

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

Suziane Ghedini Martinelli

**SUPLEMENTAÇÃO DE TAURINA EM DIETAS PARA JUNDIÁ**  
**(*Rhamdia quelen*)**

Santa Maria, RS  
2016

**Suziane Ghedini Martinelli**

**SUPLEMENTAÇÃO DE TAURINA EM DIETAS PARA JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Zootecnia**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leila Picolli da Silva

Santa Maria, RS  
2016

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

Martinelli, Suziane Ghedini  
Suplementação de taurina em dietas para Jundiá  
(Rhamdia quelen) / Suziane Ghedini Martinelli.-2016.  
93 f.; 30cm

Orientadora: Leila Picolli da Silva  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia, RS, 2016

1. Antioxidante 2. Peixe 3. Metabolismo 4.  
Concentrado Proteico I. Silva, Leila Picolli da II.  
Título.

---

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Suziane Ghedini Martinelli. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: [suzimartinelli@yahoo.com.br](mailto:suzimartinelli@yahoo.com.br)

**Suziane Ghedini Martinelli**

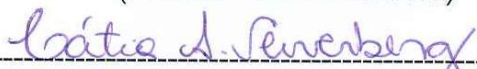
**SUPLEMENTAÇÃO DE TAURINA EM DIETAS PARA JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Zootecnia**

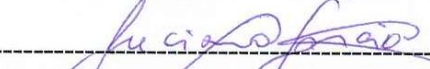
Aprovado em 26 de fevereiro de 2016:



-----  
**Leila Picolli da Silva, Dr<sup>a</sup>.**  
(Presidente/Orientadora)



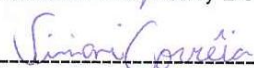
-----  
**Cátia Aline Veiverberg, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**



-----  
**Luciano de Oliveira Garcia, Dr. (FURG)**



-----  
**Rafael Lazzari, Dr. (UFSM)**



-----  
**Viviani Corrêa, Dr<sup>a</sup>. (UNIPAMPA)**

Santa Maria, RS  
2016

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me manter forte nesta caminhada.

Aos meus pais, pelo incentivo, amor incondicional, por acreditarem nos meus sonhos e entenderem minhas ausências em vários momentos e datas importantes, vocês são meu porto seguro.

A minha irmã Suélen, que sempre acreditou em mim, me deu força e apoio durante toda minha caminhada acadêmica. Você é especial para mim, um exemplo de dedicação e esforço, torço muito por ti e saibas que sempre pode contar comigo.

Agradeço a professora Leila Picolli da Silva, pela orientação e confiança, pelos ensinamentos e paciência.

A Maria Aguerre, por toda a ajuda, carinho, paciência, pelas conversas e conselhos. Você foi uma mãe para mim durante todo o tempo que fiquei no Laboratório de piscicultura.

Ao professor João Radünz Neto, por todos os ensinamentos e pela oportunidade de estágio no laboratório ainda no início da graduação.

Aos meus colegas de Laboratório, Ana Betine, Bruno, Daniel, Dirleise, Fernada, Jackson, Júlia, Marco, Mônica, Naglezi, Patrícia, Rudiany, Sharine, Shelen, Silvano, Taida, Thais, Vagner, pela ajuda, amizade e incentivo, sem vocês nada disso seria possível.

Um agradecimento especial aos amigos e colegas, Daniel Flores, Isadora, Eduardo, Marina, Joziane, Marisa, Letícia, pelo empenho em me ajudar, pela amizade e dedicação de vocês. Saibam que guardo vocês no coração. A “tia” Suzi tem muito orgulho de vocês, sei que vocês todos vão longe.

Aos professores Cátia Aline Veiverberg, Paulo Santana Pacheco e Rafael Lazzari, pela ajuda, ensinamentos e paciência.

A professora Vania Lucia Loro e toda sua equipe do Laboratório de Bioquímica Toxicológica Aquática, por toda a ajuda, ensinamentos e momentos de descontração. Como diz a frase “Deus escreve certo por linhas tortas”, trabalhar com vocês em um momento de dificuldade que passei foi a melhor coisa que aconteceu durante o doutorado, obrigado por terem me acolhido com tanto carinho, serei sempre imensamente grata.

Aos meus amigos Fernanda Folmam, Cristiele, Claudia, Sol, Mari, Mauro, Magali, Simone, Laudenir, Cristiano, Alexandra, Suzete, pela amizade, incentivo e pelos momentos de descontração, sem amigos não somos nada.

Agradeço ao Vilmar Bender e as empresas Selena e MigPlus, pela doação de ingredientes para a confecção das rações, este auxílio foi muito importante para que fosse possível o andamento do experimento.

A minha madrinha Ana e minha avó Glória, pelo incentivo e torcida.

Enfim agradeço a todos que de uma ou outra forma contribuíram e torceram para que esse trabalho fosse realizado.

*“A nossa maior glória não reside no fato de nunca cairmos,  
Mas sim em levantarmo-nos sempre depois de cada queda”.*

*(Oliver Goldsmith)*

*“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei;  
Não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.  
As facilidades nos impedem de caminhar.  
Mesmo as críticas nos auxiliam muito”.*

*(Chico Xavier)*

*“O homem que faz coisas comete erros,  
Mas ele nunca comete o maior erro de todos -  
Não fazer nada”.*

*(Benjamin Franklin)*

## RESUMO

### SUPLEMENTAÇÃO DE TAURINA EM DIETAS PARA JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)

AUTORA: Suziane Ghedini Martinelli

ORIENTADORA: Leila Picolli da Silva

A taurina é um aminoácido fundamental em vários processos fisiológicos no organismo animal. Sua biossíntese, a partir da metionina e cistina, difere entre as diversas espécies de peixes e também é afetada pela sua presença ou não nos ingredientes utilizados na confecção das rações, de modo que sua suplementação pode melhorar a eficiência alimentar e proteger as células contra os danos oxidativos das espécies reativas de oxigênio. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a suplementação de taurina sobre parâmetros zootécnicos, metabólicos e potencial antioxidante em jundiás (*Rhamdia quelen*). Foram conduzidos três experimentos no Laboratório de Piscicultura da UFSM: nos dois primeiros, com duração de 54 dias, avaliaram-se o desempenho produtivo e parâmetros metabólicos de jundiás (5g) alimentados com dieta à base de ingredientes vegetais ou com farinha de peixe como fonte proteica, sendo ambas suplementadas com taurina (0, 0,5, 1,5 ou 2%). Nestes experimentos, o delineamento foi o inteiramente casualizado, sendo quatro níveis de suplementação com quatro repetições. No terceiro, com duração de 24 dias, avaliou-se o potencial antioxidante da taurina em jundiás (7g) quando suplementada juntamente com a metionina em dieta semipurificada. Neste último, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x4 (três níveis de metionina e quatro de taurina). Os resultados obtidos no experimento com adição de taurina em dietas com farinha de peixe como fonte proteica indicaram que a suplementação com esse aminoácido não melhorou o crescimento dos animais em relação à dieta não suplementada. Foi observado ainda que no nível mais elevado de taurina (2%) houve diminuição no crescimento, nos índices de deposição proteica e no consumo, além de aumentar a conversão alimentar aparente. Para os animais alimentados com as dietas vegetais não se verificou efeito da taurina no crescimento e no consumo. Entretanto, a adição de 0,5% de taurina nas dietas proporcionou maior retenção proteica, menor catabolismo e melhor conversão alimentar, comparado ao tratamento com de 2% de taurina. Os parâmetros metabólicos dos animais, de ambos os experimentos, não foram afetados de forma representativa pela suplementação de taurina nas dietas. No terceiro experimento, de avaliação da ação antioxidante da taurina e da metionina, foi observado que com nível de 1,5 e 2% de taurina e 3,5% de metionina houve menor formação de proteína carbonil e aumento na atividade da enzima antioxidante superóxido dismutase, além de menor catabolismo protéico. Os dois estudos de crescimento mostraram que os juvenis de jundiá não necessitam de suplementação de taurina, mesmo quando alimentados com dietas contendo fontes vegetais como base proteica, entretanto o terceiro experimento mostrou que a taurina apresenta ação antioxidante, tendo relação com o nível de metionina utilizado.

**Palavras-chave:** Antioxidante. Peixe. Metabolismo. Concentrado Proteico.



## ABSTRACT

### TAURINE SUPPLEMENTATION IN DIETS FOR JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)

AUTHOR: Suziane Ghedini Martinelli

ADVISER: Leila Picolli da Silva

Taurine is an essential amino acid in several physiological processes in the animal body. Its biosynthesis, from methionine and cystine, differs among the different species of fish and is also affected by their presence or not in the ingredients used in the manufacture of animal feed, so supplementation can improve feed efficiency and protect cells against oxidative damage of reactive oxygen species. The objective of this study was to evaluate the supplementation of taurine on performance, metabolic and antioxidant potential parameters in silver catfish (*Rhamdia quelen*). Three experiments were conducted on UFSM Fish Farming Laboratory: the first two, lasting 54 days, evaluated the productive performance and metabolic parameters of silver catfish (5g) fed with diet based on plant ingredients or fish meal as a source of protein, both being supplemented with taurine (0, 0.5, 1.5 or 2%). In these experiments, the design was completely randomized, with four levels of supplementation with four replications. In the third experiment, which lasted 24 days, it was evaluated the antioxidant potential of taurine in silver catfish (7g) when supplemented with methionine in semipurified diet. In the latter, the design was completely randomized in a factorial 3x4 (three levels of methionine and four taurine). The results obtained in the experiment with the addition of taurine in the diet with fish meal as protein source indicate that supplementation with this amino acid did not improve the growth of the animals compared to the unsupplemented diet. It was also observed that a higher level of taurine (2%) showed a decrease in growth, rates of protein deposition and consumption, and an increase in feed conversion. For the animals fed with plant diets there was no effect of taurine on growth and consumption. However, the addition of 0.5% taurine in the diet yielded higher protein retention, lower catabolism and better feed conversion, compared to treatment with 2% taurine. Metabolic parameters of the animals in both experiments were not affected by medium supplementation representative of taurine in the diet. In the third experiment, the evaluation of the antioxidant taurine and methionine action showed that with level of 1.5 and 2% taurine and 3.5% methionine had lower protein carbonyl formation and increased activity of antioxidant enzyme superoxide dismutase and decreased protein catabolism. Both growth studies showed that juvenile silver catfish did not require taurine supplementation even when fed with diets containing vegetable sources such as protein-based, though the third experiment showed that taurine has antioxidant action, with respect to the methionine level used.

**Keywords:** Antioxidant. Fish. Metabolism. Protein Concentrate.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO IV – “AÇÃO ANTIOXIDANTE DA TAURINA E METIONINA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)”

- Figura 1 - Proteína carbonil (nmol de carbonil/mg de proteína) no fígado de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias .....66
- Figura 2 - Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) (U/mg proteína) no fígado de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias .....68
- Figura 3 - Tióis não-proteicos (nmol de SH/tecido) no fígado de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias .....69
- Figura 4 - Glicogênio ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido) no músculo de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.....71
- Figura 5 - Glicogênio ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido) no fígado de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.....72
- Figura 6 - Aminoácidos livres ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido) no fígado de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.....73

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO II – “TAURINA EM DIETAS PARA JUNDIÁ (RHAMDIA QUELEN): IMPACTOS NO CRESCIMENTO”**

Tabela 1 - Composição das rações experimentais com farinha de peixe como fonte proteica e suplementação de taurina .....	28
Tabela 2 - Parâmetros de crescimento, consumo e conversão alimentar de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias.....	31
Tabela 3 - Rendimento de carcaça e índices viscerais de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias ...	32
Tabela 4 - Parâmetros hepáticos de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias.....	33
Tabela 5 - Parâmetros enzimáticos de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias.....	34
Tabela 6 - Composição corporal de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias.....	34
Tabela 7 - Índices de deposição de proteína e gordura na carcaça de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias.....	35

### **CAPÍTULO III – “A TAURINA É NECESSÁRIA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*) ALIMENTADOS COM DIETAS VEGETAIS?”**

Tabela 1 - Composição das rações experimentais com mistura de fonte proteicas de origem vegetal e suplementação de taurina .....	46
Tabela 2 - Parâmetros de crescimento, consumo e conversão alimentar de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias.....	48
Tabela 3 - Rendimento de carcaça e índices viscerais de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias ...	49
Tabela 4 - Parâmetros bioquímicos hepáticos de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias .....	49
Tabela 5 - Parâmetros enzimáticos de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias.....	50
Tabela 6 - Composição corporal de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias.....	51
Tabela 7 - Índices de deposição de proteína e gordura na carcaça de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias.....	51

### **CAPÍTULO IV – “AÇÃO ANTIOXIDANTE DA TAURINA E METIONINA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)”**

Tabela 1 - Composição das rações experimentais com suplementação de metionina e taurina.....	64
Tabela 2 - Avaliação dos parâmetros pró-oxidantes no fígado de juvenis de jundiá alimentados com dietas com diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.....	65

Tabela 3 - Parâmetros antioxidantes no fígado de juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.....	67
Tabela 4 - Parâmetros metabólicos musculares de juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.....	70
Tabela 5 - Parâmetros metabólicos hepáticos de juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.....	72

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	OBJETIVO GERAL.....	16
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO I REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1	JUNDIÁ.....	17
2.2	PROTEÍNA NA NUTRIÇÃO DE PEIXES.....	17
2.3	FONTES PROTEICAS DE ORIGEM VEGETAL NA DIETA DE PEIXES .....	19
2.4	TAURINA.....	20
2.5	ESTRESSE OXIDATIVO E PAPEL DA TAURINA COMO ANTIOXIDANTE .....	21
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO II TAURINA EM DIETAS PARA JUNDIÁ (<i>Rhamdia quelen</i>): IMPACTOS NO CRESCIMENTO</b> .....	26
<b>3.1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	26
3.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	27
<b>3.2.1</b>	<b>Ingredientes e dietas</b> .....	27
<b>3.2.2</b>	<b>Ensaio biológico de crescimento</b> .....	29
<b>3.2.3</b>	<b>Parâmetros avaliados</b> .....	29
<b>3.2.4</b>	<b>Análise estatística</b> .....	31
3.3	RESULTADOS .....	31
<b>3.3.1</b>	<b>Crescimento</b> .....	31
<b>3.3.2</b>	<b>Consumo e conversão alimentar</b> .....	32
<b>3.3.3</b>	<b>Índices viscerais</b> .....	32
<b>3.3.4</b>	<b>Parâmetros hepáticos e atividade das enzimas digestivas</b> .....	33
<b>3.3.5</b>	<b>Composição centesimal e índices de retenção</b> .....	34
3.4	DISCUSSÃO .....	35
3.5	CONCLUSÃO.....	38
	AGRADECIMENTOS.....	38
	REFERÊNCIAS .....	39
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO III A TAURINA É NECESSÁRIA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ (<i>Rhamdia quelen</i>) ALIMENTADOS COM DIETAS VEGETAIS?</b> .....	42
4.1	INTRODUÇÃO.....	42
4.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	44
<b>4.2.1</b>	<b>Ingredientes e dietas</b> .....	44
<b>4.2.2</b>	<b>Ensaio biológico de crescimento</b> .....	45
<b>4.2.3</b>	<b>Parâmetros avaliados</b> .....	46
<b>4.2.4</b>	<b>Análise estatística</b> .....	48
4.3	RESULTADOS .....	48
<b>4.3.1</b>	<b>Desempenho, rendimento de carcaça e índices viscerais</b> .....	48
<b>4.3.2</b>	<b>Consumo e conversão alimentar</b> .....	48
<b>4.3.3</b>	<b>Parâmetros hepáticos</b> .....	49
<b>4.3.4</b>	<b>Atividade enzimática digestiva</b> .....	50
<b>4.3.5</b>	<b>Composição corporal e índices de eficiência</b> .....	50
4.4	DISCUSSÃO .....	51
4.5	CONCLUSÕES.....	54
	AGRADECIMENTOS.....	54
	REFERÊNCIAS .....	54

<b>5</b>	<b>CAPÍTULO IV AÇÃO ANTIOXIDANTE DA TAURINA E METIONINA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ (<i>Rhamdia quelen</i>)</b> .....	<b>59</b>
5.1	INTRODUÇÃO.....	59
5.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	61
<b>5.2.1</b>	<b>Dietas experimentais</b> .....	<b>61</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Ensaio biológico</b> .....	<b>61</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Parâmetros avaliados</b> .....	<b>62</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Análise estatística</b> .....	<b>63</b>
5.3	RESULTADOS .....	65
<b>5.3.1</b>	<b>Avaliação dos parâmetros pró-oxidantes</b> .....	<b>65</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Parâmetros antioxidantes</b> .....	<b>66</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Parâmetros metabólicos musculares e hepáticos</b> .....	<b>69</b>
5.4	DISCUSSÃO .....	73
5.5	CONCLUSÃO .....	76
	AGRADECIMENTOS.....	76
	REFERÊNCIAS .....	77
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO GERAL</b> .....	<b>81</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>84</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>85</b>
	<b>ANEXO</b> .....	<b>93</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A estimativa de crescimento da população mundial para cerca de nove bilhões até o ano 2050 acarretará um aumento no consumo de alimentos (FAO, 2012). Para suprir essa demanda, será necessário elevar a produção de fontes alimentares de origem vegetal e animal. Na produção animal, um dos setores que tem se destacado pelo grande potencial para desenvolvimento e aumento na produção é a piscicultura (MPA 2011).

Para a maximização e intensificação da produção piscícola, é importante o fornecimento de dietas balanceadas que atendam as exigências nutricionais das diferentes espécies. Entretanto, a grande utilização de farinha de peixe na formulação das rações, pelos seus níveis elevados de proteínas e o bom equilíbrio de aminoácidos contidos nesta fonte (AMBARDEKAR; REIGH, 2007; EL-SAYED, 1998; WEBSTER et al., 1995), tem encarecido a produção, devido a sua escassez no mercado e seu elevado preço (FURUYA, 2010). Em virtude disso, há um esforço desenvolvido por pesquisadores em realizar a substituição desta fonte proteica por ingredientes alternativos.

Segundo Dersjant-Li (2002), as fontes proteicas de origem animal, como a farinha de carne e ossos e a farinha de vísceras de aves, vêm sendo utilizadas para a substituição da farinha de peixe, pelo seu valor nutricional e menor preço. Porém, apesar do elevado teor proteico, apresentam qualidade variável, e em alguns países estas fontes não podem ser utilizadas na alimentação animal. Tendo em vista estes entraves, a alimentação animal direciona-se para a utilização de fontes proteicas de origem vegetal, uma vez que apresentam maior disponibilidade no mercado, boa qualidade nutricional e menor preço em relação à farinha de peixe (FURUYA, 2010).

