40	313,49±1,06 ^a	25,45±5,70 ^b	8,23±2,65 ^b
Efeitos						
NL	*	NS	NS	*	*	***
EA	NS	*	NS	NS	*	*
INT	NS	NS	NS	NS	*	NS

Valores expressos como média ± desvio padrão. Médias com letras diferentes, nas estratégias alimentares, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e entre os níveis de Lippia pelo teste T ($P < 0,05$). Parâmetros: HT= Hematócritos (%), HB= Hemoglobina (g/dL)², ERIT= Eritrócitos (10⁶/μL)¹, VCM - volume corpuscular médio (fL)³, HCM - hemoglobina corpuscular média (pg)⁴, CHCM - concentração de hemoglobina corpuscular média (g/dL)⁵. Efeitos: NS > 0,05; * < 0,01; ** < 0,001; *** < 0,0001.

Nos parâmetros metabólicos e bioquímicos as estratégias alimentares influenciaram na glicose (GLIC) e nas transaminases (TGO) do plasma dos jundiás, onde o tratamento com

alimentação diária mostrou maior resultado para GLIC e para TGO o maior resultado foi do tratamento com 2 dias de restrição (Tabela 7).

Tabela 7. Parâmetros metabólicos e bioquímicos de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de *L. alba*.

Parâmetros	Trig*	Glic*	Col*	TGO*	P**	AA**
EA						
5A2R	278,98±108,25	32,33ab±8,91	95,76±23,87	307,84a±34,29	45,02±6,35	16,68±13,84
6A1R	277,99±92,12	29,88b±8,20	89,90±11,59	294,42ab±10,09	46,92±6,37	11,20±5,51
7^a	270,68±69,31	37,76a±6,18	88,35±19,83	270,65b±39,20	42,70±7,41	10,62±4,83
NL						
0	276,37±100,12	31,84±6,27	94,81±24,33	297,31±31,39	43,34±6,35	10,78±12,24
0,5	275,06±76,67	34,80±9,93	87,29±10,31	284,64±35,44	46,43±7,01	14,77±3,66
Efeitos						
EA	NS	*	NS	**	NS	NS
NL	NS	NS	NS	NS	NS	NS
INT	NS	NS	NS	NS	**	NS

Valores expressos como média ± desvio padrão. Médias com letras diferentes, nas estratégias alimentares, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e entre os níveis de Lippia pelo teste T ($P < 0,05$). Parâmetros: *Plasma= Trig- triglicerídeos (mg/dL), Glic- glicose (mg/dL), Col - Colesterol (mg/dL), TGO - transaminase glutâmico oxalacética (μ /mL) **Fígado=AA - aminoácidos (mm/dL), P - proteínas (mg/mL);. Efeitos: NS > 0,05; * < 0,01; ** < 0,001; *** < 0,0001.

3.3. Parâmetros de estresse oxidativos em tecidos de jundiás

As concentrações de TBARS nos peixes foram diferentes no fígado e brânquias, onde as concentrações de TBARS frente à restrição alimentar foram menores nas brânquias e maiores no fígado dos peixes. A dieta com 0,5% de inclusão do pó de folha de *L. alba* obteve o menor resultado nos parâmetros TBRAS das brânquias e NPSH do fígado sendo respectivamente, 11,65±6,38 e 0,85±0,35 mostrando assim a influencia dos diferentes níveis de inclusão do pó nos parâmetros oxidativos dos jundiás (Tabela 8).

Tabela 8. Parâmetros oxidativos de jundiás submetidos a diferentes estratégias alimentares e suplementados com pó de folha de *L. alba*.

Parâmetros	TBARS M	TBARS B	TBARS C	TBARS F	NPSH F	CAT F
EA						
5A2R	1,22±0,99	7,81±0,99 ^b	27,75±15,20	6,05 ^{ab} ±0,96	0,72±0,29	6,69±6,64
6A1R	1,20±0,83	6,94±2,63 ^b	30,82±9,71	6,85 ^a ±1,19	0,78±0,38	9,10±4,99
7A	1,59±1,49	12,82±3,30 ^a	26,74±10,18	5,56 ^b ±1,07	0,60±0,29	5,95±4,33
NL						
0	1,01±0,87 ^b	11,65±6,38 ^a	30,91±12,32	6,05±1,31	0,85±0,35 ^a	6,13±5,58
0,5	1,67±1,27 ^a	6,28±1,67 ^b	25,97±10,83	6,25±1,06	0,56±0,21 ^b	8,33±5,15

Efeitos						
EA	NS	***	NS	**	NS	NS
NL	*	***	NS	NS	**	NS
INT	*	NS	NS	NS	**	NS

Valores expressos como média \pm desvio padrão. Médias com letras diferentes, nas estratégias alimentares, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey e entre os níveis de *Lippia* pelo teste T ($P < 0,05$). Parâmetros: TBARS - espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (nmol MDA/mg proteína) M-músculo, B-brânquias, C-cérebro, F- fígado; NPSH - tióis não protéicos ($\mu\text{mol SH/g}$ tecido), CAT ($\mu\text{mol/mg}$ proteína/min). Efeitos: NS $> 0,05$; * $< 0,01$; ** $< 0,001$; *** $< 0,0001$.

4. Discussão

A análise realizada no estudo demonstra que não existe diferença significativa no peso dos peixes que passaram por 1 dia de restrição alimentar não afetando assim o desempenho destes animais, além de evidenciar que o uso de *Lippia alba* não é recomendado nas dietas com o nível utilizado no mesmo. O crescimento dos peixes nos diferentes tratamentos foi equivalente entre a alimentação diária e com 1 dia de restrição. Isto demonstra que com 1 dia de restrição ocorreu recuperação parcial do crescimento. Isto pode ser considerado um crescimento compensatório parcial, onde os animais não atingem o mesmo tamanho no mesmo tempo, porém apresentam uma alta taxa de crescimento e eficiência alimentar (Ali et al., 2003). Este tipo de compensação é a resposta mais comum registrada para peixes (Ali e Jauncey., 2014), embora a compensação completa já tenha sido registrada para alguns peixes (Amim et al., 2012).

Outros autores mostraram que o crescimento compensatório total pode ser alcançado em espécies nativas. Ituassu (2004), estudando crescimento compensatório de tambaquis, observou a compensação total do crescimento dos peixes submetidos à privação alimentar de até 14 dias. De acordo com Souza (2003), juvenis de pacu submetidos a diferentes ciclos de restrição alimentar e realimentação apresentaram o crescimento compensatório no período de realimentação. Poucos são os trabalhos com espécies nativas que investigam o mecanismo do crescimento compensatório através da restrição alimentar. O crescimento compensatório total pode ser encontrado em espécies como o Bacalhau do Atlântico, *Gadus morhua* (Bélanger et al., 2002), robalo asiático, *Lates calcarifer* (Tian e Qin, 2003), trutas arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (Nikki et al., 2004), carpa “gibel”, *Carassius auratus* e bagre chinês, *Leiocassis longirostris* (Zhu et al., 2004), *Cynoglossus semilaevis* (Tian et al., 2010), “gilthead sea bream”, *Sparus aurata* (Bavcevic et al., 2010), e em *Pangasius bocourti* (Jiwyuan, 2010).