Estes ingredientes vêm sendo testados em várias espécies de peixes, apresentando bons resultados (BERGAMIN et al., 2011; FURUYA et al., 1997; LAZZARI et al., 2008; VEIVERBERG et al., 2008). Porém, a presença de fatores antinutricionais e desbalanço de aminoácidos, podem provocar desequilíbrios metabólicos e alteração no crescimento dos animais (GALDIOLI et al., 2001; VEIVERBERG, 2011). Porém, o processamento destes ingredientes para a produção de concentrados proteicos, além de aumentar o valor de proteína e de aminoácidos essenciais, diminui a presença de fatores antinutricionais, tornando-os

uma alternativa interessante para a substituição da farinha de peixe (DESJANT-LI, 2002).

Apesar disso as fontes proteicas de origem vegetal também apresentam pouco conteúdo de compostos de baixo peso molecular tais como nucleotídeos, anserina e taurina (AKSNES et al., 2006). Este último pode ser suplementado em rações para organismos aquáticos, buscando aumentar a eficiência da utilização dos alimentos (LUNGER et al., 2007; MARTINEZ et al., 2004; MATSUNARI et al., 2008). A taurina, embora considerada um aminoácido não essencial, está envolvida em importantes funções fisiológicas no organismo animal, e é encontrada em níveis significativos nas matérias primas de origem animal (CAÑAS, 2002; HUXTABLE, 1992).

No entanto, em dietas com substituição total da farinha de peixe por ingredientes vegetais, a taxa de síntese deste aminoácido pode ser inadequada para satisfazer a sua necessidade (GAYLORD et al., 2007). Este fato pode ocorrer devido à deficiência de metionina nos ingredientes vegetais, uma vez que esse é o precursor da taurina, ou pela baixa capacidade biossintetizadora que algumas espécies de peixes apresentam (DIVAKARAN, 2006; TAKAGI et al., 2011).

Devido a estes fatos, são necessários mais estudos avaliando a necessidade de suplementação de taurina e sua relação com a metionina, pois mesmo espécies que sintetizam grandes quantidades, podem depender de maior aporte deste aminoácido durante o desenvolvimento (DIVAKARAN et al., 1992).

Além de melhorar o crescimento, a taurina associada ou não à metionina pode atuar como agente antioxidante na manutenção da saúde dos peixes conforme relatado por vários autores (BAÑUELOS-VARGAS et al., 2014; HAMMES et al., 2012; ROSEMBERG et al., 2010, 2012).

Dessa forma, para desenvolver dietas de alta qualidade com menor quantidade de farinha de peixe, é importante esclarecer os papéis da taurina na condição fisiológica e crescimento das diferentes espécies de peixes (TAKAGI et al., 2011).

Dentre as espécies consideradas promissoras para a piscicultura da região sul do Brasil, destaca-se o jundiá (*Rhamdia quelen*) que é adaptado ao clima subtropical e possui características próprias para o processamento industrial (GOMES et al., 2000; GOMIERO et al., 2007). Além disso, possui hábito onívoro generalista na natureza, ou seja, alimenta-se de grande variedade de itens de



acordo com a disponibilidade (BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2004; GOMIERO et al., 2007) e dessa forma, aceita bem as rações formuladas com os mais diversos ingredientes.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a suplementação de taurina sobre parâmetros zootécnicos, metabólicos e potencial antioxidante em jundiás (*Rhamdia quelen*).

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar a necessidade e o nível de suplementação de taurina em juvenis de jundiá;
- Avaliar os parâmetros zootécnicos e metabólicos dos animais alimentados com dietas contendo farinha de peixe *versus* dietas com misturas de ingredientes proteicos de origem vegetal, com e sem suplementação de taurina;
- Investigar o possível efeito antioxidante da taurina em jundiás;
- Verificar se a relação metionina/taurina tem efeito positivo no potencial antioxidante de juvenis de jundiá.

## 2 CAPÍTULO I

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 JUNDIÁ

O jundiá, *Rhamdia quelen*, espécie nativa da Região Sul do Brasil, é encontrado desde o sudeste do México até o centro da Argentina (BALDISSEROTTO; GOMES, 2005). Pertencente à família *Heptapteridae* é um bagre que apresenta potencial para o cultivo e vem despertando grande interesse dos produtores e pesquisadores, pois mesmo em meses frios continua se alimentando e ganhando peso (FRACALLOSSI et al., 2004). Rústico, adapta-se ao cultivo em cativeiro, apresentando resistência ao manejo e reprodução viável em cativeiro, além da carne ser bastante apreciada, devido ao sabor e à ausência de espinhas intramusculares (FRACALLOSSI et al., 2004; MELO et al., 2004). Tem ainda como uma de suas principais características, o hábito alimentar onívoro, que possibilita boa aceitação por rações e alimentos de origem vegetal, fato que pode diminuir o custo de produção (FRACALLOSSI et al., 2004; BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2004)

#### 2.2 PROTEÍNA NA NUTRIÇÃO DE PEIXES

A proteína é o macronutriente priorizado na nutrição dos peixes, pois sua qualidade e quantidade afetam diretamente o ganho de peso, além de ser um dos nutrientes que apresenta maior custo na alimentação (MEYER; FRACALLOSSI, 2004).

As proteínas, de uma forma geral, são os principais componentes orgânicos nos tecidos dos peixes, constituindo de 65-75% do total em base seca (WILSON; HALVER, 1986). Elas têm como unidade básica os aminoácidos e são as macromoléculas biológicas mais abundantes no reino animal, sendo o principal componente da estrutura das células (LEHNINGER et al., 2004). Podem ser divididas em: simples – aquelas que fornecem apenas aminoácidos; e conjugadas – aquelas que originam outros compostos além dos aminoácidos (hemoglobina,

clorofila, lipoproteínas, etc.) (HOSENEY; ALONSO, 1999; TIRAPEGUI; ROGERO, 2007).

Devido à constante renovação celular, a ingestão regular de proteína pelos peixes garante o suprimento de aminoácidos para o organismo, servindo para a síntese *de novo* das proteínas corporais, além de desempenharem diversas funções no organismo animal (WILSON; HALVER, 1986).

Uma vez que uma das principais utilizações dos aminoácidos da dieta é a síntese de proteínas do corpo, o valor nutritivo das proteínas dietéticas é dependente do seu perfil de aminoácidos (GATLIN III, 1987).

Os peixes, assim como os demais vertebrados, têm exigência em 10 aminoácidos, que são considerados essenciais ao animal, definidos como aqueles que o organismo não é capaz de sintetizar ou sua síntese não ocorre em tempo suficiente para que suas demandas sejam supridas. Os aminoácidos considerados não essenciais são os que o organismo consegue produzir em quantidades que satisfaçam a necessidade (WILSON et al., 1981). Há ainda os aminoácidos que são essenciais apenas em determinadas situações ou em algumas fases de desenvolvimento, sendo por vezes designados como "condicionalmente essenciais".

Aminoácidos dietéticos são necessários principalmente para dois fins: para o crescimento, que consiste principalmente de deposição proteica (músculo); e para a manutenção corporal, que envolve diversos processos como substituição da proteína perdida através da superfície do corpo (tegumento) e trato gastrointestinal, bem como as perdas devido a oxidação de aminoácidos, síntese de outros compostos de N-aminoácidos, e volume de turnover proteico (ABBOUDI et al., 2006 (COWEY et al., 1994).

Cada aminoácido tem uma função no organismo, que pode ser em interação com os demais aminoácidos. Uma das principais funções que os aminoácidos realizam em interação é a formação de tecido (síntese proteica) (COWEY, 1994). Porém, para que esta síntese ocorra, é preciso a presença de diversos aminoácidos, simultaneamente, em quantidades adequadas (WALTON; COWEY, 1982), caso contrário eles serão desaminados e servirão para outras funções. O desbalanço aminoacídico da dieta pode aumentar a oxidação dos aminoácidos e diminuir a eficiência da conversão alimentar (CONCEIÇÃO et al., 2003).

Sendo o requisito de manutenção definido como a quantidade que um aminoácido dever ser ingerido pelos peixes para manter o seu equilíbrio, o que

significa que nenhuma síntese ou perda líquida de proteínas do corpo se realiza (ABBOUDI et al., 2006).

### 2.3 FONTES PROTEICAS DE ORIGEM VEGETAL NA DIETA DE PEIXES

Dentre os ingredientes proteicos vegetais utilizados na formulação de dietas para peixes, o farelo de soja tem destaque, devido a homogeneidade nutricional e alta disponibilidade no mercado nacional (FURUYA, 2010; WEBSTER et al., 1995). Porém, apresenta valores baixos de certos nutrientes (energia digestível, cálcio e fósforo) em relação à farinha de peixe, além de possuir fatores antinutricionais e deficiência em aminoácidos sulfurados (FURUYA, 2010).

Além do farelo de soja, vários outros co-produtos da produção de biocombustíveis apresentam grande potencial para uso em rações para peixes, como o farelo de canola, que segundo Galdioli et al. (2002), apresenta baixos níveis de glicosinatos, um antinutriente que pode prejudicar o crescimento dos animais. Possui perfil de aminoácidos semelhante ao do farelo de soja (MOREIRA et al., 1996), mas os níveis de lisina são mais baixos enquanto que os de metionina e cistina são mais elevados (2,03%, 0,79% e 1,64%, respectivamente) (SOARES et al., 2000). Porém, seu uso na alimentação de peixes pode ser limitado devido aos altos teores de fibra bruta, que varia de 11,1 a 6,5% (GALDIOLI et al., 2002).

O farelo de girassol também é bastante utilizado em dietas animais, inclusive peixes, pois é rico em aminoácidos sulfurados e possui de 35 a 40% de proteína bruta (BERGAMIN et al., 2011). Porém assim como os demais ingredientes vegetais, apresenta valores elevados de fibra (15-26%) e fatores antinutricionais.

Além destas fontes de proteína, o crambe (*Crambe abyssinica*), que apresenta teor protéico que pode ultrapassar 40%, também é caracterizado como um ingrediente potencial para a utilização na nutrição animal (LOVATTO et al., 2014; PRETTO et al., 2014).

Para viabilizar melhores resultados na nutrição animal, é importante estudar o valor nutricional de combinações de proteínas vegetais, na substituição de farinha de peixe, de modo que não afetem negativamente o crescimento e a eficiência alimentar (EL-SAYED; GABER, 2003).

Outra forma de melhorar o aproveitamento desses ingredientes é através da produção de concentrados proteicos. Nesse caso, a melhoria do valor nutricional do

ingrediente ocorre pela extração/inativação de grande parte das substâncias tóxicas e fatores antinutricionais e pela separação das proteínas de compostos indigestíveis. Com isso tem-se a valorização de co-produtos agroindustriais, com perfil de aminoácidos diferente daquele encontrado na matéria prima (LINDEN; LORIENT, 1996; LOVATTO, 2012). A melhoria no aproveitamento dos ingredientes vegetais na forma de concentrados proteicos tem sido descrita por vários trabalhos que relatam crescimento satisfatório dos peixes (BERGAMIN et al., 2013; BOHNENBERGER et al., 2010; LOVATTO, 2014; TYSKA et al., 2013).

## 2.4 TAURINA

A taurina, ácido 2-aminoetanossulfônico, é o aminoácido livre mais abundante em todos os tecidos animais (KIM et al., 2005). Compreende mais de 50% do conjunto de aminoácidos livres (KIM et al., 2003), não estando ligado a qualquer proteína por ligação peptídica.

Sintetizada a partir da metionina via cistina, em uma série de reações enzimáticas, onde a enzima cisteíno sulfinato descarboxilase (CSD) parece ser o passo limitante da sua biossíntese em muitas espécies de mamíferos (TAKEUCHI, 2014; DIVAKARAN et al., 1992; HUXTABLE, 1992; JACOBSEN; SMITH JR., 1968). É encontrada em abundância na natureza, porém, com maior concentração nas fontes proteicas de origem animal, em especial na farinha de peixe (HUXTABLE, 1992), e em nível de nanomóis por grama em plantas (KATAOKA; OHNISHI, 1986).

A taurina está presente em concentração elevadas no plasma e células, desempenhando papel importante em vários processos biológicos, como no desenvolvimento do sistema nervoso central, na modulação do cálcio, estabilização de membranas, conjugação de sais biliares (indicando que existe uma relação entre a taurina e o metabolismo do colesterol), reprodução, osmorregulação, imunidade, como antioxidante, entre outros (EL-SAYED, 2013; DIVAKARAN, 2006, KIM et al., 2003).

É um nutriente essencial para gatos, macacos e crianças, devido à taxa de síntese ser lenta pela baixa atividade da enzima CSD. Através desta enzima, o sulfinato de cisteína é descarboxilado para hipotaurina, que é o precursor da taurina. É também um nutriente essencial para algumas espécies de peixes, principalmente

larvas e juvenis (TAKEUCHI, 2014). Porém, as informações sobre a capacidade biossintética das espécies aquáticas são limitadas (KIM et al., 2007).

A atividade da enzima CSD difere entre as espécies de peixes (KIM et al., 2005), de modo que, por exemplo, a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) tem elevada capacidade fisiológica de sintetizar taurina, enquanto que no linguado (*Paralichthys olivaceus*) esta atividade é limitada. Este fato indica que alguns peixes têm uma baixa capacidade para sintetizá-la, assim como os gatos (TAKEUCHI, 2014).

O efeito da suplementação de taurina para peixes é complexo, pois sua produção parece ser favorecida quando a disponibilidade de cisteína é elevada, sugerindo que a formação e excreção de taurina pode ser uma via importante de eliminação de excesso de enxofre. Estas observações indicam que a biossíntese de taurina não pode ser mantida quando o fornecimento de cisteína é limitado e que, sob tais condições, a dieta pode ser a fonte principal (DIVAKARAN, 2006). Vários autores têm relatado efeito protetor da taurina frente ao estresse oxidativo (BAÑUELOS-VARGAS et al., 2014; HAMMES et al., 2012; ROSEMBERG et al., 2010; ROSEMBERG et al., 2012), atuando nas três formas de prevenção do dano celular, seja reduzindo a geração de espécies reativas de oxigênio (EROs), como *scavenger* ou interferindo nas ações das EROs (LAMBERT et al., 2015)

Este efeito protetor da taurina frente ao estresse oxidativo tem grande importância na produção intensiva de peixes, onde os mesmos são submetidos ao estresse por diversos motivos, como o manejo diário, situações de hipóxia, altas densidades de estocagem, entre outros, que podem afetar seu desempenho de crescimento e saúde (TAVARES-DIAS et al., 2009).

Compreender o efeito da taurina na nutrição de peixes é essencial para minimizar ou eliminar a necessidade de inclusão da farinha de peixe em sua alimentação, sendo que o conhecimento da biossíntese, nas várias espécies aquáticas, pode desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento futuro da aquicultura (KIM et al., 2005).

## 2.5 ESTRESSE OXIDATIVO E PAPEL DA TAURINA COMO ANTIOXIDANTE

As reações de oxidação fazem parte do metabolismo normal das células, pois o oxigênio é necessário para a produção de energia (ATP). Durante este processo,

moléculas de oxigênio são reduzidas à água e podem ser formados vários produtos do metabolismo do oxigênio, denominados espécies reativas do oxigênio (EROs), como o ânion superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e radical hidroxila ( $\cdot OH$ ), que são prejudiciais ao organismo (MASELLA et al., 2005).

O estresse oxidativo ocorre quando o nível de EROs excede a capacidade antioxidante da célula ou por uma depleção do sistema antioxidante ou ainda pelas duas situações (LUSHCHAK; BAGNYUKOVA, 2006). Em condições normais as EROs são continuamente detoxificadas e retiradas da célula pelo sistema de defesa antioxidante, constituído de enzimas e pequenas moléculas livres (SONG et al., 2006). Em contrapartida, altas doses ou remoção inadequada de EROs acarretam severos danos metabólicos (FOGAÇA; SANT'ANA, 2009).

Esses danos ocorrem nos componentes celulares, atingindo proteínas, lipídios e ácidos nucleicos. Quando ocorre peroxidação lipídica, a fluidez das membranas e a integridade de biomoléculas associadas a elas (proteínas, colesterol), podem ser afetadas (FOGAÇA; SANT'ANA, 2009). No músculo, a rancificação da gordura quebra as ligações duplas dos fosfolipídios das membranas celulares, que no caso dos peixes são mais suscetíveis porque possuem maior grau de insaturação (RUFF et al., 2004). Isto prejudica sua fluidez e altera sua função como barreira semipermeável, devido à perda de ácidos graxos poliinsaturados essenciais e à formação de hidroperóxidos, aldeídos e outros produtos tóxicos secundários (SASAKI et al., 2001).

Tanto os lipídios oxidados da membrana quanto as próprias EROs podem atuar sobre proteínas próximas causando a formação de grande quantidade de proteínas carboniladas. A carbonilação ocorre quando grupamentos carbonil são introduzidos nas proteínas por uma variedade de rotas oxidativas (diretamente por EROs ou indiretamente, por produtos secundários do estresse oxidativo) (STADTMAN; LEVINE, 2003). Esse processo é irreversível e causa diminuição da atividade catalítica de enzimas e maior facilidade de quebra de proteínas, por estarem mais susceptíveis à ação de proteases (ALMROTH et al., 2005).

As células apresentam um sistema de defesa antioxidante, que neutraliza a formação de EROs e os seus efeitos negativos sobre proteínas e lipídios das células (LUSHCHAK; BAGNYUKOVA, 2006). Este sistema é composto de enzimas como superóxido dismutase (SOD), glutatona peroxidase (GPx), glutatona S-transferase (GST) e catalase (CAT).

A SOD catalisa a transformação de duas moléculas de ânion superóxido até peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular (O<sub>2</sub>). A CAT reduz o peróxido de hidrogênio até água e oxigênio molecular. A GST apresenta papel protetor contra danos oxidativos, por conjugar produtos da oxidação de lipídios como aldeídos e hidroperóxidos à glutationa (HUXTABLE, 1992).

Além do sistema antioxidante enzimático existem os antioxidantes não enzimáticos, formados por um grande número de compostos de baixo peso molecular, como ácido ascórbico, selênio, zinco, betacarotenos e taurina, entre outros. Podem atuar removendo o agente antes que cause lesão ou como reparador da lesão ocorrida. A maior parte dos agentes antioxidantes encontra-se no meio intracelular (ANDRADE et al., 2010).

Os antioxidantes trabalham através de um dos três mecanismos para prevenir o estresse oxidativo e dano celular: reduzindo a geração de EROs, interferindo nas suas ações ou como *scavenger*. A taurina, segundo Lambert et al. (2015), funciona em todos os níveis.

A taurina é conhecida por ser um composto inerte, no entanto, é capaz de reagir com o ácido hipoclorídico citotóxico formando um derivado menos agressivo (N-Clorotaurina), sendo considerada uma reação de proteção dos neutrófilos (KUZMINA et al., 2010).

Segundo Rivas-Arancibia et al. (2000), a taurina pode prevenir danos celulares causados por dióxido de nitrogênio e ozônio. Embora não elimine diretamente os produtos das EROs, como o peróxido de hidrogênio e o ânion superóxido (ARUOMA et al., 1988), atua indiretamente prevenindo seus danos celulares.

Este aminoácido também preserva o equilíbrio de oxidação-redução intracelular pelo aumento da atividade do sistema antioxidante (KUZMINA et al., 2010), aumentando ou restaurando os níveis de enzimas antioxidantes, como a SOD e a GPx (NONAKA et al., 2001). Ainda produz uma ação antioxidante indireta (KUZMINA et al., 2010), sendo capaz de impedir a formação de EROs, pelo efeito protetor que apresenta sobre as mitocôndrias que, quando danificadas, produzem mais EROs (LAMBERT et al., 2015). Devido ao seu elevado teor nas células e pela capacidade do grupo amino reagir com aldeídos, a taurina é capaz de neutralizar o carbonil reativo formado nas células (FONTANA et al., 2004).

Pouco se sabe sobre os efeitos antioxidantes da taurina em peixes, sendo descrita como um agente indireto, por ajudar na regulação do volume celular durante



um desbalanço osmótico e na estabilização de membranas atacadas por agentes oxidantes (EL-SAYED, 2013; GOTO et al., 2001; TAKAGI et al., 2005, 2008).

Existem resultados controversos sobre o assunto. Por exemplo, Arouma et al. (1988), afirmam ser improvável que a função verdadeira da taurina seja como antioxidante, visto que não reage com peróxido de hidrogênio ou radical superóxido, sendo um fraco *scavenger* de radical hidroxil. No entanto, Oliveira (2008) relata que, com concentrações a partir de 15 mM ela possui ação antioxidante e de *scavenger*, *in vitro*, contra a maioria das espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (ERO e ERN), sendo esta atividade específica para a taurina, já que no trabalho também foi avaliado o efeito da  $\beta$ -alanina. Assim fica evidente que a taurina é capaz de diminuir a produção de moléculas causadoras de danos oxidativos.

Portanto, a discussão em torno do papel antioxidante da taurina ainda é controverso, devido às concentrações utilizadas na maioria dos estudos não alcançarem as altas concentrações fisiológicas encontradas, por exemplo, nos mamíferos (10-8mM) e, por isso, pouca ou nenhuma reatividade contra espécies reativas de oxigênio ou espécies reativas de nitrogênio tenham sido evidenciadas (OLIVEIRA, 2008).

De qualquer forma, embora não sejam conclusivos, alguns trabalhos sinalizam algumas formas de atuação da taurina. Key e Zimmerman (1999) descrevem que sozinha ela não é capaz de proteger os lipídios das EROs, mas quando em conjunto com retinol aumenta a atividade desse antioxidante. Nesse sentido, Rosemberg et al. (2010) comprovaram que ela restaurou a atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), além de reduzir a peroxidação lipídica em zebrafish (*Danio rerio*) expostos ao etanol.

Além disso, Schaffer et al. (2003) e Hagar (2004) demonstraram que o tratamento com taurina permitiu que a cisteína fosse direcionada para a síntese de glutathione o que aumentou seus níveis na forma reduzida.

Outra forma de atuação é citada por Chang et al. (2004), que indicam que ela pode funcionar como *scavenger* indiretamente, com a ligação taurina-Cl. Os neutrófilos, por apresentarem defesa antimicrobiana, liberam intermediários reativos de oxigênio, formando peróxido de hidrogênio, que reage com o Cl produzindo hipoclorito, que é altamente reativo (HUXTABLE, 1992). O hipoclorito reage com aminas primárias para formar cloroamina, sendo a taurina uma das mais reativas, e mais presente endogenamente (KUZMINA et al., 2010). N-clorotaurina é

transportada para os eritrócitos pelo sistema de transporte de ânions, onde é reduzida pela glutathione.

O processo serve como um mecanismo de remoção de hipoclorito e é uma estratégia de defesa contra danos oxidativos (HUXTABLE, 1992). A ação bactericida de N-clorotaurina também apresenta uma função biológica, pois a cloração da taurina confere a vantagem de evitar o dano tecidual induzida por ácido hipocloroso (HOCl) enquanto mantém as propriedades bactericidas (REDMOND et al., 1998).

Como o HOCl é uma espécie reativa que causa morte celular por necrose, em situações de ativação do sistema imune, alguns tipos de células liberam taurina para neutralizá-lo, formando a taurina-cloramina. Por sua vez, ela é menos nociva e pode induzir morte por apoptose (ROSEMBERG et al. 2010).

No trabalho de Bañuelos-Vargas et al. (2014), com *Totoaba macdonaldi* verificou-se que a suplementação de taurina em dietas vegetais aumentou a atividade da enzima glicose-6-fosfatase e CAT e reduziu a peroxidação lipídica no fígado, mostrando melhora no metabolismo e redução nos danos oxidativos do fígado.

Dessa forma, a taurina pode atuar indiretamente aumentando a atividade e restaurando enzimas antioxidantes, poupando cisteína, permitindo maior produção de glutathione e neutralizando o ácido hipocloroso. Todos esses mecanismos auxiliam na proteção das mitocôndrias que produzem mais EROs quando danificadas (REDMOND et al., 1998). Sua atuação direta, embora verificada *in vitro*, não possui informações detalhadas, sendo necessários mais estudos para esclarecê-la.

Por corresponder ao grau máximo de oxidação da cisteína, fica bastante complexo imaginar como a taurina poderia participar diretamente de reações REDOX, mas sabe-se que ela modula o metabolismo do  $Ca^{+2}$ , modificando o transporte intracelular do mesmo e inclusive aumentando o "*buffering*" mitocondrial. Também existe uma possibilidade de que a redução na fosforilação de proteínas de tecidos seja pela redução, mediada por taurina, nos níveis de cálcio (LAMBERT et al., 2015).

Em altas concentrações a taurina pode atuar neutralizando de maneira direta os oxidantes *in vitro*. Contudo, isso ocorre somente no meio intracelular; em meio extracelular, ela exerce papel de sinalizador celular, que é importante para a ativação da via indireta das defesas anti-oxidantes (SOD e CAT, por exemplo) (ROSEMBERG, 2011).

### 3 CAPÍTULO II

#### TAURINA EM DIETAS PARA JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*): IMPACTOS NO CRESCIMENTO

Resumo – A taurina (ácido 2-aminoetanossulfônico) é um promotor de crescimento em peixes e considerada condicionalmente essencial dependendo da espécie, hábito alimentar, ambiente em que vive e fase de vida. Para o jundiá (*Rhamdia quelen*), que é uma espécie onívora de água doce, não há informações suficientes quanto à eficácia de uso deste aminoácido para a fase de juvenil. Em vista disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a suplementação de taurina na dieta sobre o desempenho e parâmetros metabólicos de juvenis de jundiá. Assim foi conduzido um experimento com duração de 54 dias utilizando-se 320 animais (5g), alimentados com dieta isoenergética e isoproteica, diferindo nos níveis de suplementação de taurina (0, 0,5, 1,5 e 2% da dieta). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições. Foram analisados parâmetros de desempenho zootécnico, metabólicos e de enzimas digestivas. Os resultados deste estudo mostraram que para juvenis de jundiá não é necessária a suplementação de taurina, pois sua inclusão não causou benefícios ou até mesmo piorou o desempenho dos animais ao nível de 2%.

Palavras Chave: Farinha de peixe. Proteína. Nutrição de Peixes.

#### 3.1 INTRODUÇÃO

A utilização de taurina (ácido 2-aminoetanossulfônico) em dietas para peixes ganhou destaque nos últimos anos, porém a necessidade de sua suplementação é controversa, já que há diferenças na produção da enzima L-cisteinosulfinato descarboxilase (CSD), responsável pela oxidação e conversão direta da cisteína a taurina (DIVAKARAN et al., 1992; SALZE; DAVIS et al., 2015). A produção desta enzima varia entre as espécies de peixes, estágio de desenvolvimento, hábito alimentar, ingredientes utilizados nas rações e o ambiente de água em que o peixe vive (água doce ou salgada) (EL-SAYED, 2013). Devido a isso, para algumas

espécies este aminoácido é apontado como condicionalmente essencial, promovendo efeitos benéficos no crescimento e aproveitamento dos alimentos (JIRSA et al., 2014; JHONSON et al., 2015; GAYLORD et al., 2006; YUN et al., 2012), enquanto para outras espécies não demonstra ser tão essencial (ESPE et al., 2008; KIM et al., 2008; ROBINSON et al. 1978).

Estes estudos mostram a importância da taurina no metabolismo animal, independente de sua síntese endógena ou suplementação dietética. Por esse motivo, é importante a avaliação da real necessidade de suplementação para as diferentes espécies, tal como o jundiá (*Rhamdia quelen*), que devido as suas características de crescimento e qualidade da carne, tem despontado como espécie promissora para cultivo intensivo na América Latina.

O presente trabalho foi desenvolvido para avaliar a suplementação crescente de taurina na dieta sobre o desempenho e parâmetros metabólicos de juvenis de jundiá.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Ingredientes e dietas

A farinha de peixe (resíduo de abate de tilápia) utilizada no experimento foi lavada três vezes com etanol 70% para retirada da taurina (KIM et al., 2005), seca em estufa (50°C) com circulação de ar e após foi moída. A farinha de peixe sem taurina e os demais ingredientes foram analisados para determinação de matéria seca, matéria mineral e proteína bruta (Micro-Kjeldahl) seguindo os métodos descritos pela AOAC (1995) e gordura por Bligh e Dyer (1959). O conteúdo de aminoácidos foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (níveis de adição de taurina) e quatro repetições. Foram formuladas quatro dietas isoproteicas e isoenergéticas (39% PB e 3.400 Kcal/Kg) (Tabela 1), suplementadas com níveis de taurina (0, 0,5, 1,5 e 2% da dieta) e mantido o mesmo nível de aminoácidos sulfurados totais (metionina e cistina), conforme exigência definida para a espécie (ROTILI, 2014). Os tratamentos foram denominados: Tau0% (sem suplementação de taurina), Tau0,5%, Tau1,5% e Tau2%.

Para a elaboração das dietas os ingredientes secos foram misturados e posteriormente umedecidos com solução de NaOH 6N e água destilada ajustando o pH em 7,0. O pH das dietas foi aferido em solução de 5 g da dieta diluída em 50 ml de água destilada, conforme Robinson et al. (1981). Após ajuste, as rações foram peletizadas em moedor de carne e secas em estufa com circulação de ar ( $50\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) por 24 horas e mantidas em *freezer* ( $-18^{\circ}\text{C}$ ), até o momento de fornecimento aos peixes.

Tabela 1 - Composição das rações experimentais com farinha de peixe como fonte proteica e suplementação de taurina

Ingredientes	Dietas			
	Tau0%	Tau0,5%	Tau1,5%	Tau2%
Farinha de peixe <sup>1</sup>	46,95	46,95	46,95	46,95
Caseína	11,60	11,60	11,60	11,60
Milho	15,40	15,40	15,40	15,40
Amido de milho	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo de soja	7,50	7,50	7,50	7,50
Premix vit. e min. <sup>2</sup>	3,00	3,00	3,00	3,00
Fosfato bicálcio	0,50	0,50	0,50	0,50
Calcário	1,50	1,50	1,50	1,50
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50
Taurina	0,00	0,46	1,48	1,99
BHT <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02
Inerte <sup>4</sup>	10,03	9,57	8,55	8,04
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Nutricional				
PB % <sup>5</sup>	38,67	38,67	38,67	38,67
ED Kcal/Kg <sup>6</sup>	3.409,17	3.409,17	3.409,17	3.409,17
Gordura %	13,57	13,47	13,39	13,57
Met+Cis <sup>7</sup>	1,40	1,40	1,40	1,40
Taurina %	0,05	0,50	1,50	2,00

<sup>1</sup>Farinha de peixe lavada com etanol 70%; <sup>2</sup>Premix mineral e vitamínico (Mig Fish 1%)= ácido fólico 250 mg; ácido pantotênico 5.000 mg; antioxidante 0,60 g; biotina 125 mg; cobalto 25 mg; cobre 2.000 mg; ferro 820 mg; iodo 100 mg; manganês 3.750 mg; niacina 5.000 mg; selênio 75 mg; vitamina A 1.000.000 UI; vitamina B1 1.250 mg; vitamina B2 2.500 mg; vitamina B6 2.485 mg; vitamina B12 3.750 µg; vitamina C 28.000 mg; vitamina D3 500.000 UI; vitamina E 20.000 UI; vitamina K 5000 mg; zinco 17.500 mg. Mig Plus®, Casca/RS. <sup>3</sup>BHT= butil hidroxi tolueno; <sup>4</sup>Inerte= Celulose; <sup>5</sup>PB= proteína bruta; <sup>6</sup>ED (energia digestível)=  $[(\%PB \times 5,64 \times 0,90) + (\% \text{ de gordura} \times 9,51 \times 0,85) + (\text{carboidratos solúveis em detergente neutro} \times 4,11 \times 0,50)] \times 10$  (JOBLING, 1983); <sup>7</sup>Met+Cis= somatório de metionina mais cistina.

### 3.2.2 Ensaio biológico de crescimento

O experimento foi realizado em sala climatizada ( $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria, por 54 dias (julho a agosto de 2014). Utilizou-se circuito de recirculação de água climatizado, composto de dois filtros biológicos, reservatório de água de 310 L e resistências controladas por termostatos. Foram utilizadas oito tanques de fibra (125 L) com entrada e saída individuais de água, dentro das quais foram colocados duas gaiolas flutuantes de 15L ( $22\times 30\times 23$  cm), totalizando 16 unidades experimentais.

Para o experimento utilizou-se juvenis de jundiá provenientes de desova realizada no mês de março, no Laboratório de Ictiologia da Universidade Federal de Pelotas, que passaram por período de adaptação ao circuito experimental por dois meses. No experimento foram utilizados 320 juvenis de jundiá ( $5,00\pm 0,06$  g), distribuídos 20 peixes por unidade experimental. Os animais foram alimentados três vezes ao dia (8:00, 13:00 e 17:00 horas) até a saciedade aparente e as unidades experimentais foram limpas por sifonagens duas vezes ao dia (10:00 e 15:30 horas).

Os parâmetros de qualidade da água foram aferidos diariamente para oxigênio ( $8,56\pm 1,0$  mg/L) através de oxímetro digital (modelo 550A-YSI-Yellowsprings-EUA) e temperatura ( $22,94\pm 1,91^{\circ}\text{C}$ ) (termômetro de bulbo de mercúrio) e semanalmente para alcalinidade ( $47,19\pm 18,56$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ); dureza ( $34,08\pm 17,41$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ); pH ( $7,60\pm 0,20$ ); amônia total ( $0,23\pm 0,16$  ppm) e nitrito ( $0,04\pm 0,07$  ppm); por kit colorimétrico Alfakit<sup>®</sup>. Os parâmetros de qualidade da água permaneceram na faixa ideal para o cultivo da espécie (BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2004).

### 3.2.3 Parâmetros avaliados

No início e no final do experimento os animais passaram por jejum de 18 horas, posteriormente foram anestesiados (35 mg/L de benzocaína), pesados e medidos, para avaliação dos seguintes parâmetros de crescimento: Peso (g); Comprimento total (cm); Ganho de peso relativo (%):  $\text{GPR} = 100 \times [\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}] / \text{peso inicial (g)}$ ; Fator de condição:  $\text{FC} = \text{peso} \times 100 / (\text{comprimento total})^3$ ; Taxa de crescimento específico (%/dia):  $\text{TCE} = (\ln (\text{peso final}) - \ln (\text{peso$

inicial)/dias) x 100; Consumo de ração (g) e Conversão alimentar aparente: consumo total de alimento/ganho em peso;

Foram realizadas análises iniciais e finais de composição corporal quanto ao teor de umidade, cinzas e proteína (Micro-Kjeldahl) conforme a AOAC (1995). A mensuração de gordura foi realizada pelo método de Bligh e Dyer (1959).

Ao iniciar o experimento foram coletados cinco peixes para compor cada uma das amostras analisadas (total de 10 amostras compostas). Ao final do período de 54 dias foram selecionados dois peixes por unidade experimental (oito por tratamento) para compor as amostras finais. Com os dados obtidos foi calculado: Taxa de eficiência proteica: TEP= ganho em peso/proteína ingerida; Coeficiente de retenção proteica: CRP=  $100 \times [(Pf * PBCf) - (Pi * PBCi)] / ACt * PBd$ , onde: Pi e Pf: pesos iniciais e finais dos animais; PBCi e PBCf: proteína bruta na carcaça inicial e final; PBd= proteína bruta da dieta e ACt = alimento consumido total. Deposição de proteína corporal: DPC=  $[Pf \times (\%PBCf/100)] - [Pi \times (\%PBCi/100)]$ ; Deposição de gordura corporal: DGC=  $[Pf \times (\%GCf/100)] - [Pi \times (\%Gci/100)]$ , onde: Gci e GCf: gordura na carcaça inicial e final.

Para a coleta de material biológico (fígado, trato digestório, gordura e gônadas) dois animais por unidade experimental (oito por tratamento) foram selecionados e eutanasiados por overdose de benzocaína (250 mg/L). Com estas amostras foram avaliados os índices de deposição de gordura celomática (DGC), quociente intestinal (QI), índice digestivossomático (IDS), índice gonadossomático (IGS), índice hepatossomático (IHS) e rendimento de carcaça (RC). Os mesmos animais foram usados para avaliação hepática de glicose (PARK; JOHNSON, 1949), glicogênio (BIDINOTTO et al., 1997), amônia (VERDOUW et. al, 1977), aminoácidos livres (SPIES, 1957) e transaminases por Kit colorimétricos Doles<sup>®</sup>. No trato digestório foi determinada a atividade das enzimas digestivas, tripsina e quimiotripsina pela metodologia descrita por Hummel (1959). Protease ácida, pelo método de hidrólise da caseína modificado por Hidalgo et al. (1999) e lipase (GAWLICKA et al., 2000).

### 3.2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e análise de regressão polinomial. Quando o modelo de regressão não apresentou significância, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade. Os dados são apresentados pelas médias  $\pm$  o erro padrão da média.

## 3.3 RESULTADOS

### 3.3.1 Crescimento

Os jundiás alimentados com as dietas Tau0% e Tau0,5% não apresentaram diferenças quanto ao crescimento, porém, com o aumento do nível de inclusão para 1,5 e 2%, o peso final, TCE, e ganho de peso relativo foram prejudicados (Tabela 2). Os animais alimentados com as rações Tau2% e Tau1,5% apresentaram os menores valores de ganho de peso em comparação com aqueles que consumiram Tau0%.