Neste estudo com *Rhandia quelen* foi registrado que em períodos curtos de restrição (1R) os peixes foram capazes de repor suas reservas energéticas e ainda crescer, entretanto sem atingir compensação completa de crescimento e em períodos mais longos (2R) de

restrição peixes também se repuseram suas reservas, mas cresceram pouco. Demonstrando que para esta espécie mesmo períodos curtos de privação podem trazer prejuízos importantes para o cultivo. Semelhante aos resultados deste estudo, resposta menor em crescimento também foi relatada por Amim et al., 2012, para *Pangasianodon hypophthalmus* submetidos a ciclos alternados de alimentação, onde também foi registrado melhor desempenho no tratamento controle, com alimentação diária, e os peixes que foram submetidos ao tratamento que alternava um dia de alimentação seguido por um de restrição apresentaram crescimentos semelhantes ao controle, mostrando que esta espécie prontamente recupera as perdas energéticas.

Ocorreu uma diminuição na taxa de crescimento dos peixes com a inclusão do pó de folha de *Lippia alba* nas dietas. O mesmo não ocorreu quando apenas o OE dessa planta foi adicionado nas dietas do jundiá, no qual não houve influência nos parâmetros de crescimento (Saccol et al., 2013). A diminuição no desempenho destes peixes, portanto, deve estar relacionada a compostos presentes na folha e que não estão presentes em outros produtos, oriundos da mesma. Estes produtos provavelmente atuaram como antinutrientes nos peixes.

Taninos são antinutrientes para peixes (Bergamin et al., 2013), por conta dos efeitos adversos que causam na digestibilidade da proteína, carboidratos e minerais (Benevides et al., 2011). Também podem diminuir a atividade de enzimas digestivas, causar danos à mucosa do sistema digestivo e exercer efeitos tóxicos sistêmicos aos animais (Sreerama et al., 2010). Pansera et al. (2003), analisando taninos totais presentes em plantas aromáticas cultivadas no Nordeste do Rio Grande do Sul, observaram que a *L. alba* possui altos teores desse composto fenólico em sua composição, contendo 18,9% de taninos totais na planta (% equivalente ao ácido tânico). Este valor é considerado alto, visto que espécies conhecidas por apresentarem altos índices desse composto apresentam no máximo 20% de taninos totais.

Resultado semelhante a este em relação ao desempenho, foi encontrado em estudos com *Leporinus macrocephalus* arraçados com dietas contendo diferentes teores de taninos, onde a presença desses também resultou em uma tendência linear decrescente no ganho de peso. Neste estudo, os autores recomendam uma concentração não superior a 0,46% de taninos totais na ração de peixes dessa espécie, para que o desempenho não seja alterado (Pinto et al., 2001). Portanto, os taninos presentes na folha de *L. alba*, podem ser o principal antinutriente que diminuiu a taxa de crescimento dos jundiás.

Aliado ao rendimento de carcaça, que caracteriza o aspecto quantitativo ou em termos de volume das partes comestíveis do pescado, a conservação da composição centesimal da carne do peixe também é relevante, pois informa se essa mantém sua

integridade físico-química original. A estimativa de crescimento com base apenas no ganho de peso pode ser enganosa, porque um animal pode depositar uma grande quantidade de gordura sem crescimento real (Phillips e Brockway, 1957). Neste estudo a concentração de gordura no peixe inteiro tende a diminuir à medida que submetidos a mais dias de restrição, indicando que este metabólito contribui substancialmente para o fornecimento de energia durante a restrição. Quanto à qualidade do peixe inteiro e do filé foi observado que nos tratamentos onde os peixes foram submetidos a 1 e 2 dias de restrição apresentaram maior quantidade de proteína, o que contribuí para o aumento do rendimento corporal dos peixes e consequentemente aumento da produtividade. Resultados que corroboram com os do estudo mostram que após a ingestão de alimentos, os carboidratos e lipídios são armazenados no fígado, músculo e tecido adiposo, uma grande fonte de reserva energética para peixes como *Cyprinus carpio* (Shimeno et al., 1990; Blasco et al., 1992), *Piaractus mesopotamicus* (Souza, 1994; Souza et al., 2000) e *Ictalurus punctatus* (Webster et al., 1994), em situações de restrição, a quantidade de lipídios, tanto no fígado, quanto em outros tecidos diminui, contribuindo também substancialmente para o fornecimento de energia durante a restrição. Já as proteínas são quebradas em aminoácidos utilizados para a síntese de novas proteínas e consequentemente para o crescimento, embora elas possam ser usadas como fonte energética como visto em *Carassius auratus* (Stimpson, 1965) e *Anguilla rostrata* (Larsson e Lewander, 1973).

Quanto aos parâmetros sanguíneos avaliados, a TGO e a glicose, foram afetadas pela restrição de alimento. A transaminase glutâmico oxaloacética (TGO), é uma enzima que catalisa a reação: aspartato + alfa-queroglutarato = oxaloacetato + glutamato, encontrada em altas concentrações no citoplasma e nas mitocôndrias do fígado, músculos esquelético e cardíaco, rins, pâncreas e eritrócitos. Neste estudo a TGO do plasma aumentou à medida que os animais foram submetidos a mais dias de restrição, o que indica a ocorrência de danos em algum tecido que faz com que a TGO seja liberada no sangue. Como não há um método laboratorial para saber qual a origem da TGO encontrada no sangue, o diagnóstico da causa do seu aumento deve levar em consideração a possibilidade lesão severa em qualquer um dos órgãos onde é encontrada (Fletcher et al., 1991; Sorbi et al., 1999).