Tabela 2 - Parâmetros de crescimento, consumo e conversão alimentar de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetros	Tratamentos			
	Tau0%	Tau0,5%	Tau1,5%	Tau2%
PF	21,72 <sup>a</sup> $\pm$ 1,24	21,06 <sup>ab</sup> $\pm$ 1,05	18,21 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,96	15,91 <sup>c</sup> $\pm$ 0,89
CF	12,72 $\pm$ 0,20	14,97 $\pm$ 2,76	11,96 $\pm$ 0,19	11,61 $\pm$ 0,25
FC	1,05 $\pm$ 0,02	0,88 $\pm$ 0,22	1,63 $\pm$ 0,01	1,01 $\pm$ 0,01
TCE	3,22 <sup>a</sup> $\pm$ 0,11	3,16 <sup>a</sup> $\pm$ 0,09	2,83 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,09	2,53 <sup>b</sup> $\pm$ 0,11
GPR	328,84 <sup>a</sup> $\pm$ 24,98	315,34 <sup>ab</sup> $\pm$ 21,17	259,48 <sup>bc</sup> $\pm$ 18,51	213,98 <sup>c</sup> $\pm$ 18,07
CONS	291,81 <sup>a</sup> $\pm$ 8,24	279,93 <sup>ab</sup> $\pm$ 7,95	278,12 <sup>ab</sup> $\pm$ 7,07	258,22 <sup>b</sup> $\pm$ 9,75
CAA	1,12 <sup>b</sup> $\pm$ 0,07	1,08 <sup>b</sup> $\pm$ 0,04	1,34 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,09	1,53 <sup>a</sup> $\pm$ 0,11

PF= peso final (g); CF= comprimento final (cm); FC= fator de condição; TCE= taxa de crescimento específico (%/dia); GPR= ganho de peso relativo (%); CONS= consumo total no período por gaiola (g); CAA= conversão alimentar aparente (Kg/Kg). Valores expressos  $\pm$  erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).



### 3.3.2 Consumo e conversão alimentar

A suplementação da ração com o nível mais elevado de taurina (2%) diminuiu o consumo de alimento quando comparado ao tratamento sem taurina. A conversão alimentar aparente foi afetada negativamente pelo tratamento Tau2% em comparação a Tau0,5% e Tau0% (Tabela 2).

### 3.3.3 Índices viscerais

A dieta Tau2% promoveu maior rendimento de carcaça em comparação à Tau0% e Tau1,5% (Tabela 3). O maior IHS foi observado nos animais alimentados com Tau0,5%, diferindo daqueles suplementados com 2%. O uso de 1,5% de taurina na ração promoveu maior valor de IDS em relação aos demais tratamentos. Com relação ao QI observou-se que houve um aumento no tratamento Tau2% em relação a Tau0,5 e Tau1,5%. O índice gonadossomático e de gordura celomática não diferiram entre os tratamentos.

Tabela 3 - Rendimento de carcaça e índices viscerais de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetro	Tratamentos			
	Tau0%	Tau0,5%	Tau1,5%	Tau2%
RC	86,17 <sup>b</sup> ±0,59	86,37 <sup>ab</sup> ±0,37	84,68 <sup>c</sup> ±0,47	87,67 <sup>a</sup> ±0,34
IHS	2,41 <sup>ab</sup> ±0,23	2,81 <sup>a</sup> ±0,26	2,24 <sup>ab</sup> ±0,24	1,78 <sup>b</sup> ±0,16
IDS	3,07 <sup>b</sup> ±0,06	3,23 <sup>b</sup> ±0,16	3,86 <sup>a</sup> ±0,28	3,01 <sup>b</sup> ±0,15
QI	0,78 <sup>ab</sup> ±0,05	0,73 <sup>b</sup> ±0,05	0,76 <sup>b</sup> ±0,03	0,92 <sup>a</sup> ±0,06
IGC	1,22±0,20	1,54±0,28	1,12±0,23	0,95±0,30
IGS	2,45±0,72	1,14±0,16	1,99±0,50	1,86±0,53

RC= rendimento de carcaça (%); IHS= índice hepato-somático (%); IDS= índice digestivo-somático (%); QI= quociente intestinal; IGC= índice de gordura celomática (%); IGS= índice gonado-somático (%). Valores expressos ± erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

### 3.3.4 Parâmetros hepáticos e atividade das enzimas digestivas

As análises bioquímicas hepáticas mostram maior valor de proteína no fígado dos animais alimentados com Tau0,5% de taurina em relação aos demais tratamentos. Os tratamentos Tau2% e Tau1,5% causaram diferenças significativas na produção amoniacal. Os tratamentos não diferiram significativamente quanto aos valores de glicogênio, glicose, aminoácidos e transaminases hepáticas (Tabela 4).

Não foram observadas diferenças significativas na atividade das enzimas digestivas dos animais alimentados com inclusão crescente de taurina na dieta (Tabela 5).

Tabela 4 - Parâmetros hepáticos de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetro	Tratamentos			
	Tau0%	Tau0,5%	Tau1,5%	Tau2%
GLIG	3,55±0,78	3,69±0,54	3,28±0,41	4,35±0,75
PROT	96,15 <sup>b</sup> ±4,88	175,20 <sup>a</sup> ±39,54	75,44 <sup>b</sup> ±6,12	93,90 <sup>b</sup> ±7,55
AMON	13,78 <sup>ab</sup> ±0,68	13,72 <sup>ab</sup> ±0,93	12,19 <sup>b</sup> ±0,57	14,77 <sup>a</sup> ±0,92
GLIC	145,54±7,40	143,26±7,03	136,36±7,60	150,27±9,30
AA	16,35±0,92	17,87±1,51	15,48±0,41	16,98±0,51
ALT	50,56±1,15	56,87±5,34	49,96±1,46	53,11±1,77
AST	454,41±36,39	338,76±77,35	467,62±58,44	455,47±50,84

GLIG: glicogênio ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido); PROT= proteína ( $\text{mg/g}$  de tecido); AMON= amônia ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido); GLIC= glicose ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido); AA= aminoácidos ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido); ALT= alanina aminotransferase ( $\text{UI/mg}$  de tecido); AST= aspartato aminotransferase ( $\text{UI/mg}$  de tecido). Valores expressos  $\pm$  erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Tabela 5 - Atividade das enzimas digestivas de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetro	Tratamentos			
	Tau0%	Tau0,5%	Tau1,5%	Tau2%
TRI	14,34±2,27	15,54±1,89	13,96±2,30	10,52±1,19
QUI	6803,75±566,09	7258,38±925,34	7738,81±841,18	6888,57±640,54
LIP	11,40±1,85	10,88±1,91	7,94±0,47	9,44±0,88
PROTAC	11,33±0,99	10,18±2,04	13,16±0,93	8,75±0,86

TRI= tripsina ( $\mu\text{mol TAME}/\text{minuto}/\text{mg}$  de proteína); QUI= quimotripsina ( $\mu\text{mol BTEE}/\text{minuto}/\text{mg}$  de tecido); LIP= lipase ( $\mu\text{g}$  substrato/ $\text{minuto}/\text{mg}$  de tecido); PROAC= protease ácida ( $\mu\text{g}$  tirosina/ $\text{minuto}/\text{mg}$  de tecido). Valores expressos  $\pm$  erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P<0,05$ ).

### 3.3.5 Composição centesimal e índices de retenção

A composição centesimal do corpo inteiro não foi significativamente alterada pela suplementação crescente de taurina na dieta dos jundiás (Tabela 6).

Tabela 6 - Composição corporal de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetro	Tratamentos			
	Tau0%	Tau0,5%	Tau1,5%	Tau2%
PB	14,76±0,19	15,21±0,27	15,29±0,34	15,06±0,21
GORD	6,21±0,37	6,43±0,32	6,75±0,39	5,70±0,29
MM	3,04±0,11	2,84±0,09	3,01±0,11	2,77±0,04
MS	24,57±0,51	25,62±0,75	25,76 $\pm$ 0,47	24,58±0,38

PB= proteína bruta (%); GORD= gordura (%); MM= matéria mineral (%); MS= matéria seca (%). Valores expressos  $\pm$  erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P<0,05$ ).

A deposição e o coeficiente de retenção proteica na carcaça foram significativamente menores no tratamento Tau2% em relação ao Tau0% e Tau0,5%. A taxa de eficiência proteica foi maior nos animais suplementados com a ração de 0,5% de taurina em relação aos níveis mais elevados de inclusão (1,5 e 2%). A

inclusão de 2% de taurina na dieta dos animais diminuiu significativamente a deposição de gordura corporal em relação aos demais tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7 - Índices de deposição de proteína e gordura na carcaça de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetros	Tratamentos			
	Tau0%	Tau0,5%	Tau1,5%	Tau2%
DPC	2,60 <sup>a</sup> ±0,21	2,59 <sup>a</sup> ±0,16	2,18 <sup>ab</sup> ±0,13	1,78 <sup>b</sup> ±0,12
CRP	2,28 <sup>a</sup> ±0,15	2,37 <sup>a</sup> ±0,09	2,00 <sup>ab</sup> ±0,09	1,77 <sup>b</sup> ±0,12
TEP	2,33 <sup>ab</sup> ±0,15	2,38 <sup>a</sup> ±0,09	1,95 <sup>bc</sup> ±0,14	1,70 <sup>c</sup> ±0,13
DGC	1,18 <sup>a</sup> ±0,11	1,19 <sup>a</sup> ±0,07	1,06 <sup>a</sup> ±0,06	0,74 <sup>b</sup> ±0,05

DPC= deposição de proteína corporal (mg/dia); CRP= coeficiente de retenção proteica (%); TEP= taxa de eficiência proteica; DGC= deposição de gordura corporal (mg/dia). Valores expressos ± erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

### 3.4 DISCUSSÃO

Os resultados mostram que a suplementação com taurina não melhora o desempenho dos juvenis de jundiá, inclusive causando depressão de crescimento quando usados níveis iguais ou superiores a 1,5%. Resultado semelhante foi encontrado por Ferreira et al. (2014) avaliando o efeito da adição de taurina no crescimento de *Oplegnathus fasciatus*, onde a suplementação em níveis elevados (3%) resultou em redução significativa no crescimento devido a redução da ingestão de alimentos. O mesmo ocorreu para *Scophthalmus maximus*, onde a suplementação de taurina (1,5%) diminuiu o crescimento (QI et al., 2012).

Li et al. (2016), avaliando o efeito da taurina em dietas com fonte de proteína vegetal para *Pelteobagrus fulvidraco*, encontraram melhora no crescimento até 1,09% de adição, com declínio nesta resposta quando usado níveis mais elevados. Outros autores demonstraram que níveis 1,5 a 3% não prejudicaram o desempenho de *Paralichthys olivaceus*, *Cyprinus carpio*, *Seriola quinqueradiata* e *Pagrus major* (JIRSA et al., 2014; KIM et al., 2005; KIM et al., 2008; MATSUNARI et al., 2005; TAKAGI et al., 2011).

O efeito de redução de crescimento também foi observado em pós-larvas de *Cynoglossus semilaevis*. Neste trabalho, os autores verificaram que com 1% de inclusão de taurina na dieta houve melhora no crescimento e na atividade das

enzimas digestivas, entretanto, a utilização de 2% teve efeitos adversos na sobrevivência, crescimento e atividade das enzimas digestivas (ZHENG et al., 2015). Estas diferenças podem ser atribuídas à variação individual, ao número limitado de observações, a condição física, hábito alimentar, a dose e a idade, explicando algumas das razões para resultados conflitantes entre os estudos com taurina (EL-SAYED, 2013; LIU et al., 2014).

Alguns estudos demonstram que quando a taurina é fornecida em níveis acima do ótimo para a espécie, ocorrerá excreção excessiva para manter sua concentração metabólica otimizada o que demandará maior gasto energético, prejudicando o crescimento e o desenvolvimento gonadal (AL-FEKY et al., 2014; PINTO et al., 2013; YUE et al., 2013).

O menor consumo de ração pelos jundiás alimentados com o nível mais elevado de taurina (2%) vai ao encontro dos resultados observados por Ferreira et al. (2014), em que o nível mais elevado de taurina na dieta (3%) ocasionou diminuição no consumo de *Oplegnathus fasciatus*. Outros autores também encontraram resultado semelhante (GAYLORD et al., 2006; QI et al., 2012; PINTO et al., 2012), atribuindo o menor consumo à baixa palatabilidade causada pela propriedade ácida da taurina quando excessivamente acumulada nas dietas. Este resultado contradiz o encontrado por outros autores, onde a adição de taurina aumenta o consumo de alimento (CHATZIFOTIS et al., 2008; LIM et al., 2013; MATSUNARI et al., 2008; YUN et al., 2012).

Os peixes do tratamento Tau2% também apresentaram pior conversão, afetando negativamente os parâmetros zootécnicos. QI et al. (2012) sugerem que a suplementação excessiva de taurina pode retardar o crescimento através da redução da ingestão de alimentos.

O maior RC observado no tratamento Tau2% é atribuído aos menores valores de IHS e IDS encontrados nos animais. Já o aumento do IHS nos peixes do tratamento Tau0,5% em relação ao nível mais elevado (2%) estão de acordo com os encontrados por Qi et al. (2012), onde o IHS de *Scophthalmus maximus* (6,3g) se comportaram de forma quadrática, com pico de resposta para 1% de suplementação de taurina.

Liu et al. (2014), em trabalho com adição de taurina em dietas para leitões, encontraram efeito tóxico nos níveis mais elevados (3% da dieta), com prejuízos ao fígado (hipertrofia de hepatócitos) e ao trato digestório (menor altura das vilosidades

do duodeno e aumento na profundidade das criptas no jejuno e íleo), refletindo-se diretamente sobre o pior desempenho dos animais. No presente trabalho, o maior QI e menor IDS dos animais do tratamento Tau2%, podem indicar que o trato digestivo era mais longo e com diminuição nas vilosidades, causada pelo maior nível de taurina na dieta

O menor crescimento, a maior produção de amônia e a menor quantidade de proteína hepática nos animais suplementados com 2% de taurina indicam catabolismo protéico, pois quando ocorre desaminação protéica há aumento na produção de amônia. Porém, este nível de suplementação não teve reflexo sobre os demais parâmetros hepáticos.

A suplementação com taurina não influenciou a atividade das enzimas digestivas dos juvenis de jundiá. Entretanto, Chatzifotis et al. (2008) observaram que a adição de taurina na dieta de *Dentex dentex* aumentou a atividade da lipase ativada por sal biliar. Zheng et al. (2015) demonstraram que a suplementação de 1% de taurina na dieta melhorou o crescimento e a atividade das enzimas digestivas de pós-larvas de *Cynoglossus semilaevis*. Segundo Salze et al. (2012), a taurina não afeta o início da atividade enzimática total, mas aumenta a atividade específica de amilase e tripsina em estágios pós-larvais de *Rachycentron canadum*. A taurina parece afetar de forma mais significativa a atividade das enzimas digestivas na fase pós-larval, que em juvenis, tendo importância maior nas fases iniciais já que o início mais rápido da atividade das enzimas indica aumento da capacidade digestiva e absorptiva, melhorando o desenvolvimento e as taxas de sobrevivência.

A composição centesimal dos peixes inteiros não foi afetada pela suplementação com taurina, embora os reflexos dos tratamentos tenham sido evidentes no crescimento dos animais. Jhonson et al. (2015) em trabalho com juvenis de *Anoplopoma fimbria* também não observaram modificações na composição centesimal corporal quando adicionada taurina (até 6%) em dietas com base protéica em fontes vegetais. Ao contrário de nosso trabalho, em outros estudos a inclusão de taurina na dieta dos peixes aumentou os níveis de proteína corporal (CHATZIFOTIS et al., 2008; FERREIRA et al., 2014), além de causar efeitos na matéria mineral, umidade e gordura (QI et al., 2012).

Mesmo sem haver modificações quanto a composição corporal final, os índices de eficiência e de deposição de proteína e gordura na carcaça foram maiores nos animais alimentados com Tau0,5% e Tau0% em relação à dieta

Tau2%. Isto se deve ao maior gasto energético para a excreção do excesso de taurina (AL-FEKY et al., 2014), o maior catabolismo proteico, indicado pela maior produção de amônia hepática, menor consumo de alimento, que também afetou o crescimento. Soma-se também o possível efeito tóxico da taurina em nível elevado (LIU et al., 2014).

### 3.5 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho permitem concluir que a suplementação de taurina para juvenis de jundiá na faixa de peso estudada não é necessária.

OBS: Este trabalho foi aprovado em seus aspectos éticos e metodológicos pelo Comitê de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Santa Maria, com número de parecer 064/2014.

### AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado a Suziane Ghedini Martinelli, ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa a professora Leila Picolli da Silva. Ao Vilmar Bender, Ana Betine B. Bender e a empresa Selena pela doação de ingredientes. Ao professor Juvêncio Luíz Pouey e ao aluno de doutorado Cristiano Costenaro Ferreira da UFPel, pela doação dos alevinos de jundiá, à MigPlus, pela doação do premix mineral e vitamínico e a taurina.

## REFERÊNCIAS

- AL-FEKY, S. S. A.; EL-SAYED, A.-F. M.; EZZAT, A. A. Dietary taurine improves reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock. **Aquaculture Nutrition**, doi: 10.1111/anu.12256, 2014.
- AOAC. (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis of AOAC**, 16<sup>a</sup> ed., Patricia Cunniff (editor), Washington, DC, 1141p., 1995.
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de jundiá**. Santa Maria, Ed. UFSM, 2004, 232 p.
- BIDINOTTO, P. M.; MORAES, G.; SOUZA, R. H. S., 1997. Hepatic glycogen and glucose in eight tropical freshwater teleost fish: A procedure for field determinations of micro samples. **Boletim Técnico CEPTA**, 10, 53-60.
- BLIGH, E.C.; DYER, W.J., A rapid method of total lipid. Extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, v.37, p. 911-917, 1959.
- CHATZIFOTIS, S. et al. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and bile salt activated lipase activity of common dentex, *Dentex dentex*, fed a fish meal/soy protein concentrate-based diet. **Aquaculture**, v. 275, p. 201–208, 2008.
- DIVAKARAN, S.; RAMANATHAN, S.; OSTROWSKI, A. C. Endogenous production of taurine in two teleost fish: *Coryphaena hippurus* and red hybrid tilapia. **Comparative Biochemistry Physiology**, vol. 101B, n. 3, p. 321-322, 1992.
- EL-SAYED, A. M. Is dietary taurine supplementation beneficial for farmed fish and shrimp? A comprehensive review. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, p. 1-15, 2013.
- ESPE, M. et al. Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, v. 274, p. 132–141, 2008.
- FERREIRA, F. M. et al. Effects of Taurine Supplementation on the Growth Performance of Juvenile Rock Bream *Oplegnathus fasciatus*. **Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 17, n 2, p. 255-261, 2014.
- GAWLICKA, A. et al. J. Activity of digestive enzymes in yolk-sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): indication of readiness for first feeding. **Aquaculture**, v. 184, p.303–314, 2000.
- GAYLORD, T. G.; TEAGUE, A. M.; BARROWS, F. T. Taurine supplementation of all-plant protein diets for rainbowtrout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 509-517, 2006.
- HIDALGO, M.C.; UREA, E.; SANZ, A. Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activitis. **Aquaculture**, v.170, p.267-283, 1999.