A glicose é um bom indicador de transtornos fisiológicos resultantes de diferentes tipos de estressores e pode ser a principal fonte de energia utilizada pelo peixe em condições desfavoráveis (Brandão et al., 2004). O nível da glicemia dos animais que sofreram restrição alimentar se manteve abaixo, quando comparada com o tratamento controle. Segundo Blasco et al. (1991), existem três processos que podem explicar a manutenção de glicose: 1-

diminuição geral do metabolismo; 2- mobilização do glicogênio, que ocorre quando uma grande demanda energética é produzida, como no início da restrição; 3- síntese de glicose a partir de substratos gliconeogênicos. No estudo de Souza et al. (2000), não foram observadas diferenças significativas na glicemia entre os grupos continuamente alimentados e submetidos à restrição alimentar por longos períodos (60 dias), divergindo dos dados encontrados no presente estudo. Já Signor et al. (2009), em estudo com restrição alimentar de pacus cultivados em tanques-rede, a glicemia apresenta maiores níveis no tratamento com alimentação à vontade. Os valores médios da glicemia dos animais durante o período de restrição apresentaram diferença estatística, reafirmando a ideia de que a glicose circulante é um fator crítico em termos de exigência energética. A diversidade de resultados quanto à resposta glicêmica a restrição pode ser atribuída a diferentes fatores como: espécie, temperatura, migração, desova e condições nutricionais. Durante a restrição foi observada hipoglicemia em *Anguillaanguilla* (Larsson e Lewander, 1973), *Dicentrarchus labrax* (Zammit e Newsholme, 1979; Echevarría et al., 1997), *Gadus morhua* (Black e Love, 1986), *Perca flavescens* (Foster e Moon, 1991), *Cyprinus carpio* (Blasco et al., 1991) e *Salmo trutta fario* (Navarro et al., 1992). Já Sheridan e Mommsen (1991) observaram hiperglicemia em *Oncorhynchus kisutch* após uma semana de restrição, com estabilização dos níveis normais após três semanas.

No presente estudo, os parâmetros sanguíneos apresentaram diferença significativa entre tratamentos e os níveis de *L. alba*. As estratégias alimentares tiveram efeitos sobre as concentrações de HB, VCM e CHCM que foram inferiores nos tratamentos com privação alimentar, enquanto a adição de *L. alba* resultou em um aumento no número de HT e VCM, e na diminuição de HCM e CHCM. Os parâmetros sanguíneos do presente estudo indicam alterações negativas no seu estado de hígidez. Segundo Tavares-Dias et al. (2003) a concentração de hemoglobina para peixes saudáveis é de 10 g/100 dL, podendo variar em deficiências nutricionais, espécie, condições ambientais, fase de crescimento (Post, 1987) e estação do ano (Lochmiller et al., 1989), resultados esses que discordam com o presente estudo que obteve um valor médio de $3,86 \pm 0,48$. Esses resultados hematológicos remetem a um quadro anêmico o que pode estar associado ao menor desempenho produtivo desses animais.

A diminuição da taxa de hemoglobina com a privação alimentar pode ter sido ocasionada pelo fato dos peixes terem passado por períodos de restrição que os leva a uma condição de estresse. Ranzani-Paiva (1999) relata que a concentração de hemoglobina e CHCM variam inter e intraespécie e tais variações podem ser atribuídas a fatores exógenos,

como a temperatura, concentração de oxigênio dissolvido na água, ciclo sazonal, estresse e fatores endógenos, tais como sexo, estágio de maturação gonadal, estado nutricional e doenças. Entretanto, com a adição da *L. alba* esta diminuição pode ter ocorrido pela menor biodisponibilidade do ferro, que por sua vez está relacionada com a presença de fatores antinutricionais inibidores da absorção desse mineral (Aguiar et al., 2014). Esses antinutrientes podem ser os taninos ou outros compostos fenólicos, que podem diminuir a absorção do ferro, por formarem complexos insolúveis entre si, afetando a biodisponibilidade do mineral (Carvalho et al., 2006). Resultados encontrados por Prusty et al. (2007) em estudo com a adição de taninos na dieta de *Labeorohita*, mostraram que a presença desse composto provocou diminuição dos eritrócitos e da taxa de hemoglobina nos peixes, dados este que corroboram com os deste trabalho.

Os peróxidos produzidos durante o processo de estresse oxidativo, podem ser quantificados indiretamente por ensaio de TBARS, que mede as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, que reflete a intensidade da peroxidação lipídica por meio da quantificação de um dos seus principais produtos finais - dialdeídomalônico (Lushchaket al. 2009). Neste estudo as concentrações de TBARS mostraram menor concentração nas brânquias frente à privação alimentar e aos níveis de pó de folha de *L. alba*, indicando que ocorreu a atuação destes como um mecanismo de defesa ao dano oxidativo e/ou dano lipídico, pois quando apresentam valores elevados, interpretasse que o potencial antioxidante é diminuído.

A ação antioxidante da *L. alba* pode estar relacionada com a presença de compostos fenólicos, pois essa planta possui boas quantidades desses componentes, que podem variar em função das condições de cultivo da planta e do clima (Chies et al., 2013; Morais et al., 2013) ou por outro fator que pode ser a presença dos compostos químicos que constituem o OE da planta em questão. A composição química do OE da *L. alba* coletada no mesmo local da planta utilizada neste estudo, apresentou o linalol como sendo o composto majoritário, representando 47,66% do total de constituintes desse extrato (Hohlenwerger et al., 2016). Em estudos recentes, a presença do linalol foi relacionado com uma melhora na capacidade antioxidante de juvenis de jundiá, quando estes foram alimentados com dietas contendo o OE de *L. alba* nas dietas (Sacol et al., 2013).

A situação de estresse oxidativo induzido no fígado de *Rhandia quelen* pela privação alimentar, pelo aumento de concentração de TBARS, pode ter ocorrido por lesões hepáticas significantes, confirmado pelo aumento dos níveis de TGO no plasma. A exposição de *R. quelen* aos dias de jejum aumentou significativamente na atividade de TGO, que serve como um marcador biológico de hepatotoxicidade. Este aumento também foi verificado em tilápia

do Nilo expostos a deltametrina por El-Sayed et al. (2007). A redução do NPSH no fígado, com a adição da *L. alba* indica a menor capacidade antioxidante dos peixes quando na presença dos compostos químicos da *L. alba* nas dietas, pois os NPSH podem atuar contra a formação das EROs e na manutenção do equilíbrio redox (Reischl et al., 2007).

A estratégia alimentar pode ser utilizada com 1 dia de restrição semanalmente onde os animais terão um crescimento compensatório parcial, com maior deposição de proteína e redução de gordura na carcaça. Porém com mais dias de privação prejudica o crescimento dos animais, mostrando que ainda precisa ser realizados mais estudos para melhores esclarecimentos. A adição do pó da folha de *L. alba* em dietas para o jundiá, apresenta um potencial antioxidante, devido a presença de OE e compostos fenólicos. Por outro lado, a adição desta planta afeta negativamente o crescimento e a hematologia dos animais, provavelmente por ter antinutrientes em sua composição. Portanto, a adição do pó da folha de *L. alba* no nível utilizado neste estudo não é recomendada para juvenis de jundiá.