- HUMMEL, B.C.W. A modified spectrophotometric determination of chymotrypsin, trypsin and thrombin. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, n 12, p.1393-1399. 1959.
- JIRSA, D. et al. Taurine requirement for juvenile white seabass (*Atractoscion nobilis*) fed soy-based diets. **Aquaculture**, v. 422–423, p. 36–41, 2014.
- JOBLING, M. A short review and critic of methodology used in fish growth and nutrition studies. **Journal of Fish Biology**, v. 23, p. 685-703, 1983.
- JOHNSON, R. B. et al. Effects of dietary taurine supplementation on growth, feed efficiency, and nutrient composition of juvenile sablefish (*Anoplopoma fimbria*) fed plant based feeds. **Aquaculture**, v. 445, p. 79–85, 2015.
- KIM, S-K. et al. Effect of dietary taurine levels on growth and feeding behavior of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v. 250, p. 765-774, 2005.
- KIM, S.-K. et al. Comparison of taurine biosynthesis ability between juveniles of Japanese flounder and common carp. **Amino Acids**, v. 35, p. 161–168, 2008.
- LI, M. et al. Effects of dietary taurine on growth, immunity and hyperammonemia in juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* fed all-plant protein diets. **Aquaculture**, v. 450, p. 349–355, 2016.
- LIM, S.-J. et al. Taurine is an essential nutrient for juvenile parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. **Aquaculture**, v. 414–415, p. 274–279, 2013.
- LIU, Y. et al. Excessive dietary taurine supplementation reduces growth performance, liver and intestinal health of weaned pigs. **Livestock Science**, v. 168, p. 109–119, 2014.
- MATSUNARI, H. et al. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance of yellowtail juveniles *Seriola quinqueradiata*. **Fisheries Science**, v. 71, p. 1131–1135, 2005.
- MATSUNARI, H. et al. Effect of dietary taurine and cystine on growth performance of juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, v. 274, p. 142–147, 2008.
- PARK, J. T.; JOHNSON, M. J. A submicro determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 181, p. 149-151, 1949.
- PINTO, W. et al. Cloning, tissue and ontogenetic expression of the taurine transporter in the flatfish Senegalese sole (*Solea senegalensis*). **Amino Acids**, v. 42, p.1317–1327, 2012.
- PINTO, W. et al. Is dietary taurine supplementation beneficial for gilthead seabream (*p*) larvae? **Aquaculture**, v. 384-387, p. 1–5, 2013.

QI, G. et al. Effects of dietary taurine supplementation to a casein-based diet on growth performance and taurine distribution in two sizes of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture**, v. 358–359, p. 122–128, 2012.

ROBINSON, E. H. et al. Utilization of dietary sulfur compounds by fingerling channel catfish: L-methionine, DL-methionine, Methionine hydroxyl analogue, taurine and inorganic sulfate. **The Journal of Nutrition**, v,108, p. 1932–1936, 1978.

ROBINSON, E.H.; WILSON, R.P.; POE, W.E. Arginine requirement and apparent absence of a lysine-arginine antagonist in fingerling channel catfish. **Journal of Nutrition**, v. 111, n. 1, p. 46–52, 1981.

ROTILI, D. A. **Exigência em metionina para juvenis de jundiá**. 2014. 90 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

SALZE, G.; MCLEAN, E.; CRAIG, S. R. Dietary taurine enhances growth and digestive enzyme activities in larval cobia. **Aquaculture**, v. 362–363, p. 44–49, 2012.

SALZE, G. P.; D. DAVIS, A. Taurine: a critical nutrient for future fish feeds. **Aquaculture**, v. 437, p. 215–229, 2015.

SPIES, J.R., 1957. Colorimetric procedures for amino acids. **Methods in Enzymology**, 3, 467-477.

TAKAGI, S. et al. Role of taurine deficiency in inducing green liver symptom and effect of dietary taurine supplementation in improving growth in juvenile red sea bream *Pagrus major* fed non-fishmeal diets based on soy protein concentrate. **Fisheries Science**, v. 77, p. 235–244, 2011.

VENDROUW, H.; VAN ECHELD, C. J. A.; DEKKERS, E. M. J. Ammonia determination based on indophenols formation with sodium salicylate. **Water research**, v. 12, p. 399-402, 1977.

YUE, Y.-R. et al. The effect of dietary taurine supplementation on growth performance, feed utilization and taurine contents in tissues of juvenile white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931) fed with low-fishmeal diets. **Aquaculture Research**, v. 44, p. 1317–1325, 2013.

YUN, B. et al. Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high plant protein diets. **Aquaculture**, v. 324–325, p. 85–91, 2012.

ZHENG, K.; QIN, B.; CHANG, Q. Effect of graded levels of taurine on growth performance and Ptry expression in the tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*) postlarvae. **Aquaculture Nutrition**, doi: 10.1111/anu.12345, 2015.

## 4 CAPÍTULO III

### **A TAURINA É NECESSÁRIA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*) ALIMENTADOS COM DIETAS VEGETAIS?**

Resumo – A substituição de farinha de peixe por ingredientes de origem vegetal em dietas para peixes pode ocasionar falta de alguns nutrientes, como a taurina (ácido 2-aminoacetanosulfônico), que tem sido relatado como condicionalmente essencial para algumas espécies quando utilizadas estas fontes protéicas na alimentação. Entretanto, há controvérsias quanto aos benefícios de seu uso, devido a isto o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da suplementação crescente de taurina em dietas vegetais para o jundiá (*Rhamdia quelen*). Foi realizado experimento de 54 dias de alimentação de jundiás (peso inicial 5g), utilizando-se delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro dietas vegetais suplementadas com níveis crescentes de taurina (0, 0,5, 1,5 e 2% da dieta) e quatro repetições para cada tratamento. Foram avaliados parâmetros de crescimento, de utilização protéica e de bioquímica metabólica. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao desempenho de crescimento. Para os dados de aproveitamento protéico verificou-se que o nível mais elevado de suplementação de taurina (2%) apresentou menor coeficiente de retenção protéico e taxa de eficiência protéica em relação aos animais do tratamento Tau0,5%, além de aumento na conversão alimentar aparente em relação aos animais do tratamento Tau0% e Tau0,5%. Os resultados indicaram que a suplementação de taurina em dietas vegetais não melhora o desempenho zootécnico, mostrando-se não essencial para o jundiá (*Rhamdia quelen*) nesta fase de vida.

Palavras chave: Proteína. Fontes vegetais. Nutrição de Peixes.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A farinha de peixe é a fonte proteica animal mais utilizada na aquicultura, mas sua oferta tem diminuído e o seu preço se elevado nos últimos anos (HARDY, 2010),

mostrando a necessidade de sua substituição por fontes quantitativamente disponíveis e economicamente viáveis.

Os concentrados proteicos vegetais possuem elevado potencial para uso na aquicultura, uma vez que seu valor proteico é próximo ao da farinha de peixe, embora exija a suplementação com aminoácidos isolados ou o uso combinado de fontes para atender ao perfil aminoacídico exigido pelas distintas espécies e fases dos animais (BOONYOUNG et al., 2013; DERSJANT-LI, 2002; SALZE et al., 2010; YUN et al., 2012). A maior parte dos ingredientes de origem vegetal são também limitados em taurina (ácido 2-aminoetanosulfônico), que é derivada do metabolismo dos aminoácidos sulfurados (AL-FEKY et al., 2015).

A taurina desempenha diversas funções fisiológicas no organismo e alguns de seus efeitos benéficos são consolidados para mamíferos. Entre estes efeitos, destaca-se a modulação da resposta imunitária, transporte de cálcio, desenvolvimento da retina, metabolismo de ácidos biliares, estabilização de membrana, regulação osmótica, desintoxicação e ação antioxidante (EL-SAYED, 2013; HUXTABLE, 1992; KUZMINA et al., 2010; LAMBERT et al., 2015; SALZE; DEVIS, 2015).

Em peixes, resultados contraditórios levantaram o questionamento sobre a real necessidade de suplementação com taurina. Para algumas espécies, a inclusão de taurina em dietas a base de proteína vegetal melhora o ganho de peso e taxa de eficiência alimentar das espécies (GAYLORD et al., 2006; KIM et al., 2005; LUNGER et al., 2007; PARK et al., 2002; TAKAGI et al., 2008, 2011; YUN et al., 2012). Ao contrário, outros autores não observaram este efeito benéfico (ESPE et al., 2008; KIM et al., 2008; ROBINSON et al., 1978).

Sabe-se que a síntese de taurina varia entre as espécies e estágio de desenvolvimento, hábitos alimentares e ambiente em que o peixe vive (EL-SAYED, 2013), que podem ser fatores decisivos para os resultados controversos encontrados na literatura. Este fato mostra a importância de estudar os benefícios da suplementação deste aminoácido em cada espécie de interesse para cultivo intensivo. Pois sua ação pode ser considerada espécie-específica

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é um bagre de água doce nativo do Brasil, com hábito alimentar onívoro, que devido as suas características de crescimento e qualidade da carne, tem despontado como espécie promissora para cultivo intensivo na América Latina. A suplementação de taurina para essa espécie ainda não foi bem

elucidada, mas resultados com outros bagres (LI et al., 2016; ROBINSON et al., 1978) demonstraram efeitos controversos. Neste cenário, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação crescente de taurina em dietas vegetais para o jundiá.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Ingredientes e dietas

Para formulação das rações foram utilizados concentrados proteicos de soja (concentrado comercial – Incosoy) e preparados concentrados proteicos do farelo de girassol, de crambe e de canola, seguindo metodologia de pH isoelétrico, descrita por Smith et al. (1946), com modificação realizadas por Lovatto (2012).

Os ingredientes foram analisados para determinação de matéria seca, matéria mineral e proteína bruta (Micro-Kjeldahl) seguindo os métodos descritos pela AOAC (1995) e gordura por Bligh e Dyer (1959). O conteúdo de aminoácidos foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Foram formuladas quatro dietas isoproteica e isoenergéticas (39% PB e 3.400 Kcal/Kg), tendo como base proteica as fontes vegetais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (níveis de adição de taurina) e quatro repetições. As rações foram suplementadas com diferentes níveis de taurina (0, 0,5, 1,5 e 2% da dieta) e mantidos níveis iguais de aminoácidos sulfurados totais (metionina e cistina) (Tabela 1). Os tratamentos foram denominados: Veg-Tau0% (sem suplementação de taurina), Veg-Tau0,5%, Veg-Tau1,5% e Veg-Tau2%.

Para a elaboração das dietas os ingredientes secos foram misturados e posteriormente umedecidos com solução de NaOH 6N e água destilada, ajustando o pH em 7,0. O pH das dietas foi aferido em solução de 5 g da dieta diluída em 50 ml de água destilada, conforme Robinson et al. (1981). Após ajuste, as rações foram peletizadas em moedor de carne e secas em estufa com circulação de ar ( $50 \pm 5^\circ\text{C}$ ) por 24 horas e mantidas em freezer ( $-18^\circ\text{C}$ ), até o momento do fornecimento aos peixes.

### 3.2.2 Ensaio biológico de crescimento

O experimento foi realizado em sala climatizada ( $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria, por 54 dias (julho a agosto de 2014). Utilizou-se circuito de recirculação de água climatizado, composto de dois filtros biológicos, reservatório de água de 310 L e resistências controladas por termostatos. Foram utilizadas oito tanques de fibra (125 L) com entrada e saída individuais de água, dentro das quais foram colocados duas gaiolas flutuantes de 15L ( $22\times 30\times 23$  cm), totalizando 16 unidades experimentais.

Para o experimento utilizou-se juvenis de jundiá provenientes de desova realizada no mês de março, no Laboratório de Ictiologia da Universidade Federal de Pelotas, que passaram por período de adaptação ao circuito experimental por dois meses. No experimento foram utilizados 320 juvenis de jundiá ( $5,00\pm 0,06$  g), distribuídos 20 peixes por unidade experimental. Os animais eram provenientes de desova realizada no mês de março no Laboratório de Ictiologia da Universidade Federal de Pelotas e passaram por período de adaptação ao circuito experimental por dois meses. Os animais foram alimentados três vezes ao dia (8:00, 13:00 e 17:00 horas) até a saciedade aparente e as unidades experimentais foram limpas por sifonagens duas vezes ao dia (10:00 e 15:30 horas).

Os parâmetros de qualidade da água foram aferidos diariamente para oxigênio ( $8,56\pm 1,0$  mg/L) através de oxímetro digital (modelo 550A-YSI-Yellow Springs-EUA) e temperatura ( $22,94\pm 1,91^{\circ}\text{C}$ ) (termômetro de bulbo de mercúrio) e semanalmente para alcalinidade ( $47,19\pm 18,56$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ); dureza ( $34,08\pm 17,41$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ); pH ( $7,60\pm 0,20$ ); amônia total ( $0,23\pm 0,16$  ppm) e nitrito ( $0,04\pm 0,07$  ppm); por kit colorimétrico Alfakit<sup>®</sup>, permanecendo na faixa ideal para o cultivo da espécie (BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2004).

Tabela 1 - Composição das rações experimentais com mistura de fonte proteicas de origem vegetal e suplementação de taurina

Ingredientes	Diets			
	VegTau0%	VegTau0,5%	VegTau1,5%	VegTau2%
Conc. Soja <sup>1</sup>	24,30	24,30	24,30	24,30
Conc. Canola <sup>2</sup>	22,70	22,70	22,70	22,70
Conc. Girassol <sup>3</sup>	18,00	18,00	18,00	18,00
Conc. Crambe <sup>4</sup>	5,50	5,50	5,50	5,50
Milho	5,60	5,60	5,60	5,60
Amido de milho	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo de soja	8,00	8,00	8,00	8,00
Premix vit. e min. <sup>5</sup>	3,00	3,00	3,00	3,00
Fosfato bicálcio	4,50	4,50	4,50	4,50
Calcário	2,40	2,40	2,40	2,40
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50
Taurina	0,00	0,51	1,53	2,05
BHT <sup>6</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02
Inerte <sup>7</sup>	2,48	1,97	0,95	0,43
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Nutricional				
PB % <sup>8</sup>	39,60	39,60	39,60	39,60
ED Kcal/Kg <sup>9</sup>	3.407	3.407	3.407	3.407
Gordura %	12,16	12,70	12,73	12,96
Met+Cis <sup>10</sup>	1,70	1,70	1,70	1,70
Taurina %	0,05	0,50	1,50	2,00

<sup>1</sup>Concentrado proteico de soja= INCOSOY; <sup>2</sup>Concentrado proteico de farelo de canola; <sup>3</sup>Concentrado proteico de farelo de girassol; <sup>4</sup>Concentrado proteico de farelo de crambe; <sup>5</sup>Premix mineral e vitamínico (Mig Fish 1%)= ácido fólico 250 mg; ácido pantotênico 5.000 mg; antioxidante 0,60 g; biotina 125 mg; cobalto 25 mg; cobre 2.000 mg; ferro 820 mg; iodo 100 mg; manganês 3.750 mg; niacina 5.000 mg; selênio 75 mg; vitamina A 1.000.000 UI; vitamina B1 1.250 mg; vitamina B2 2.500 mg; vitamina B6 2.485 mg; vitamina B12 3.750 µg; vitamina C 28.000 mg; vitamina D3 500.000 UI; vitamina E 20.000 UI; vitamina K 5000 mg; zinco 17.500 mg. Mig Plus®, Casca/RS. <sup>6</sup>BHT= butil hidroxil tolueno; <sup>7</sup>Inerte= Celulose; <sup>8</sup>PB= proteína bruta; <sup>9</sup>ED (energia digestível)= [(%PB x 5,64 x 0,90)+(%) de gordura x 9,51 x 0,85)+(carboidratos solúveis em detergente neutro x 4,11 x 0,50)]\*10 (JOBLING, 1983). <sup>10</sup>Met+Cis= somatório de metionina mais cistina.

### 3.2.3 Parâmetros avaliados

No início e no final do experimento os animais passaram por jejum de 18 horas, posteriormente foram anestesiados (35 mg/L de benzocaína), pesados e medidos, para avaliação dos seguintes parâmetros de crescimento: Peso (g); Comprimento total (cm); Ganho de peso relativo (%):  $GPR = 100 \times [\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}] / \text{peso inicial (g)}$ ; Fator de condição:  $FC = \text{peso} \times 100 / (\text{comprimento total})^3$ ; Taxa de crescimento específico (%/dia):  $TCE = (\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso$

inicial)/dias) x 100; Consumo de ração (g) e Conversão alimentar aparente: consumo total de alimento/ganho em peso;

Foram realizadas análises iniciais e finais de composição corporal quanto ao teor de umidade, cinzas, proteína (Micro-Kjeldahl) conforme a AOAC (1995). A mensuração de gordura foi realizada pelo método de Bligh e Dyer (1959).

Ao iniciar o experimento foram coletados cinco peixes para compor cada uma das amostras analisadas (total de 10 amostras compostas). Ao final do período de 54 dias foram selecionados dois peixes por unidade experimental (oito por tratamento) para compor as amostras finais. Com os dados obtidos foi calculado: Taxa de eficiência proteica: TEP= ganho em peso/proteína ingerida; Coeficiente de retenção proteica: CRP=  $100 \times [(Pf * PBCf) - (Pi * PBCi)] / ACt * PBd$ , onde: Pi e Pf: pesos iniciais e finais dos animais; PBCi e PBCf: proteína bruta na carcaça inicial e final; PBd= proteína bruta da dieta e ACt = alimento consumido total. Deposição de proteína corporal: DPC=  $[Pf \times (\%PBCf/100)] - [Pi \times (\%PBCi/100)]$ ; Deposição de gordura corporal: DGC=  $[Pf \times (\%GCf/100)] - [Pi \times (\%GCI/100)]$ , onde: GCi e GCf: gordura na carcaça inicial e final.

Para a coleta de material biológico (fígado, trato digestório, gordura e gônadas) dois animais por unidade experimental (oito por tratamento) foram selecionados e eutanasiados por overdose de benzocaína (250 mg/L). Com estas amostras foram avaliados os índices de deposição de gordura celomática (DGC), quociente intestinal (QI), índice digestivossomático (IDS), índice gonadossomático (IGS), índice hepatossomático (IHS) e rendimento de carcaça (RC). Os mesmos animais foram usados para avaliação hepática de glicose (PARK; JOHNSON, 1949), glicogênio (BIDINOTTO et al., 1997), amônia (VERDOUW et. al, 1977), aminoácidos livres (SPIES, 1957) e transaminases por Kit colorimétricos Doles<sup>®</sup>. No trato digestório foi determinada a atividade das enzimas digestivas, tripsina e quimiotripsina pela metodologia descrita por Hummel (1959). Protease ácida, pelo método de hidrólise da caseína modificado por Hidalgo et al. (1999) e lipase (GAWLICKA et al., 2000).



### 3.2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e análise de regressão polinomial. Quando o modelo de regressão não apresentou significância, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade. Os dados são apresentados pelas médias  $\pm$  o erro padrão da média.