5. Referências

- Aguiar, J. P. L., et al.; Biodisponibilidade do ferro do jambu (*Spilanthes oleracea* L.): estudo em murinos. *Rev Pan Amaz Saude.* 5(1), 19-24, 2014.
- Ali, M. et al.; Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish Fish*, v.4, n.2, p.147-190, 2003.
- Ali, M.Z., Jauncey, K.; Evaluation respect to compensatory growth and body composition in African catfish *clarias gariepinus*. *Aquaculture Nutrition.* 10, 39-45, 2004.
- Amim, A.K.M.R.; et AL.; Production performance of sutchi catfish *Pangasianodon hypophthalmus*S. in restricted feeding regime: effects on gut, linear and meat quality. *Aquaculture Reseas ch.* 43, 621-627, 2012.
- Aoac. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis.* 16 ed., 1137p., 1995.
- Baldisserotto, B.; Radünz Neto, J. Criação de Jundiá. Santa Maria, Editora UFSM, p.117-141, 2004.
- Bavcevic, L., et al.; Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. *Aquaculture*, v. 301, p. 57-63, 2010.
- Bélanger, F.; Blier, P. U.; Dutil, J. D.; Digestive capacity and compensatory growth in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Fish Physiol. and Biochem.*, Netherlands, v.58, p. 1531-1544, 2002.
- Benevides, C. M. J., et al.; Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. *Segurança Alimentar e Nutricional.* 18(2), 67-79, 2011.
- Bergamin, G. T., et al.; Extração de antinutrientes e aumento da qualidade nutricional dos farelos de girassol, canola e soja para alimentação de peixes. *Ciência Rural.*43(10), 1878-1884, 2013.
- Black, D., Love, R.M.; The sequential mobilisation and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *J. Comp. Physiol.* 156, 469 - 479. 1986.
- Blasco, J.; Fernandez, J.; Gutierrez, J.; The effects of starvation and refeeding on plasma amino acid levels, *Cyprinus carpio* L., 1758. *J. Fish Biol.*, v.38, p.587-598, 1991.
- Blasco, J., Fernández, J., Gutiérrez, J. The effects of starvation and refeeding on plasma amino acid levels, *Cyprinus carpio* L., 1758. *J. Fish Biol.*, London, v. 38, p. 587-598, 1992.

- Bligh, E.G.; Dyer, W.J.; A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemistry*, v.37, n.8, p. 911-917, 1959.
- Bradford, M.M.; A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. *Analytical Biochemistry*, v. 72, p. 248-254, 1976.
- Brandão, F.R., et AL.; Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. *Pesq. Agrop. Brasileira* 39, 357–362, 2004.
- Buege, J.A., Aust, S.D.; Microsomal lipid peroxidation, *Methods Enzymol.* 52 (1978) 302-309, 1978.
- Carvalho, M. C., Baracat, E. C. E. and Sgarbieri, V. C.; Anemia Ferropriva e Anemia de Doença Crônica: Distúrbios do Metabolismo de Ferro. *Segurança Alimentar e Nutricional*.13(2), 54-63, 2006.
- Chies, C. E., et al.; Antioxidant Effect of *Lippia alba*(Miller) N. E. Brown. *Antioxidants*.2, 194-205, 2013.
- Echevarría, G.; Martínez-Bebíá, M., Zamora, S.; Evolution of biometric indices and plasma metabolites during prolonged starvation in European sea bass(*Dicentrarchus labrax*, L.). *Comp. Biochem. Physiol.*, v. 118A, n. 1, p. 111-123, 1997.
- Ellman, G. L.; Tissue sulphhydryl groups. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 82, p. 70-77, 1959.
- El-Sayed, Y.S., Saad, T.T., El-Bahr, S.M. Acute intoxication of deltamethrin in monosex Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* with special reference to the clinical, biochemical and haematological effects. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* v. 24, p. 212–217, 2007.
- Fletcher, L. M; et al.; Markers of chronic alcohol ingestion in patients with nonalcoholic steatohepatitis: an aid to diagnosis. *Hepatol.* v. 13, p. 455-9. 1991.
- Foster, D. G.; Moon, T. W.; Hypometabolism with fasting in the yellow perch (*Percaflavescens*): A study of enzymes, hepatocyte metabolism, and tissue size. *Physiol.Zool.*, Chicago, v. 64, n. 1, p. 259-275, 1991.
- Gomes, L. C., et al.; Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei: Pimelodidae). *Ciência Rural*. 30, 179-185, 2000.
- Hector, K.L., Nakagawa, S.; Quantitative analysis of compensatory and catch-up growth in diverse taxa. *Journal of Animal Ecology*. 81, 583-593, 2012.
- Hohlenwerger, J. C., et al.; Could the essential oil of *Lippia alba* provide a readily available and cost-effective anaesthetic for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)?.*Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*.49, 119-126, 2016.

- Ituassú, D.R., et al.; Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.39, n.12, p.1199-1203, 2004.
- Jiwyam, W. Growth and compensatory growth of juvenile *Pangasius bocurti* Sauvage, 1880 relative to ration, *Aquaculture*, v. 306, p. 393-397, 2010.
- Larsson, A. and Lewander, K.; Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L. *Comparative Biochemistry and Physiology* 44A,367 – 374, 1973.
- Lazzari, R., et al.;Diferentes fontes protéicas para a alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). *Ciência Rural*. 36, 240-246, 2006.
- Lazzari, R.; et al. Desempenho e composição dos filés de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos a diferentes dietas na fase de recria. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 60, n. 2, p. 477-484, 2008.
- Lochmiller, R. L.; Weichman, J. D.; Zale, A. V.; Hematological assessment of temperature and oxygen stress in a reservoir population of striped bass (*Morone saxatilis*), *Comp. Bioch. And Physiol.*, v. 93A, p. 535-541, 1989.
- Lushchak, O.V.; et al.; Low toxic herbicide Roundup induces mild oxidative stress in goldfish tissues. *Chem*, v. 76,p. 932-937. 2009.
- Macleay, A.; Metcalfe, N.B.; Social status, access to food, and compensatory growth in juvenile Atlantic salmon. *J Fish Biol*,v.58, n.5, p.1331-1346, 2001.
- Morais, S. M., et al.; Correlação entre as atividades antiradical, antiacetilcolinesterase e teor de fenóis totais de extratos de plantas medicinais de farmácias vivas. *Rev. Bras. Pl. Med.* 15(4), 575-582, 2013.
- Navarro, I.; Gutiérrez, J.; Planas, J.; Changes in plasma glucagon, insulin and tissue metabolites associated with prolonged fasting in Brown trout (*Salmo trutta fario*) during two different seasons of year. *Comp. Biochem. Physiol.*, v. 102A, n. 2, p. 401- 407, 1992.
- Nelson, D. P., Kiesov, L. A.; *Analytical Biochemistry*, v. 49, p. 474-478, 1972.
- Nikki, J., et al.; Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. *Aquaculture*, V.235, P.285-296, 2004.
- Pansera, M. R., et al.; Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no Nordeste do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Farmacognosia*.13, 17-22, 2003.
- Phillips,A.M., e D.R.Brockway.; The nutrition of trout -IV. Vitamin requirements. *Proq.Fish-Cult.*,19:119-123, 1957.
- Pinto, L. G. Q., et al.; Desempenho do Piauçu (*Leporinus macrocephalus*) Arraçoado com Dietas Contendo Diferentes Teores de Tanino. *Rev. Bras. Zootec.* 30(4), 1164-1171, 2001.

- Prates, E. R.; Técnicas de pesquisa em nutrição animal \ Ênio Rosa Prates. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2007.
- Post, G.;Fish Health, T. F. H. Publications, p. 37-41, 1987.
- Prusty, A. K., et al.;Effect of dietary tannin on growth and haemato-immunological parameters of *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. *Animal Feed Science and Technology*. 136, 96-108, 2007.
- Radünz Neto, J. and Borba, M. R.;Exigências nutricionais e alimentação do Jundiá. In NUTRIAQUA (ed. Fracalossi, D. M. and Cyrino, J. E. P.). Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. 241-253, 2012.
- RANZANI-PAIVA, M.J.T.; ET AL.; Análises hematológicas de curimatá (*Prochilodus scrofa*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) das estações de piscicultura do Instituto de Pesca, estado de São Paulo. Boletim do Instituto de Pesca, v.25, p.77-83, 1999.
- Reischl, E., et al.; Distribution, adaptation and physiological meaning of thiols from vertebrate hemoglobins. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 146, 22-53, 2007.
- Sacol, E. M. H., et al.; Addition of *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown essential oil to the diet of the silver catfish: An analysis of growth,metabolic and blood parameters and the antioxidant response. *Aquaculture*. 416-417, 244-254, 2013.
- SAS. Statistical Analysis System.,User's Guide. Version 8.02. SAS Institute INC. North Caroline, SAS, 3864p, 2013.
- Sheridan, M.A., Mommsen, T.P.; Effects of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, v. 81, p. 473-483, 1991.
- Shimeno, S., Kheyyali, D., Takeda, M.; Metabolic adaptation to prolonged starvation in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, v. 56, n. 1, p. 35-41, 1990.
- Signor, A.A.; Diemer, O.; Yano, C.F.; et al. Parâmetros hematológicos e bioquímicos de jundiás (*Rhamdia voulezi*) submetidos à alimentação com certificação orgânica e convencional. In: Simpósio internacional de nutrição e saúde de peixes, n. 3, 2009, Botucatu. Anais... Botucatu: UNESP, 2009, p. 1-3.
- Sorbi, D; Boynton, J; Lindor, K. D.; The ratio aspartato aminotransferase to alanineaminotransferase: potential value in differentiating nonalcoholic steatohepatitis from alcoholicliver disease. *J Gastroenterol*.v. 94, p. 1018-1022. 1999.

- Souza, V.L.; Efeitos da restrição alimentar e da realimentação no metabolismo de pacus juvenis (*Piaractus mesopotamicus*). Dissertação (mestrado em zootecnia). Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, p 163, 1994.
- Souza, V.L.; Oliveira, E.G.; Urbinati, E.C.; Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). *J. Aquac. Trop.*, v.15, n.4, p.371-379, 2000.
- Souza, V.L., et al.; Avaliação do crescimento e do custo da alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. *R. Bras. Zootec*, v.32, n.1, p.19-28, 2003.
- Spies, J.R., 1957. Colorimetric procedures for amino acids. *Methods in Enzymology*, v.3, p.467-477.
- Sreerama, Y. N., et al.; Distribution of nutrients and antinutrients in milled fractions of chickpea and horse gram: seed coat phenolics and their distinct modes of enzyme inhibition. *J. Agric. Food Chem.* 58(7), 4322-4330, 2010.
- Stashenko, E. E.; Jaramillo, B. E.; Martínez, J. R.; Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its in vitro antioxidant activity. *Journal of Chromatography A*, v. 1025, p. 93-103, 2004.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H.; Principles and procedures of statistics. 2 ed., New York: McGraw Hill, 1980. 633 p. Stimpson, J.H.; Comparative aspects of the control of glycogen utilization in vertebrate liver. *Comp. Biochem. Physiol.*, v. 15, p. 187-197, 1965.
- Tavares-Dias, M.; Schalch, S. H. C.; Moraes, F. R.; Hematological characteristics of Brazilian Teleosts. VII Parameters of seven species collected in Guariba, São Paulo State, Brazil, *Bol. do Inst. de Pes.*, v. 29, p. 109-115, 2003.
- Tian, X. e Qin, J.G.; A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, v.224, p.169-179, 2003.
- Tian, X.; Fang, J.; Dong, S.; Effects of starvation and recovery on the growth, metabolism and energy budget of juvenile tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*). *Aquaculture*, v. 310, p. 122-129, 2010.
- Wang, Y. et al.; Compensatory growth in hybrid tilapia (*Oreochromis mossambicus*x*O. niloticus*), reared in sea water. *Aquaculture*, v.189, n.1-2, p.101-108, 2000.
- Webster, C.D. et al.; Effects of fasting on fatty acid composition of muscle, liver, and abdominal fat in channel catfish *Ictalurus punctatus*. *J. World Aquacult. Soc.*, v. 25, n. 1, p. 126-134, 1994.

- Yamamoto, P. Y., et al.; Performance of ginger grass (*lippia alba*) for traits related to the production of essential oil. *Sci. Agric.* 65, 481-489, 2008.
- Zammit, V. A.; Newsholme, E. A.; Activities of enzymes of fat and ketone-body metabolism and effects of starvation on blood concentrations of glucose and fat fuels in teleost and elasmobranch fish. *Biochem. J.*, v. 184, p. 313-322, 1979.
- Zhu, X., et al.; Compensatory growth and food consumption in gibel carp, *Carassius auratus gibelio*, and Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris*, experiencing cycles of feed deprivation and re-feeding. *Aquaculture*, v.241, p.235-247., 2004.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSCHAU, A., et al.; Effect of feeding strategies on lipid production by *Lipomyces starkeyi*. **Bioresour Technol.** 2014;157:214–222. doi: 10.1016/j.biortech.2014.01.104.

AGUIAR, J. S. et al. Atividade antimicrobiana de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 18, n. 3, 2008.

AHMAD, I., et al.; Induction of hepatic antioxidants in freshwater catfish (*Channa punctatus* bloch) is a biomarker of paper mill effluent exposure. **Biochim. Biophys. Acta** v. 1523, p. 37–48. 2000.

ALMROTH, B. C.; et al.; Protein carbonyls and antioxidant defenses in corkwing wrasse (*Symphodus melops*) from a heavy metal polluted and a PAH polluted site. **Mar Environ. Res.**, v. 66, p. 271-277, 2008.