## 4.3 RESULTADOS

### 4.3.1 Desempenho, rendimento de carcaça e índices viscerais

A suplementação com taurina em níveis crescentes não influenciou significativamente ( $P < 0,05$ ) os parâmetros de desempenho (Tabela 2), rendimento de carcaça e índices viscerais dos animais (Tabela 3)

### 4.3.2 Consumo e conversão alimentar

A inclusão crescente de taurina não alterou o consumo alimentar. Entretanto, o maior nível de inclusão (2%) prejudicou a conversão alimentar quando comparado ao menor nível de inclusão (0,5%) e a ausência deste aminoácido na dieta (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros de crescimento, consumo e conversão alimentar de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetros	Tratamentos			
	Veg-Tau0%	Veg-Tau0,5%	Veg-Tau1,5%	Veg-Tau2%
PF	11,23 $\pm$ 0,69	11,50 $\pm$ 1,06	11,45 $\pm$ 0,72	9,62 $\pm$ 0,31
CF	10,32 $\pm$ 0,20	10,35 $\pm$ 0,27	10,21 $\pm$ 0,21	9,69 $\pm$ 0,09
FC	1,02 $\pm$ 0,02	1,03 $\pm$ 0,02	1,07 $\pm$ 0,04	1,05 $\pm$ 0,01
TCE	1,76 $\pm$ 0,12	1,80 $\pm$ 0,16	1,80 $\pm$ 0,12	1,42 $\pm$ 0,06
GPR	121,78 $\pm$ 13,59	127,35 $\pm$ 21,20	125,75 $\pm$ 13,60	90,11 $\pm$ 6,25
CONS	219,43 $\pm$ 10,60	208,85 $\pm$ 11,62	218,32 $\pm$ 7,40	218,53 $\pm$ 6,01
CAA	2,29 <sup>b</sup> $\pm$ 0,23	2,19 <sup>b</sup> $\pm$ 0,23	2,50 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,37	3,16 <sup>a</sup> $\pm$ 0,18

PF= peso final (g); CF= comprimento final (cm); FC= fator de condição; TCE= taxa de crescimento específico (%/dia); GPR= ganho de peso relativo (%); CONS= consumo total no período por gaiola (g); CAA= conversão alimentar aparente (Kg/Kg). Valores expressos  $\pm$  erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Tabela 3 - Rendimento de carcaça e índices viscerais de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetro	Tratamentos			
	Veg-Tau0%	Veg-Tau0,5%	Veg-Tau1,5%	Veg-Tau2%
RC	85,38±1,92	85,79±1,19	85,78±0,94	84,92±1,06
IHS	1,88± 0,09	2,02± 0,19	1,81± 0,17	1,75±0,15
IDS	3,43± 0,15	3,61± 0,23	3,50±0,29	3,59±0,38
QI	0,86±0,03	0,85±0,05	0,86±0,10	0,91±0,06
IGC	1,18± 0,09	1,10± 0,11	0,77±0,19	1,05±0,21
IGS	1,62±0,43	2,10± 0,76	1,93± 0,66	1,74±0,48

RC= rendimento de carcaça (%); IHS= índice hepato-somático (%); IDS= índice digestivo-somático (%); QI= quociente intestinal; IGC= índice de gordura celomática (%); IGS= índice gonado-somático (%). Valores expressos ± erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

#### 4.3.3 Parâmetros hepáticos

A glicose, o glicogênio, a proteína, os aminoácidos totais e a amônia não foram influenciados pelos níveis de suplementação de taurina na dieta de juvenis de jundiá. Com relação as transaminases, foi observado que a suplementação com taurina na dieta Veg-Tau0,5% diminuiu significativamente a atividade da alanina aminotransferase (ALT) em relação a dieta não suplementada. A aspartato aminotransferase (AST) também diminuiu significativamente com a inclusão de 0,5% de taurina na dieta em relação aos demais tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetros bioquímicos hepáticos de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetro	Tratamentos			
	Veg-Tau0%	Veg-Tau0,5%	Veg-Tau1,5%	Veg-Tau2%
GLIG	3,74±0,82	5,08±0,97	5,48±0,45	4,03±0,97
PROT	83,69±7,57	95,60±9,41	87,09±5,67	86,56±5,73
AMON	12,27±0,67	13,27±0,35	11,85±0,55	11,66±0,76
GLIC	137,00±8,16	128,58±5,77	142,11±9,12	125,11±3,58
AA	18,01±0,55	18,28±1,57	17,56±0,81	16,41±1,04
ALT	49,35 <sup>a</sup> ±0,91	45,69 <sup>b</sup> ±0,92	47,90 <sup>ab</sup> ±1,27	47,15 <sup>ab</sup> ±1,60
AST	487,41 <sup>a</sup> ±21,56	301,72 <sup>b</sup> ±89,03	487,07 <sup>a</sup> ±43,37	480,76 <sup>a</sup> ±66,51

GLIG: glicogênio (µmol/g de tecido); PROT= proteína (mg/g de tecido); AMON= amônia (µmol/g de tecido); GLIC= glicose (µmol/g de tecido); AA= aminoácidos (µmol/g de tecido); ALT= alanina aminotransferase (UI/mg de tecido); AST= aspartato aminotransferase (UI/mg de tecido). Valores expressos ± erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

#### 4.3.4 Atividade enzimática digestiva

Nas enzimas digestivas houve apenas diferença significativa na atividade da lipase, a qual diminuiu com a adição de 1,5% de taurina na dieta em relação a ausência do aminoácido na dieta, sem diferir significativamente dos demais tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5 - Atividade das enzimas digestivas de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetros	Tratamentos			
	Veg-Tau0%	Veg-Tau0,5%	Veg-Tau1,5%	Veg-Tau2%
TRI	10,96±1,13	11,06±0,43	8,26±0,76	8,56±1,33
QUI	7181,93±616,87	6848,97±758,71	4733,75±1074,60	6617,08±973,69
LIP	11,17 <sup>a</sup> ±1,43	9,07 <sup>ab</sup> ±0,53	7,57 <sup>b</sup> ±0,52	8,45 <sup>ab</sup> ±1,01
PROTAC	12,02±0,87	8,89±1,26	12,93±2,20	8,79±2,15

TRI= tripsina ( $\mu\text{mol TAME}/\text{minuto}/\text{mg}$  de proteína); QUI= quimotripsina ( $\mu\text{mol BTEE}/\text{minuto}/\text{mg}$  de tecido); LIP= lipase ( $\mu\text{g}$  substrato/ $\text{minuto}/\text{mg}$  de tecido); PROAC= protease ácida ( $\mu\text{g}$  tirosina/ $\text{minuto}/\text{mg}$  de tecido). Valores expressos  $\pm$  erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

#### 4.3.5 Composição corporal e índices de eficiência

A análise da composição centesimal do peixe inteiro mostrou uma maior percentagem de proteína bruta (PB) nos animais alimentados com a dieta contendo 1,5% de inclusão de taurina na dieta em comparação com os animais alimentados com a dieta sem adição de taurina (Tabela 6). Para gordura, matéria seca e matéria mineral, não foram encontradas diferenças significativas.

A adição crescente de taurina não causou alterações nos índices de deposição de proteína e gordura corporal (Tabela 7). Porém, a TEP e o CRP tiveram maiores valores nos animais suplementados com 0,5% de taurina em relação aqueles recebendo 2% de taurina na dieta.

Tabela 6 - Composição corporal de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetro	Tratamentos			
	Veg-Tau0%	Veg-Tau0,5%	Veg-Tau1,5%	Veg-Tau2%
PB	14,35 <sup>b</sup> ±0,24	14,80 <sup>ab</sup> ±0,16	15,08 <sup>a</sup> ±0,18	14,68 <sup>ab</sup> ±0,23
GORD	5,70±0,19	5,87±0,34	5,41±0,27	5,68±0,31
MM	2,58±0,09	2,62±0,09	2,58±0,09	2,71±0,10
MS	22,85±0,44	23,65±0,48	23,85±0,36	23,98±0,39

PB= proteína bruta (%); GORD= gordura (%); MM= matéria mineral (%); MS= matéria seca (%). Valores expressos ± erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

Tabela 7 - Índices de deposição de proteína e gordura na carcaça de juvenis de jundiá alimentados com dietas suplementadas com taurina durante 54 dias

Parâmetros	Tratamentos			
	Veg-Tau0%	Veg-Tau0,5%	Veg-Tau1,5%	Veg-Tau2%
DPC	1,06±0,12	1,13±0,16	1,12±0,12	0,84±0,04
DGC	0,50±0,05	0,53±0,11	0,45±0,04	0,40±0,03
CRP	1,24 <sup>ab</sup> ±0,11	1,36 <sup>a</sup> ±0,10	1,32 <sup>ab</sup> ±0,15	0,99 <sup>b</sup> ±0,02
TEP	1,15 <sup>ab</sup> ±0,10	1,21 <sup>a</sup> ±0,14	1,09 <sup>ab</sup> ±0,13	0,82 <sup>b</sup> ±0,04

DPC= deposição de proteína na carcaça (mg/dia); DGC= deposição de gordura na carcaça (mg/dia); CRP= coeficiente de retenção proteica (%); TEP= taxa de eficiência proteica. Valores expressos ± erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

#### 4.4 DISCUSSÃO

Os resultados de desempenho indicam que juvenis de jundiá alimentados com dietas vegetais não exigem suplementação com taurina, indicando que a síntese endógena é suficiente para atender suas necessidades metabólicas. Porém, para fases mais precoces de crescimento dessa espécie, estudos conduzidos em nosso laboratório (ROSSATO, 2015) mostraram que a adição de taurina entre 0,5 e 1,5% melhorou o crescimento das pós-larvas alimentadas com concentrado proteico de soja.

Essa maior necessidade de taurina na fase pós-larval pode ser atribuída a imaturidade no desenvolvimento do sistema enzimático, onde a enzima chave na conversão de cistina a taurina (L-cisteíno sulfinato descarboxilase) é insuficientemente produzida para suprir a demanda metabólica de taurina (KIM et al., 2005; AL-FEKY et al., 2014; SALZE et al., 2012). Além disso, a adição de taurina

promove efeito poupador de metionina, a qual será utilizada para outras vias metabólicas, como a síntese de proteína muscular.

Este fato é comprovado em estudo com *Paralichthys olivaceus*, onde Kim et al. (2003) relataram que a taurina tem papel importante durante o período inicial (0,4 g). Porém, para animais com 14,7 g não há melhora significativa no crescimento dos peixes, indicando que a taurina é um nutriente condicionalmente essencial para esta espécie. Para outras espécies, mesmo na fase pós-larval, a taurina não é requerida para melhor crescimento, como indicado para *Sparus aurata* (PINTO et al., 2013)

A taurina é considerada palatilizante por alguns autores (CHATZIFOTIS et al., 2008; YUN et al., 2012). Entretanto, os dados de consumo de alimento encontrados neste trabalho foram semelhantes entre os tratamentos, indicando que a taurina não funcionou como atrativo alimentar para os jundiás.

A maior CAA observada para os peixes alimentados com o nível mais alto de taurina (2%) confirma que o aumento do gasto energético para a excreção do excesso deste aminoácido é prejudicial ao aproveitamento alimentar.

A suplementação de taurina não foi suficiente para alterar o rendimento zootécnico e os índices viscerais avaliados no presente estudo, sendo os valores encontrados comuns para a espécie (LOVATTO et al., 2014; MARTINELLI et al., 2013; PEDRON et al., 2011). Porém, com suínos, a inclusão de taurina ocasionou mudanças nestes parâmetros, onde em nível elevado (3%) provocou alterações no trato digestivo (LIU et al., 2014.). Outro fator que pode levar a modificações nestes índices é a presença de ingredientes vegetais, que quando utilizados em substituição a farinha de peixe, podem provocar alterações nos índices digestivos e hepáticos, devido a presença de fatores antinutricionais como, por exemplo, fibra em excesso (PEDRON et al., 2008).

Variações nos parâmetros hepáticos são indicativos do estado metabólico do animal (ALMEIDA et al., 2011), pois como Melo et al. (2006) destacam, o aumento da atividade das enzimas transaminases está associada à síntese proteica ou a sua utilização como fonte de energia para o organismo. No presente estudo a diminuição na atividade destas enzimas no fígado dos animais alimentados com a dieta Veg-Tau0,5% indica menor catabolismo proteico, já que além da diminuição na atividade da AST e ALT, os animais desse tratamento apresentaram maior CRP e TEP e o mesmo peso final dos demais.

Com adição de 1,5% de taurina houve diminuição na atividade da enzima lipase, entretanto, Chatzifotis et al. (2008) relataram que a atividade da lipase aumentou quando adicionado taurina em dietas com farinha de peixe e concentrado proteico de soja para *Dentex dentex* indicando melhora no metabolismo lipídico.

A taurina está ligada ao metabolismo lipídico (MAITA et al., 2006), pois é conjugada com os ácidos biliares para formar os sais biliares (KIM et al., 2008), que emulsificam a gordura e auxiliam em sua digestão, tendo demonstrado efeitos hipolipidêmicos em camundongos (CHEN et al., 2004). Ela também estimula a atividade da colesterol 7 $\alpha$ -hidroxilase, uma enzima chave na via biossintética dos ácidos biliares, sendo esta uma via de sua eliminação (YUN et al., 2012). Uma vez que no presente estudo não foi adicionada nenhuma fonte de colesterol e que a taurina estimula a formação dos sais biliares, é provável que o colesterol endógeno tenha sido utilizado para essa finalidade, principalmente nos níveis mais elevados de taurina, de modo que a quantidade de colesterol disponível para as demais funções do organismo pode ter sido insuficiente, fato que poderia explicar em parte a falta de efeito da taurina no crescimento.

A adição de taurina (2%) foi prejudicial para o aproveitamento proteico, já que houve diminuição no CRP e TEP em relação aos animais recebendo o nível de 0,5% de taurina. Este fato está relacionado com o gasto energético para sua excreção e a possível toxicidade da taurina, como relatado por Liu et al. (2014) onde suínos recebendo alimentação com doses excessivas (3%) de taurina apresentaram lesões no fígado e no trato digestório. Porém, os autores ainda relatam que o fato não está claro, pois a toxicidade pode ter sido ocasionada tanto pela taurina quanto pelos níveis elevados de metionina e cistina, sendo necessários mais estudos.

Níveis de 1,5% de taurina aumentam a proteína bruta corporal a exemplo dos resultados encontrados por Chatzifotis et al. (2008) para *Dentex dentex* e por Qi et al. (2012) para *Scophthalmus maximus*.

Espe et al. (2012) observaram que a suplementação de 0,1% de taurina em dieta com elevada quantidade de proteínas vegetais diminuiu a gordura corporal, mas não altera o teor de proteína de *Salmo salar*. Os autores relatam que a adição de taurina pode poupar a metionina hepática, pelo aumento da remetilação da homocisteína, permitindo que a metionina seja utilizada para a síntese de proteína muscular.

## 4.5 CONCLUSÕES

A suplementação de taurina em dietas vegetais não melhora o desempenho zootécnico mostrando-se não essencial para o jundiá (*Rhamdia quelen*) nesta fase de vida.

OBS: Este trabalho foi aprovado em seus aspectos éticos e metodológicos pelo Comitê de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Santa Maria, com número de parecer 064/2014.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado a Suziane Ghedini Martinelli e ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa a professora Leila Picolli da Silva. Ao Vilmar Bender, Ana Betine B. Bender e a empresa Selenia pela doação de ingredientes para a confecção das rações. Ao professor Juvêncio Luíz Pouey e ao aluno de doutorado Cristiano Costenaro Ferreira da UFPel, pela doação dos alevinos de jundiá, à MigPlus, pela doação do premix mineral e vitamínico e a taurina.

## REFERÊNCIAS

AL-FEKY, S. S. A.; EL-SAYED, A.-F. M.; EZZAT, A. A. Dietary taurine improves reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock.

**Aquaculture Nutrition**, doi: 10.1111/anu.12256, 2014.

AL-FEKY, S. S. A.; EL-SAYED, A.-F. M.; EZZAT, A. A. Dietary taurine enhances growth and feed utilization in larval Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed soybean meal-based diets. **Aquaculture Nutrition**, doi: 10.1111/anu.12266, 2015.

ALMEIDA, L. C. et al. Growth and metabolic responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed different levels of protein and lipid. **Aquaculture Nutrition**, v 17, p. 253-262, 2011.

AOAC. (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis of AOAC**, 16<sup>a</sup> ed., Patricia Cunniff (editor), Washington, DC, 1141p., 1995.

BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de jundiá**. Santa Maria, Ed. UFSM, 2004, 232 p.

BIDINOTTO, P. M.; MORAES, G.; SOUZA, R. H. S., 1997. Hepatic glycogen and glucose in eight tropical freshwater teleost fish: A procedure for field determinations of micro samples. **Boletim Técnico CEPTA**, v. 10, p. 53-60, 1997.

BLIGH, E.C.; DYER, W.J., A rapid method of total lipid. Extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, v.37, p. 911-917, 1959.

BOONYOUNG, S.; HAGA, Y.; SATOH, S. Preliminary study on effects of methionine hydroxyl analog and taurine supplementation in a soy protein concentrate-based diet on the biological performance and amino acid composition of rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)]. **Aquaculture Research**, v. 44, p. 1339–1347, 2013.

CHATZIFOTIS, S. et al. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and bile salt activated lipase activity of common dentex, *Dentex dentex*, fed a fish meal/soy protein concentrate-based diet. **Aquaculture**, v. 275, p. 201–208, 2008.

CHEN, W. et al. The effect of taurine on cholesterol degradation in mice fed a high-cholesterol diet. **Life Sciences**, v. 74, p. 1889–1898, 2004.

DERSJANT-LI, Y. The use of soy protein in aquafeeds. In: CRUZ-SUÁREZ, L. E. et al. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3 a 6 de Setembro de 2002. Cancún, Quintana Roo, México. 2002.

EL-SAYED, A. M. Is dietary taurine supplementation beneficial for farmed fish and shrimp? A comprehensive review. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, p. 1-15, 2013.

ESPE, M. et al. Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, v. 274, p. 132–141, 2008.

ESPE, M.; RUOHONEN, K.; EL-MOWAFI, A. Effect of taurine supplementation on the metabolism and body lipid to protein ratio in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture Research**, v. 43, p. 349–360, 2012.

GAYLORD, T. G.; TEAGUE, A. M.; BARROWS, F. T. Taurine supplementation of all-plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, 2006.

GAWLICKA, A. et al. Activity of digestive enzymes in yolk-sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): indication of readiness for first feeding. **Aquaculture**, v. 184, p.303–314, 2000.

HARDY, R. W., Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 770–776, 2010.

HIDALGO, M.C.; UREA, E.; SANZ, A. Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activitis. **Aquaculture**, v.170, p.267-283, 1999.



HUMMEL, B.C.W. A modified spectrophotometric determination of chymotrypsin, trypsin and thrombin. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37 (12), p.1393-1399. 1959.