ALI, M. et al. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. **Fish Fish**, v.4, n.2, p.147-190, 2003.

ALVARADO, C.E.G. Sobrevivência a aspectos econômicos de treinamento alimentar de juvenis de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829), em laboratório. São Carlos – SP, 2003, 66p. **Dissertação de Mestrado**. Pós-graduação em Aquicultura, Universidade Federal de São Carlos, 2003.

AMES, B.N.; SHIGENAGA, M.K.; HAGEN, T.M. Oxidants, and the degenerative diseases of aging. **Proceed of the National Academ of Scien of the USA**. v. 90, p. 7915-7922, 1993.

AZAMBUJA, C. R., et al.; Effect of the essential oil of *Lippia alba* on oxidative stress parameters in silver catfish (*Rhamdia quelen*) subjected to transport. **Aquaculture**.319, 156-161, 2011.

BAANANTE, I.V. et al. Regulation of fish glycolysis – gluconeogenesis: role of fructose 2,6 P₂ and PFK - 2. **Comp. Biochem physiol.** 100B: p. 11 – 17, 1991.

BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de Jundiá**. Santa Maria, Editora UFSM, p.117-141, 2004.

BARATA, C., et AL.; Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in the freshwater cladoceran *Daphnia magna* exposed to redox cycling compounds. **Comp Biochem Physiol C**, v. 140, p. 175-186, 2005.

BARCELLOS, L. J. G.; SOUZA, S. M. G. DE; WOEHL, V. M. Estresse em peixes: fisiologia da resposta ao estresse, causas e conseqüências (revisão). **Boletim do Instituto de Pesca**, 26, 99-111. 2000.

BARREIROS ALB, DAVID JM. Estresse Oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Quim Nova**. 29(1):113-23, 2006.

BECKER, A. G., et al.;Pre-sedation and transport of *Rhamdia quelen* in water containing essential oil of *Lippia alba*: metabolic and physiological responses. **Fish Physiol Biochem**.42, 73-81, 2016.

BLACK, D., LOVE, R.M. The sequential mobilisation and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. **J. Comp. Physiol.** 156, 469 - 479. 1986.

BLASCO, J., FERNÁNDEZ, J., GUTIÉRREZ, J. The effects of starvation and refeeding on plasma amino acid levels, *Cyprinus carpio* L., 1758. **J. Fish Biol.**, London, v. 38, p. 587-598, 1992.

BOCKMANN, F.A.; GUAZZELLI, G.M. Family Heptapteridae. In: REIS, R.E.; KULLANDER, S.O.; FERRARIS JUNIOR, C.J. Check list of the freshwaterfishes of south and Central America.Porto Alegre: **EDIPUCRS**, p.406-431, 2003.

CADENAS, E. e DAVIES, K. J. Mitochondrial free radical generation, oxidative stress and aging. **Free Rad. Biol. Med.** v. 29, p. 222-230. 2000.

CARNEIRO, P.C.F. et al. Resultados preliminares sobre o jundiá, *Rhamdia quelen*, como espécie importante para a piscicultura na região Sul do Brasil. **Anais...** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12, 2002, Goiânia. Goiânia: CAUNESP/ESALQ, 403, p.11, 2004.

CASTRO, H.G. de. et al.; Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários. **2.ed. Visconde do Rio Branco: UFV**, 113 p, 2004.

CHAPPAZ, R.; G. OLIVART, and G. BRUN. 1996. Food availability and growth rate in natural populations of the brown trout (*Salmo trutta*) in Corsican streams. **Hydrobiology** 331: 63-69.

CHRISTIANSEN, D.C., KLUNGSOYR, L. Metabolic utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, v. 88B, p. 701-711, 1988.

CHOW, C. K. Vitamin-E and oxidative stress. *Free Rad. Biol. Med.*, v. 11, p. 215-232. 1991.

COSTAS, B., et al.; Feed deprivation in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) juveniles: effects on blood plasma metabolites and free amino acid levels. *Fish Physiol. Biochem.* 37, 495–504, 2011.

CUNHA, M. A., et al.; Essential oil of *Lippia alba*: A new anesthetic for silver catfish, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*. 306, 403-406, 2010.

CUNHA, M. A., et al.; Anesthetic induction and recovery of *Hippocampus reidi* exposed to the essential oil of *Lippia alba*. *Neotropical Ichthyology*. 9(3), 683-688, 2011.

EROLDOGAN, O.T.; KUMLU, M.; SEZER, B. Effects of starvation and re-alimentation periods on growth performance and hyperphagic response of *Sparus aurata*. *Aquac. Res.* V.37, p.535-537, 2006a.

FAO –Organização das nações unidas para a alimentação e a agricultura. **A produção mundial do pescado em 2012**. Disponível em: <http://fenacam.com.br/pdf/fenacam2014/aquicultura/6-aquicultura-na-america-latina-situacao-atual-e-perspectivas_-felipe-matias.pdf>. Acesso em: 21 de junho de 2014.

FARBRIDGE, K.J. et al. Temporal effects of restricted diet and compensatory increased dietary intake on thyroid-function, plasma growth-hormone levels and tissue lipid reserves of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 104, 157 – 174, 1992.

FINKEL T, HOLBROOK N. J. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Natur.* v. 408, p. 239-247. 2000.

FIUZA, T.S., et al.; Análise tecidual e celular das brânquias de *Oreochromis niloticus* L. tratadas com extrato etanólico bruto e frações das folhas de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) – Myrtaceae. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*: Botucatu, v.13, n.4, p.389-395, 2011.

FRACALOSSO, D.M. et al. No rastro das espécies nativas. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, v.12, n°74, p.43-49, 2002.

GODDARD, S. Feed management in intensive aquaculture. **Chapman & Hall**, Newfoundland, Canada, 1996.

GOMES, E. C. et al. Constituents of the essential oil from *Lippia alba* (Mill) N. E. Br. (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 74, p. 29-32, 1993.

GRAHAM, J. B. Ecological, evolutionary, and physical factors influencing aquatic animal respiration. **Am. Zool.**, v. 30, p. 137-146. 1990.

HALLIWELL, B; and GUTTERIDGE, J. M. C. Cellulra responses to oxidative stress: adaptation, damage, repair, senescence and death. In (Halliwell, B. and Gutteridge, J. M. C., eds.). Free radicals in Biology and Medicine, Oxford **University Press Inc**, p. 187-267. 2007.

HAYWARD, R.S. et al. Failure to induce overcompensation of growth inmaturing yellow perch. **Journal of Fish Biology**, 59,126 – 140, 2001.

HENNEBELLE, T. et al. Ethnopharmacology of *Lippia alba*. **Journal of Ethnopharmacology**, v.116, p.211-222, 2008.

HEPHER, B. **Nutrition of ponds fishes**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 387, 1988.

HENRIQUE, W. et al. Silagem de milho, sorgo, girassol e suas consorciações. II.Composição bromatológica, 1998. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998, Botucatu. **Socied Brasil de Zootec.** p.379–381. 1998.

ÍNAL, M.E.; KANBAK, G.; SUNAL, E. Antioxidant enzyme activities and malondialdehyde levels related to aging. **Clinica Chimica Acta.** v. 305, p. 75– 80, 2001.

INCE, B.W. and THORPE, A. The e!ects of starvationand force-feeding on the metabolism of the Northern Pike, *Esox lucius* L. **Journal of Fish Biology**, 8,79 – 88, 1976.

IWAMA, G.; et al.; Are hsp90 suitable for indicating stressed states in fish? **J Exp Biol** 204:15–19. 2004.

ITUASSÚ, D.R. et al. Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.39, n.12, p.1199-1203, 2004.

- JEZIEŃSKA, B. HAZEL, J.R. and GERKING, S.D. Lipid mobilization during starvation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, with attention to fatty-acids. **Journal of Fish Biology**, 21, 681- 692, 1982
- JOBLING, M. Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. In: **Fish Ecophysiology** (eds J.C. Rankin and F.B. Jensen), Chapman & Hall, London, pp.1 – 44, 1993.
- JORDÃO-JUNIOR, AFONSO, A., SILVEIRA, S., FIGUEIREDO, J. F. C. & VANNUCCHI, H. Urinary excretion and plasma vitamin E levels in patients with AIDS. **Nutrit.** v. 14, p. 423-426. 1998.
- KAMRA, S.K. Effect of starvation and refeeding on some liver and blood constituents of atlantic cod (*Gadus morhua* L.). **J. Fish. Res. B. Can.**, v. 23, p. 975-982, 1966.
- KASAPOGLU, M.; ÖZDEN, T. Alterations of antioxidant enzymes and oxidative stress markers in aging. **Experim. Gerontology**. v. 36, p. 209-220, 2001.
- KIEFFER, J.D.; TUFTS, B.L. Effects of food deprivation on white muscle energy reserves in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): the relationships with body size and temperature. **Fish Phys. and Bioc.**, v.19, p.239-245, 1998.
- KINDSCHI, G.A. Effect of intermittent feeding on growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Richardson. **Aquacult Fish Manage**, v.19, n.2, p.213-215, 1998.
- KRAMER, D. L. Dissolved oxygen and behavior. **Environ. Biol. Fish**, v. 18, p. 81-92. 1987.
- LAIZ-CARRIÓN, R., et al.; Influence of food deprivation and high stocking density on energetic metabolism and stress response in red porgy, *Pagrus pagrus* L. **Aquac. Int.** 20, 585–599, 2012.
- LARSSON, A. and LEWANDER, K. Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L. **Comparative Biochemistry and Physiology** 44A,367 – 374, 1973.
- LOVE, R.M. The Chemical Biology of Fishes, Vol. 2. **Academic Press**, London, 1980.
- MACHADO, C.R. et al. Effects of starvation, refeeding, and insulin on energy-linked metabolic processes in catfish (*Rhamdia hilarii*) adapted to a carbohydrate-rich diet. **Gen. Comp. Endocrinol.**, v. 71, p. 429-437, 1988.

MACLEAN, A.; METCALFE, N.B. Social status, access to food, and compensatory growth in juvenile Atlantic salmon. **J Fish Biol**, v.58, n.5, p.1331-1346, 2001.

MAKKAR, H. P. S., Francis, G., Becker, K.; Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. **Animal**, **1 (9)**: 1371-1391, 2007.

MARAN, E., et al.; Effects of fourcarbamate compounds on antioxidant parameters. **Ecotoxicol Environ Safety**, v. 72, p. 922-930. 2009.

MARNETT, L.J. Oxyradicals and DNA damage. *Carcinogenesis* **21**: 361-370. Merken, H.M. and Beecher, G.R. Measurement of food flavonoids by high-performance liquid chromatography: A review. **Journal of Agric and Food Chem.** v. 48, p. 577-599. 2000.

MATTOS, S.H. et al. Plantas medicinais e aromáticas cultivadas no Ceará: tecnologia de produção e óleos essenciais. (*série BNB - ciência e tecnologia 2*)Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, p. 61-63, 2007.

McCLELLAND, G. et al. Lipid composition an plasma in two mediterranean fishes, the gilt-head sea bream (*Chrysophrys auratus*) and the european seabass (*Dicentrarchus labrax*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 52, p. 161-170, 1995.

MENEZES, C. et al.; The influence of stocking density and food deprivation in silver catfish (*Rhamdia quelen*): A metabolic and endocrine approach. **Aquaculture**. P. 257-264, 2015.

MODESTO, K.A.; MARTINEZ, C.B.R. Roundup® causes oxidative stress in liver and inhibits acetylcholinesterase in muscle and brain of the fish *Prochilodus lineatus*. **Chem**, v. 78, p. 294-299. 2010.

MOMMSEN, T.P., SUAREZ, R.K. Control of gluconeogenesis in rainbow trout hepatocytes: role of pyruvate branchpoint and phosphoenolpyruvate-pyruvate cycle. **Molec. Physiol.**, v. 6, p. 9-18, 1984.

MONTEIRO, D.A., et al.; Oxidative stressbiomarkers in the freshwater characid fish, *Brycon cephalus*, exposed toorganophosphorusinsecticide Folisuper 600 (methyl parathion). **Comp Biochem Physiol C**, v. 143, p. 141-149,2006.

MOON, T.W. Metabolic reserves and enzyme activities with food deprivation in immature american eels, *Anguilla rostrata* (LeSueur). **Can. J. Zool.**, v. 61, p. 802-811, 1983.

MOON, T.W. et al. Changes in peptide hormones and liver enzymes in the rainbow trout deprived of food for 6 weeks. **Can. J. Zool.**, v. 67, p. 2189-2193, 1989.

NAVARRO, I.; GUTIÉRREZ, J.; PLANAS, J. Changes in plasma glucagon, insulin and tissue metabolites associated with prolonged fasting in Brown trout (*Salmo trutta fario*) during two different seasons of year. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 102A, n. 2, p. 401- 407, 1992.

NIKKI, J. et al. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. **Aquaculture**, V.235, P.285-296, 2004.

NORBERG, J.; ARNÉR, E.S.J. Reactive oxygen species, antioxidants and the mammalian thioredoxin system. **Free Radical Biology & Medicine**, v.31, n.11, p.1287-1312, 2001.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C; FRACALOSSO, D.M.F. Coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4, p.1581-1587, 2006.

OTTOLENGHI, C. et al. Effects of insulin on glycogen metabolism in isolated and perfused catfish liver. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 80A, p.135-138, 1985.