HUXTABLE, R. J. Physiological Actions of Taurine. **Physiological Reviews**. v. 72, n. 1, 63 p., 1992.

JOBLING, M. A short review and critic of methodology used in fish growth and nutrition studies. **Journal of Fish Biology**, v. 23, p. 685-703, 1983.

KIM, S.-K.; TAKEUCHI, T.; YOKOYAMA, M.; MURATA, Y. Effect of dietary supplementation with taurine, b-alanine and GABA on the growth of juvenile and fingerling Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Fisheries Science**, v. 69, p. 242–248, 2003.

KIM, S.-K. et al. SAKAKURAE, Y. Effect of dietary taurine levels on growth and feeding behavior of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v. 250, p. 765-774, 2005.

KIM, S.-K. et al. Comparison of taurine biosynthesis ability between juveniles of *Japanese flounder* and *Common carp*. **Amino Acids**, v. 35, p. 161-168, 2008.

KUZMINA, V. V.; GAVROVSKAYA, L. K.; RYZHOVA, O. V. Taurine. Effect on exotrophia and metabolism in mammals and fish. **Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology**, v. 46, n. 1, p. 19-27, 2010.

LAMBERT, I. H. et al. Review: Physiological role of taurine – from organism to organelle. **Acta Physiologica**, v. 213, p. 191–212, 2015.

LI, M. et al. Effects of dietary taurine on growth, immunity and hyperammonemia in juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* fed all-plant protein diets. **Aquaculture**. v. 450, n. 1, p. 349–355, 2016.

LIU, Y. et al. Excessive dietary taurine supplementation reduces growth performance, liver and intestinal health of weaned pigs. **Livestock Science**, v. 168, p. 109–119, 2014.

LOVATTO, N. M. **Metabolismo e eficiência zootécnica de jundiás (*Rhamdia quelen*) alimentados com concentrados proteicos vegetais**. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

LOVATTO, N. M. et al. **Efeitos de dietas contendo concentrados proteicos vegetais no desempenho e atividade de enzimas digestivas de jundiá (*Rhamdia quelen*)**. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 1071-1082, 2014.

LUNGER, A.N. et al. Taurine supplementation to alternative dietary proteins used in fish meal replacement enhances growth of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v.271, p.401-410, 2007.

- MAITA, M. et al. Disease resistance and hypocholesterolemia in yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed a non-fishmeal diet. **Fisheries Science**, v. 72, p. 513–519, 2006.
- MARTINELLI, S. G. et al. Densidade de estocagem e frequência alimentar no cultivo de jundiás em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.8, p. 871-877, 2013.
- MELO, J. F. B. et al. Effects of dietary levels of protein on nitrogenous metabolism of *Rhamdia quelen* (Teleostei: Pimelodidae). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 145 Part A, p. 181–187, 2006.
- PARK, J. T.; JOHNSON, M. J. A submicro determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 181, p. 149-151, 1949.
- PARK, G.-S. et al. Optimal dietary taurine level for growth of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Fisheries Science**; v. 68, p. 824–829, 2002.
- PEDRON, F. A. et al. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.93-98, 2008.
- PEDRON, F. A. et al. Crescimento de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) com diferentes proporções de amilose:amilopectina na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.5, p.1200-1207, 2011
- PINTO, W. et al. Is dietary taurine supplementation beneficial for gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae? **Aquaculture**, v. 384-387, p. 1–5, 2013.
- QI, G. et al. Effects of dietary taurine supplementation to a casein-based diet on growth performance and taurine distribution in two sizes of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture**, v. 358–359, p. 122–128, 2012.
- ROBINSON, E. H. et al. Utilization of dietary sulfur compounds by fingerling channel catfish: L-methionine, DL-methionine, Methionine hydroxyl analogue, taurine and inorganic sulfate. **The Journal of Nutrition**, v,108, p. 1932–1936, 1978.
- ROBINSON, E.H.; WILSON, R.P.; POE, W.E. Arginine requirement and apparent absence of a lysine-arginine antagonist in fingerling channel catfish. **Journal of Nutrition**, v. 111, n. 1, p. 46–52, 1981.
- ROSSATO, S. **Estudo do desenvolvimento muscular e enzimático inicial do jundiá (*Rhamdia quelen*) com alimentos de origem animal e vegetal**. 2015. 181 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- SALZE, G. et al. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 298, p. 294–299, 2010.
- SALZE, G.; MCLEAN, E.; CRAIG, S. R. Dietary taurine enhances growth and digestive enzyme activities in larval cobia. **Aquaculture**, v. 362–363. p. 44–49, 2012.

SALZE, G. P.; D. DAVIS, A. Taurine: a critical nutrient for future fish feeds. **Aquaculture**, v. 437, p. 215–229, 2015.

SMITH, A. K.; JOHNSON, V. L.; BECKEL, A. C. Linseed proteins alkali dispersion and acid precipitation. **Industrial and Engineering Chemistry**, v.38 p.353- 356, 1946.

SPIES, J.R., 1957. Colorimetric procedures for amino acids. **Methods in Enzymology**, 3, 467-477.

TAKAGI, S.; MURATA, H.; GOTO, T.; ENDO, M.; YAMASHITA, H.; UKAWA, M. Taurine is an essential nutrient for yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fish meal diets based on soy protein concentrate. **Aquaculture**, v. 280, p. 198–205, 2008.

TAKAGI, S. et al. Role of taurine deficiency in inducing green liver symptom and effect of dietary taurine supplementation in improving growth in juvenile red sea bream *Pagrus major* fed non-fishmeal diets based on soy protein concentrate. **Fisheries Science**, v. 77, p. 235–244, 2011.

VENDROUW, H.; VAN ECHELD, C. J. A.; DEKKERS, E. M. J. Ammonia determination based on indophenols formation with sodium salicylate. **Water research**, v. 12, p. 399-402, 1977.

YUN, B. et al. Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high plant protein diets. **Aquaculture**, v. 324–325, p. 85–91, 2012.

## 5 CAPÍTULO IV

### **AÇÃO ANTIOXIDANTE DA TAURINA E METIONINA PARA JUVENIS DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)**

Resumo – O estresse a que os peixes são submetidos durante o cultivo pode desencadear danos oxidativos e provocar diminuição no crescimento. Com o intuito de avaliar o efeito da taurina como agente antioxidante e sua relação com a metionina, foram formuladas dietas isoproteicas (37%PB) e isoenergéticas (3.200Kcal/kg de ED) com três níveis de metionina (1,6, 2,3 e 3,5% da proteína da dieta) e quatro níveis de taurina (0, 0,5, 1,5 e 2% da dieta). 576 juvenis de jundiá (7g) foram distribuídos nas 36 unidades experimentais de um sistema de recirculação de água com temperatura controlada, onde foram mantidos por 24 dias recebendo as dietas experimentais. Foi utilizado delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3x4, com três repetições por tratamento. Ao final do período, seis peixes por tratamento foram eutanasiados para avaliação do efeito antioxidante e de proteção contra os pró-oxidantes. No fígado e no músculo foi observado que, a utilização de níveis mais baixos de metionina (1,6%) e taurina (0 e 0,5%) ou níveis mais altos de taurina (2%) com níveis mais altos de metionina (3,5%), houve aumento na atividade das enzimas envolvidas na defesa contra danos oxidativos e diminuição na formação de proteína carbonil no fígado dos jundiás. Com estes resultados pode-se concluir que a taurina funcionou como agente antioxidante, aumentando a atividade das enzimas envolvidas nas defesas do organismo ao ataque das espécies reativas de oxigênio (EROs) e diminuindo os pró-oxidantes e que a relação metionina/taurina afeta o potencial antioxidante da taurina.

Palavras Chave: Antioxidante. Peixe. Dano Oxidativo.

#### 5.1 INTRODUÇÃO

Na produção intensiva de peixes, os animais são submetidos a condições estressantes durante o cultivo, que vão desde fatores ligados à densidade de estocagem, ao manejo empregado, à qualidade da água, entre outros. Estas situações de estresse podem ocasionar prejuízos no crescimento dos animais, uma vez que o estresse pode causar distúrbios fisiológicos, bioquímicos e até morfológicos. Dentre as alterações bioquímicas, temos a geração de radicais livres que estão ligados ao estresse oxidativo (MARIANO et al., 2009).

As reações de oxidação fazem parte do metabolismo normal das células, pois o oxigênio é necessário para a produção de energia (MASELLA et al., 2005). Porém, quando o nível de espécies reativas de oxigênio (EROs) excede a capacidade

antioxidante da célula ou há depleção do sistema antioxidante, ocorre o estresse oxidativo (FOGAÇA; SANT'ANA, 2009; LUSHCHAK; BAGNYUKOVA, 2006; SONG et al., 2006).

As células apresentam um sistema de defesa antioxidante enzimático, que neutraliza a formação de EROs e os seus efeitos negativos sobre proteínas e lipídios (LUSHCHAK; BAGNYUKOVA, 2006). Ainda, compostos de baixo peso molecular, como ácido ascórbico, selênio, zinco, betacarotenos, taurina, entre outros. Podem ser adicionados às dietas, com ação antioxidante, auxiliando na remoção de agentes causadores de danos ou como reparadores da lesão ocorrida (ANDRADE et al., 2010).

Aminoácidos contendo enxofre (metionina, cistina, cisteína, taurina e glutatona), têm papel fundamental em condições de estresse oxidativo, uma vez que tem a capacidade de afetar o estado redox celular (MÉTAYER et al., 2008). A taurina (ácido 2-aminoetanosulfônico) é um  $\beta$ -aminoácido proveniente do metabolismo dos aminoácidos sulfurados metionina e cistina (HUXTABLE, 1992) e tem sido indicada como antioxidante por prevenir danos celulares causados por dióxido de nitrogênio e ozônio, além de preservar o equilíbrio de oxidação-redução intracelular pelo aumento da atividade do sistema antioxidante (KUZMINA et al., 2010; LAMBERT et al., 2015; NONAKA et al., 2001; RIVAS-ARANCIBIA et al., 2000). Este efeito protetor contra danos oxidativos tem sido relatado para peixes (BAÑUELOS-VARGAS et al., 2014; SALZE; DAVIS, 2015), porém, o seu papel no metabolismo intermediário e status antioxidante ainda não está claro para a maioria das espécies aquícolas (BAÑUELOS-VARGAS et al., 2014).

Estudos indicam que a metionina e a taurina estão intimamente ligadas ao sistema de defesa antioxidante do organismo (LEVINE et al., 2000; MOSKOVITZ, 2005; SALZE; DAVIS, 2015; ROSEMBERG et al., 2012). Entretanto, não há trabalhos avaliando se a relação metionina/taurina influencia o potencial antioxidante e se a taurina tem mesmo ação como agente antioxidante para o jundiá, bagre de água doce, apontado como espécie promissora ao desenvolvimento da piscicultura na Região Sul do Brasil.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da taurina e sua relação com a metionina no potencial antioxidante de juvenis de jundiás (*Rhamdia quelen*).

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.2.1 Dietas experimentais

Para avaliação do efeito da taurina e metionina no estresse oxidativo foram formuladas rações semipurificadas à base de caseína e gelatina. Os ingredientes foram encaminhados para análise do perfil de aminoácidos (cromatografia líquida de alta eficiência - HPLC).

As rações foram formuladas de modo a conterem 37% de proteína bruta (PB) e 3.200 Kcal/Kg de energia digestível (ED) (Tabela 1). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x4, com três repetições para cada tratamento. Os tratamentos foram compostos de três níveis de metionina (1,6; 2,3 e 3,5% da proteína da dieta) e quatro níveis de taurina (0; 0,5; 1,5 e 2% da dieta) onde a substituição da metionina ou taurina foi feita com a adição de celulose e glutamina. Para suplementar os aminoácidos essenciais, foi formulado um premix de aminoácidos com base na albumina do ovo (WILSON, 2002), sem adição de metionina.

Para a elaboração das dietas, os ingredientes secos foram misturados e posteriormente umedecidos com solução de NaOH 6N e água destilada ajustando o pH em 7,0. O pH das dietas foi aferido em solução de 5 g da dieta diluída em 50 ml de água destilada, conforme Robinson et al. (1981). Após ajuste, as rações foram peletizadas em moedor de carne e secas em estufa com circulação de ar ( $50\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) por 24 horas e mantidas em freezer ( $-18^{\circ}\text{C}$ ), até o momento de fornecimento aos peixes.

### 5.2.2 Ensaio biológico

Foram utilizados 576 juvenis de jundiá peso médio inicial de  $7\pm 0,07\text{g}$ ), distribuídos em 36 unidades experimentais (três repetições para cada tratamento), compostas de gaiolas flutuante de 15L (22x30x23 cm), dispostos em caixas de fibra de vidro, com entrada e saída individuais de água. Os animais passaram por um período inicial de adaptação ao circuito de 15 dias. O sistema de recirculação de água foi montado em uma sala climatizada ( $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) composto por dois filtros biológicos e reservatório de água.

Os animais foram alimentados três vezes ao dia até saciedade aparente. A limpeza das caixas foi realizada duas vezes ao dia e a avaliação dos parâmetros de qualidade da água monitorados. Diariamente foi verificado a temperatura ( $23,26 \pm 0,86$  °C) por termômetro de bulbo de mercúrio e oxigênio ( $7,0 \pm 1,0$  mg/L) através de oxímetro digital (modelo 550A-YSI-Yellowsprings-EUA). Semanalmente alcalinidade ( $34,14 \pm 6,6$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ); dureza ( $23,33 \pm 2,8$  mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ); pH ( $7,39 \pm 0,27$ ); amônia total ( $0,29 \pm 0,14$  ppm) e nitrito ( $0,12 \pm 0,20$  ppm) por kit colorimétrico Alfakit<sup>®</sup>. Os parâmetros de qualidade da água permaneceram na faixa ideal para o cultivo da espécie (BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2004).

### 5.2.3 Parâmetros avaliados

Ao final do período experimental (24 dias) os animais passaram por 18 horas de jejum, em seguida foram coletados dois peixes por unidade experimental (seis por tratamento), eutanasiados (overdose de bezocaína 250mg/L) e coletado fígado e músculo para avaliação do estresse oxidativo e bioquímica metabólica.

No fígado foram avaliados os parâmetros antioxidantes, determinados pela atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD) (MISRA; FRIDOVICH, 1972), catalase (CAT) (NELSON; KIESOW, 1972) e glutathione S-transferase (GST) (HABIG et al., 1974), além da concentração de tióis não proteicos (NPSH), determinado pela metodologia de Ellman (1959). Na avaliação dos parâmetros pró-oxidantes foram analisados proteína carbonil (YAN et al., 1995) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) pela metodologia de Buege e Aust (1978).

Para avaliação bioquímica metabólica, no músculo foi determinado glicogênio (DUBOIE et al., 1956), proteína (LOWRY et al., 1951), aminoácidos livres (SPIES, 1957), lactato (HARROWER; BROWN, 1972) e amônia (VERDOUW et al., 1977) e no fígado, glicogênio (DUBOIE et al., 1956), amônia (VERDOUW et al., 1977), aminoácidos livres (SPIES, 1957) e as enzimas transaminases por Kit colorimétricos Doles<sup>®</sup>.

#### 5.2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos a teste de normalidade e realizada análise de variância de duas vias (ANOVA de duas vias) sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). Quando observada interação significativa entre os fatores as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). Foi realizada análise de regressão polinomial e a análise de regressão fatorial (comando “*proc rsreg*” do SAS), que não apresentaram significância dos modelos, por isso utilizou-se a comparação de médias (teste de Duncan) para expressar as diferenças. Os dados são apresentados pelas médias  $\pm$  o erro padrão da média



Tabela 1 - Composição das rações experimentais com suplementação de metionina e taurina

Ingredientes	Dieta <sup>1</sup>											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Caseína	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10
Gelatina	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
Maltodextrina	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00
Óleo de canola	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87
Óleo fígado de bacalhau	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Premix de aa <sup>2</sup>	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
DL-Metionina	0,00	0,26	0,71	0,00	0,26	0,71	0,00	0,26	0,71	0,00	0,26	0,71
glutamina	4,15	3,91	3,50	3,90	3,59	3,20	3,30	2,99	2,60	3,00	2,70	2,25
Pmix vit. min. <sup>3</sup>	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Fosfato bicálcio	4,28	4,28	4,28	4,28	4,28	4,28	4,28	4,28	4,28	4,28	4,28	4,28
Calcário	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Taurina	0,00	0,00	0,00	0,50	0,51	0,51	1,53	1,53	1,53	2,00	2,00	2,00
BHT <sup>4</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Celulose	5,68	5,66	5,62	5,42	5,47	5,41	5,00	5,05	4,99	4,83	4,87	4,87
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Composição Nutricional												
PB % <sup>5</sup>	37,00	37,01	37,05	37,05	37,00	37,06	37,06	37,01	37,07	37,04	37,00	37,00
ED Kcal/Kg <sup>6</sup>	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200
Gordura%	6,14	6,37	6,57	6,83	6,64	6,31	6,44	6,16	6,16	6,19	6,31	6,49
Metionina%	1,60	2,30	3,50	1,60	2,30	3,50	1,60	2,30	3,50	1,60	2,30	3,50
Taurina %	0,00	0,00	0,00	0,51	0,50	0,50	1,50	1,50	1,50	1,96	1,96	1,96
Metionina/Taurina% <sup>7</sup>	0,00	0,00	0,00	1,16	1,70	2,58	0,39	0,57	0,86	0,30	0,43	0,66

<sup>1</sup>dieta: T1= 1,6% metionina e 0% taurina; T2= 2,3% metionina e 0% taurina; T3= 3,5% metionina e 0% taurina; T4= 1,6% metionina e 0,5% taurina; T5= 2,3% metionina e 0,5% taurina; T6= 3,5% metionina e 0,5% taurina; T7= 1,6% metionina e 1,5% taurina; T8= 2,3% metionina e 1,5% taurina; T9= 3,5% metionina e 1,5% taurina; T10= 1,6% metionina e 2% taurina; T11= 2,3% metionina e 2% taurina e T12= 3,5% metionina e 2% taurina. <sup>2</sup>Premix aa= Premix de de aminoácidos (%): L-Ala 6,72; L-Arg 2,25; L-Fen 6,45; L-Gli 7,35; L-Hist 3,27; L-Ile 6,6; L-Leu 9,93; L-Lis 3,50; L-Prol 5,83; L-Ser 7,92; LTir 5,12; L-The 5,8; L-Tri 5,9; L-Val 7,29; Celulose 16,07. <sup>3</sup>Pmix viit. min.= Premix vitamínico e mineral - Composição da mistura vitamínica e mineral (Mig Fish 1%): ácido fólico 250 mg; ácido pantotênico 5.000 mg; antioxidante 0,60 g; biotina 125 mg; cobalto 25 mg; cobre 2.000 mg; ferro 820 mg; iodo 100 mg; manganês 3.750 mg; niacina 5.000 mg; selênio 75 mg; vitamina A 1.000.000 UI; vitamina B1 1.250 mg; vitamina B2 2.500 mg; vitamina B6 2.485 mg; vitamina B12 3.750 µg; vitamina C 28.000 mg; vitamina D3 500.000 UI; vitamina E 20.000 UI; vitamina K 5000 mg; zinco 17.500 mg. Mig Plus®, Casca/RS. <sup>4</sup>BHT= butil hidroxi tolueno; <sup>5</sup>PB= proteína bruta; <sup>6</sup>ED(energia digestível)= [(%PB x 5,64 x 0,90)+( % de gordura x 9,51 x 0,85)+(carboidratos solúveis em detergente neutro x 4,11 x 0,50)]\*10 (JOBLING, 1983). <sup>7</sup>Relação metionina/taurina.