PASCUAL, M. E. et al. Lippia: tradiocional uses, chemistry and pharmacology: a review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 76, p. 201-214, 2001.

PLISETSKAYA, E.M. Fatty acid levels in blood of cyclostomes and fish. *Env. Biol. Fishes*, **Ithaca**, v. 5, p. 273-290, 1980.

RIBEIRO, F.F.; TSUZUKI, M.Y. Compensatory growth responses in juvenile fat snook, *Centropomus parallelus* Poey, following food deprivation. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 226-e233, 2010.

RODRIGUES, A.P.O, et al. Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá (*Rhandia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aqua.Nutr.** 18, 65-72, 2012.

RUDERMAN, N.B. Muscle amino acid metabolism and gluconeogenesis. **Ann. Rev. Med.**, v. 26, p. 245-258, 1975.

SACCOL, E. M. H., et al.; Addition of *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown essential oil to the diet of the silver catfish: An analysis of growth, metabolic and blood parameters and the antioxidant response. *Aquaculture*. **416-417**, 244-254, 2013.

SAINZ, R.D.; BENTLEY, B.E. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refed beef steers. *Journal of Animal Science*, v.75, n.5, p.1229-1236, 1997.

SANTOS, D. L.; et al.; Tempo de rematuração em fêmeas de *Betta splendens* (REGAN, 1910) submetidas a dietas com diferentes níveis protéicos. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, São Luís, v. 4, n. 2, p. 73-78, 2009.

SEALEY, W.M. et al. Restricted regimes increase production efficiency in channel catfish. **SRAC publication**, Auburn, 5p., 1998.

SHALABY A.M, KHATTAB Y.M, ABDEL RAHMAN A.M.; Effects of garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) *J. Venom. Anim. Toxins incl. Trop Dis.*; 12:172–201, 2006.

SHERIDAN, M.A., MOMMSEN, T.P. Effects of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, v. 81, p. 473-483, 1991.

SILFVERGRIP, A.M.C. A systematic revision of the neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei, Pimelodidae). Stockholm : Department of Zoology, Stockholm University and Department of Vertebrate Zoology, **Swedish Museum of Natural History** , 1996. 156p.

SLOWING BARILLAS, K. V. Estudio de la Actividad Antiinflamatoria de Diversas Especies de la Flora de Guatemala. **Facultad de Farmacia**, Memoria Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 1992.

SOUZA, V.L. Efeitos da restrição alimentar e da realimentação no metabolismo de pacus juvenis (*Piaractus mesopotamicus*). **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, p 163, 1994.

SOUZA, V.L.; OLIVEIRA, E.G.; URBINATI, E.C. Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). *J. Aquac. Trop.*, v.15, n.4, p.371-379, 2000.

SOUZA, V.L. et al. Avaliação do crescimento e do custo da alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. **R. Bras. Zootec**, v.32, n.1, p.19-28, 2003.

STADTMAN &, LEVINE R. Protein oxidation. *Ann NY Acad Sci*. 899, p. 191-208. 2000.

STASHENKO, E. E.; JARAMILLO, B. E.; MARTÍNEZ, J. R. Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its in vitro antioxidant activity. **Journal of Chromatography A**, v. 1025, p. 93-103, 2004.

STIMPSON, J.H. Comparative aspects of the control of glycogen utilization in vertebrate liver. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 15, p. 187-197, 1965.

STINGELIN, L. A.; MIOTTO, H. C.; POUEY, J. L.O. Rendimento de carcaça e carne do jundiá (*Rhamdia* sp) na faixa de 300 – 400g. de peso total cultivado na densidade de 1 peixe/m². In: Congresso de Iniciação Científica, 7, 1998, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL/UCPEL/FURG, 1998, p.332.

SUAREZ, R.K., MOMMSEN, T.P. Gluconeogenesis in teleost fishes. **Can. J. Zool.**, v. 65, 1869-1882, 1987.

SUTILI, F.K., et al.; Plant essential oils against *Aeromonas hydrophila*: In vitro activity and their use in experimentally infected fish. **Journal of Applied Microbiology** 119(1), 2015.

TAKAHASHI, L.S. et al. Feeding strategy with alternate fasting and refeeding: effects on farmed pacu production. **J. of Ani. Phys. and Ani. Nutri.**, v. xx, p. x-x, 2010.

TAVARES, E. S. et al. Análise do óleo essencial de folhas de três quimiotipos de *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. (Verbenaceae) cultivados em condições semelhantes. **Revista Brasileira Farmacognosia**, v. 15, p. 1-5, 2005.

ÜNER, N., et al.; Effects of diazinon on acetylcholinesterase activity and lipid peroxidation in the brain of *Oreochromis niloticus*. **Environ Toxicol Pharmacol**, v. 21, p. 241-245. 2006.

VEECK, A. P. L., et al.; Lipid stability during the frozen storage of fillets from silver catfish exposed in vivo to the essential oil of *Lippia alba* (Mill.) NE Brown. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 93, 955-960, 2013.

VEECK, A. P. L., et al.; Estabilidade lipídica de filés de carpa húngara congelados tratados com extratos de *Lippia alba*. **Ciência Rural**. 45(6), 1113-1119, 2015.

VIJAYAN, M.M. et al. Hormonal control of hepatic glycogen metabolism in food-deprived, continuously swimming coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 50, p. 1676-1682, 1993.

WANG, Y. et al. Compensatory growth in hybrid tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*), reared in sea water. **Aquaculture**, v.189, n.1-2, p.101-108, 2000.

WANG, Y. et al. Partial compensatory in hybrid tilapia *Oreochromis mossambicus* X *O. niloticus* following food deprivation. **J. Appl. Ichth.**, v.21, p.389-393, 2005.

WEBSTER, C.D. et al. Effects of fasting on fatty acid composition of muscle, liver, and abdominal fat in channel catfish *Ictalurus punctatus*. **J. World Aquacult. Soc.**, v. 25, n. 1, p. 126-134, 1994.

WINSTON, G. W & DI GIULIO, R.T. Prooxidante and antioxidante mechanisms in aquatic organisms. **Aquatic toxicol.** v. 19, p. 137-161. 1991.

YAMAMOTO, P.Y. Interação genótipo x ambiente na produção e composição de óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. **Dissertação** (Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico - USP, Campinas, 2006. 90f.

YANNI, M. Effect of starvation on content of water and lipids tissue of *Clarias lazera*. **Z. vergl. Physiol.**, v. 45, p. 390-395, 1962.

ZANIBONI-FILHO, E. Larvicultura de peixes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.203, p.69-77, mar./abr. 2000.

ZHENG, X., et al.; Physiological roles of fatty acyl desaturase and elongase in marine fish: Characterisation of cDNAs of fatty acyl $\Delta 6$ desaturase and Elovl5 elongase of cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture** 290, 122-131, 2009.