## 5.3 RESULTADOS

### 5.3.1 Avaliação dos parâmetros pró-oxidantes

Houve efeito do nível de taurina e do nível de metionina sobre a produção de proteínas carboniladas no fígado dos jundiás. Nos níveis de 0, 0,5 e 2% de taurina e 1,6 e 3,5% de metionina houve menos formação de proteína carbonilada que nos níveis de 1,5% de taurina e 2,3% de metionina (Tabela 2).

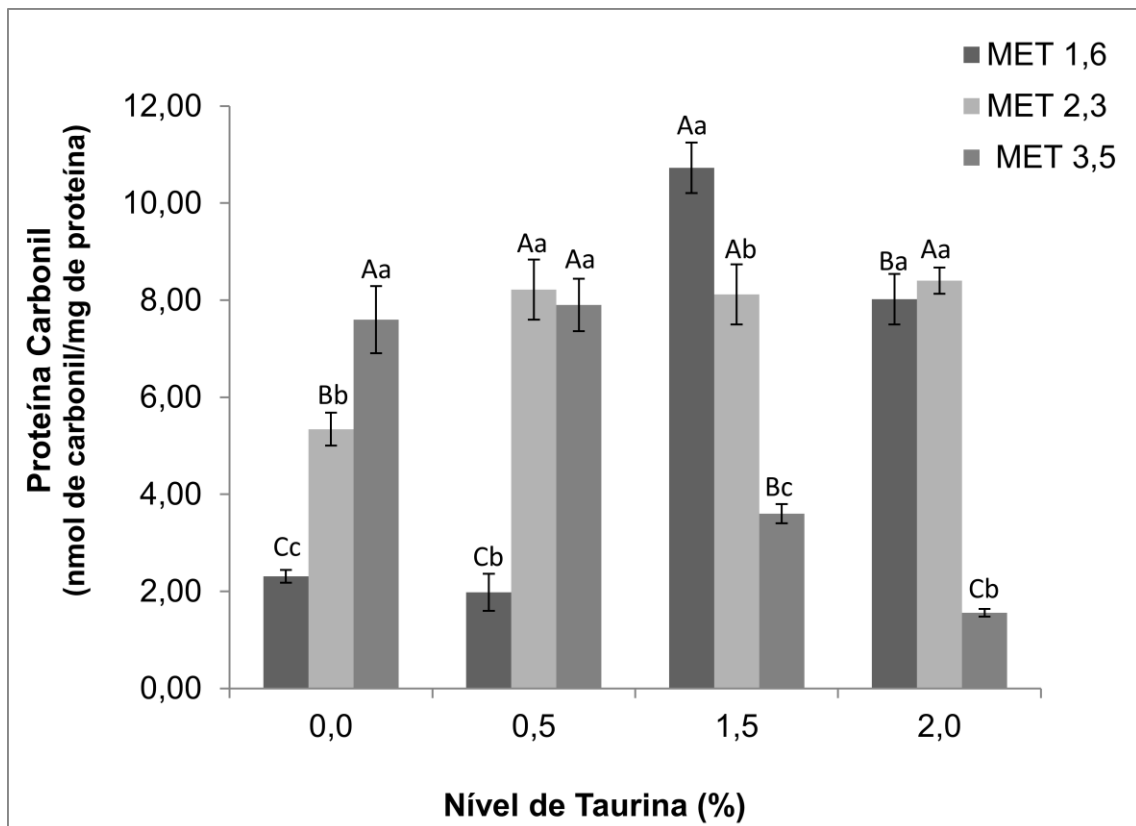
A análise de interação entre os fatores (nível de taurina X nível de metionina) mostrou efeito significativo. Analisando-se os fatores por tratamento (Figura 1), é possível observar que nos menores níveis de taurina (0 e 0,5%) há menor formação de proteína carbonil no nível de 1,6% de metionina, em relação aos demais. Entretanto, quando são incluídos níveis maiores de taurina na dieta (1,5 ou 2,0%), há menor formação de proteína carbonil com o nível de 3,5% de metionina. Para TBARS não foi observado efeito de nenhum dos fatores e nem de sua interação (Tabela 2).

Tabela 2 - Avaliação dos parâmetros pró-oxidantes no fígado de juvenis de jundiá alimentados com dietas com diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias

TRATAMENTO	CARB	TBARS
Tau 0%	5,09 <sup>C</sup> ±0,58	3,14±0,65
Tau 0,5%	6,03 <sup>B</sup> ±0,75	3,15±0,77
Tau 1,5%	7,48 <sup>A</sup> ±0,76	3,27±0,74
Tau 2%	5,99 <sup>B</sup> ±0,78	2,81±0,60
Met 1,6%	5,75 <sup>B</sup> ±0,80	3,08±0,55
Met 2,3%	7,52 <sup>A</sup> ±0,35	3,78±0,58
Met 3,5%	5,17 <sup>B</sup> ±0,60	2,34±0,62
Tau	<,0001	NS
Met	<,0001	NS
Tau X Met	<,0001	NS

CARB= proteína carbonil (nmol de carbonil/mg proteína); TBARS= substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (nmol MDA/mg proteína). Valores expressos ± erro padrão da média.

Figura 1 - Proteína carbonil (nmol de carbonil/mg de proteína) no fígado de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.



Letras minúsculas diferentes dentro do mesmo nível de taurina indicam diferença significativa entre os níveis de metionina. Letras maiúsculas diferentes dentro do mesmo nível de metionina indicam diferença significativa entre os níveis de taurina (teste de Duncan,  $P < 0,05$ ). As barras indicam o erro padrão da média.

### 5.3.2 Parâmetros antioxidantes

Observou-se efeito do nível de taurina e da interação entre os níveis de taurina e de metionina na produção de SOD (Tabela 3), onde os níveis de 0 e 2% de taurina apresentaram os valores significativamente mais elevados em relação aos níveis de 0,5 e 1,5%.

A interação entre os fatores (Figura 2) mostrou que no nível de 0% de taurina houve maior atividade de SOD quando utilizado 2,3% de metionina. Para o nível de 0,5% de taurina a utilização de 3,5% de metionina na dieta proporcionou maior atividade da SOD no fígado em relação aos níveis de 1,6 e 2,3%. Utilizando-se 1,5% de taurina a maior atividade da SOD foi com a adição de 1,6% de metionina

quando comparado com 2,3 e 3,5%. Com 2% de taurina encontrou-se os maiores níveis de SOD com os níveis mais elevados de metionina (2,3 e 3,5%).

Houve efeito da taurina e da metionina para a atividade da GST (Tabela 2), porém, não de sua interação. A maior atividade de GST foi encontrada no fígado dos jundiás alimentados com 0 e 0,5% de taurina, seguido pelos alimentados com 2% de taurina. Para a metionina houve maior atividade da GST nos níveis de 2,3 e 3,5% em relação ao 1,6%.

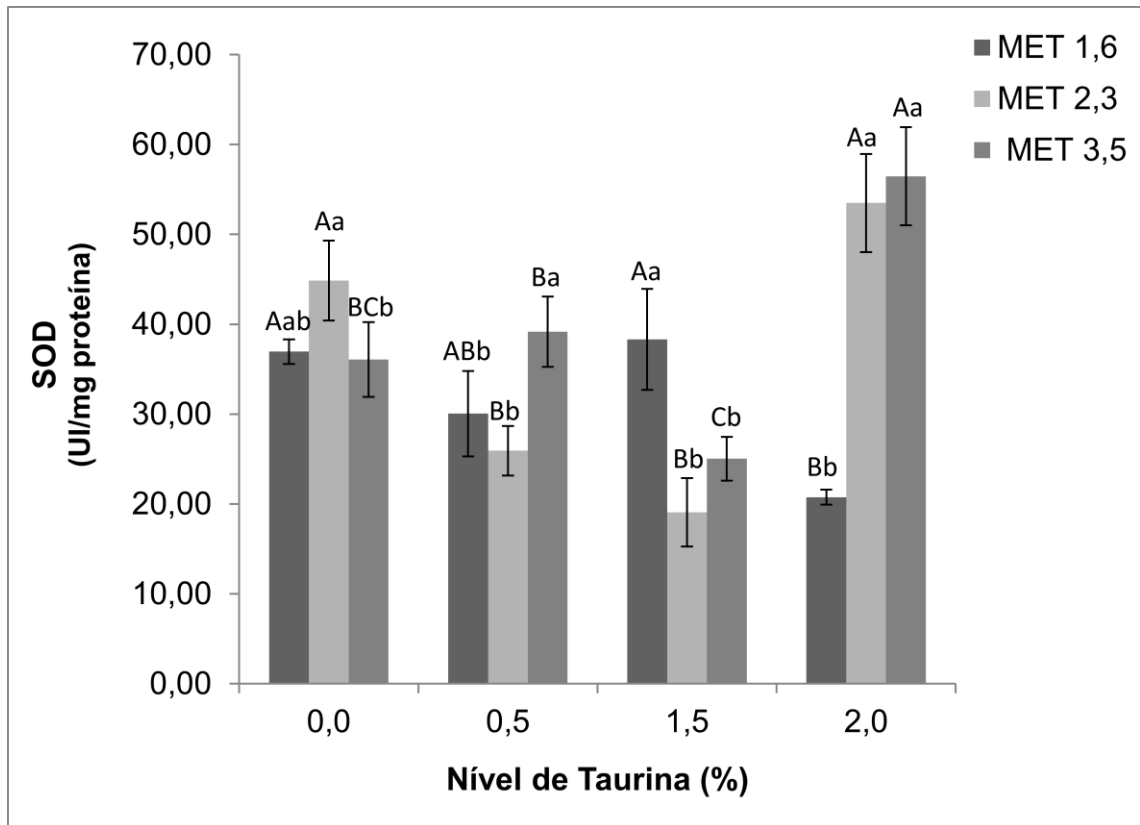
Para os tióis não protéicos não se verificou efeito dos fatores nível de taurina e de metionina em separado (Tabela 2), mas houve efeito significativo de sua interação (Figura 3). Quando avaliado a metionina entre os diferentes níveis de taurina foi possível observar que quando utilizado 1,6% de metionina o nível de tióis não protéicos não se alterou com os diferentes níveis de taurina. A inclusão de 2,3% de metionina, apresenta maiores valores de tióis quando comparado com a utilização de 1,5 e 2% de taurina do que nos níveis mais baixos (0 e 0,5%). Para o nível de 3,5% de metionina o nível de 0% de taurina proporcionou maiores valores de tióis que no nível de 1,5% (Figura 3).

Tabela 3 - Parâmetros antioxidantes no fígado de juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias

TRATAMENTO	SOD	CAT	GST	TIÓIS
Tau 0%	37,97 <sup>A</sup> ±2,36	3,26±0,33	2,05 <sup>A</sup> ±0,10	1,15±0,04
Tau 0,5%	31,42 <sup>B</sup> ±2,98	2,96±0,33	2,24 <sup>A</sup> ±0,09	1,12±0,04
Tau 1,5%	27,47 <sup>B</sup> ±2,64	3,28±0,40	1,13 <sup>C</sup> ±0,05	1,15±0,05
Tau 2%	42,81 <sup>A</sup> ±4,71	2,99±0,32	1,50 <sup>B</sup> ±0,13	1,20±0,03
Met 1,6%	31,59±2,30	3,28±0,33	1,47 <sup>B</sup> ±0,10	1,19±0,03
Met 2,3%	35,84±3,51	2,89±0,24	1,78 <sup>A</sup> ±0,12	1,15±0,04
Met 3,5%	37,39±3,04	3,20±0,30	1,94 <sup>A</sup> ±0,13	1,14±0,03
Tau	<0,0001	NS	<0,0001	NS
Met	NS	NS	0,0001	NS
Tau X Met	<0,0001	NS	NS	0,0011

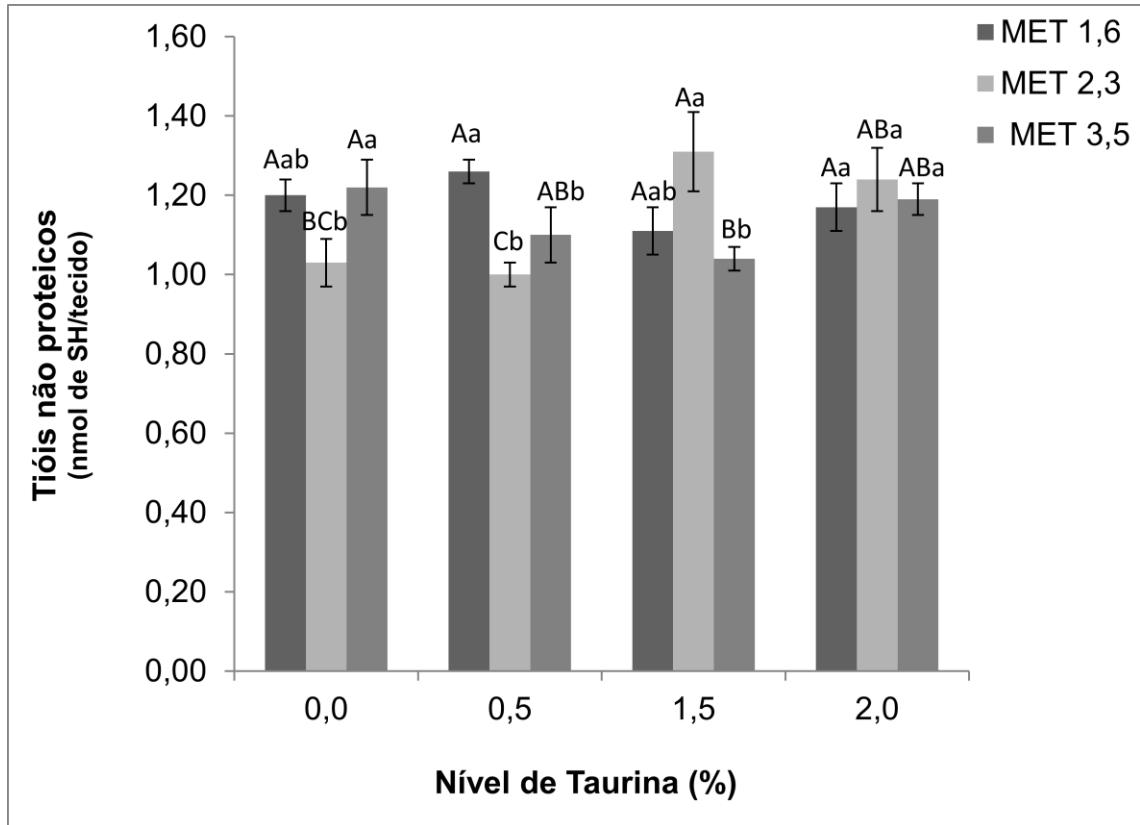
SOD= Superóxido Dismutase (UI/mg proteína); CAT= Catalase ( $\mu\text{mol/mg ptn/min}$ ); GST= Glutathione S-transferase ( $\mu\text{mol GS-DNB/min/mg proteína}$ ); Tióis= Tióis não protéicos (nmol de SH/tecido). Valores expressos  $\pm$  erro padrão da média.

Figura 2 - Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) (UI/mg proteína) no fígado de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.



Letras minúsculas diferentes dentro do mesmo nível de taurina indicam diferença significativa entre os níveis de metionina. Letras maiúsculas diferentes dentro do mesmo nível de metionina indicam diferença significativa entre os níveis de taurina (teste de Duncan,  $P < 0,05$ ). As barras indicam o erro padrão da média.

Figura 3 - Tióis não protéicos (nmol de SH/tecido) no fígado de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.



Letras minúsculas diferentes dentro do mesmo nível de taurina indicam diferença significativa entre os níveis de metionina. Letras maiúsculas diferentes dentro do mesmo nível de metionina indicam diferença significativa entre os níveis de taurina (teste de Duncan,  $P < 0,05$ ). As barras indicam o erro padrão da média.

### 5.3.3 Parâmetros metabólicos musculares e hepáticos

No músculo ficou evidente o efeito da metionina para o glicogênio (Tabela 4) onde o nível de 2,3% de metionina apresentou menor glicogênio que nos níveis de 1,6 e 3,5%. Também houve efeito da interação metionina X taurina, onde nos menores níveis de taurina (0 e 0,5%) a interação com 1,6% de metionina ocasionou maior valor de glicogênio que com 2,3% (Figura 4). Com 1,5% de taurina não se observaram diferenças significativas para o glicogênio e para o nível de 2% de taurina a maior quantidade de glicogênio muscular foi encontrada quando em interação com 3,5% de metionina em relação a 1,6%.

Para os demais parâmetros (aminoácidos, proteína, lactato e amônia), não foram observadas diferenças significativas (Tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetros metabólicos musculares de juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias

Fatores	GLIC	AA	PROT	LACT	AMON
Nível Tau- 0%	7,35±1,48	2,72±0,22	34,89±4,75	12,46±1,16	4,72±0,64
Nível Tau- 0,5%	9,22±1,16	2,52±0,14	35,87±2,45	12,41±1,14	4,26±0,65
Nível Tau- 1,5%	10,62±1,07	2,74±0,11	31,22±1,94	9,54±0,67	4,35±0,70
Nível Tau- 2%	7,77±0,82	3,09±0,21	39,17±1,62	11,64±0,92	4,43±0,68
Nível Met- 1,6%	11,01 <sup>A</sup> ±1,26	2,76±0,15	34,24±2,06	10,34±0,82	4,53±0,58
Nível Met- 2,3%	6,31 <sup>B</sup> ±0,61	2,92±0,18	35,27±1,97	11,65±0,88	4,45±0,60
Nível Met- 3,5%	8,89 <sup>A</sup> ±0,85	2,63±0,12	36,35±3,50	12,51±0,91	4,35±0,55
Nível tau	NS	NS	NS	NS	NS
Nível met	0,0016	NS	NS	NS	NS
Tau X Met	0,0446	NS	NS	NS	NS

GLIC= glicogênio ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido); AA= aminoácidos ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido); PROT= proteína ( $\text{mg/g}$  de tecido); LACT= lactato ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido); AMON= amônia ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido). Valores expressos  $\pm$  erro padrão da média.

Quanto ao metabolismo hepático foi observado efeito da metionina e da interação metionina/taurina para o glicogênio (Tabela 5). Com nível de 1,6% de metionina foi encontrado maior quantidade de glicogênio que com 2,3%.

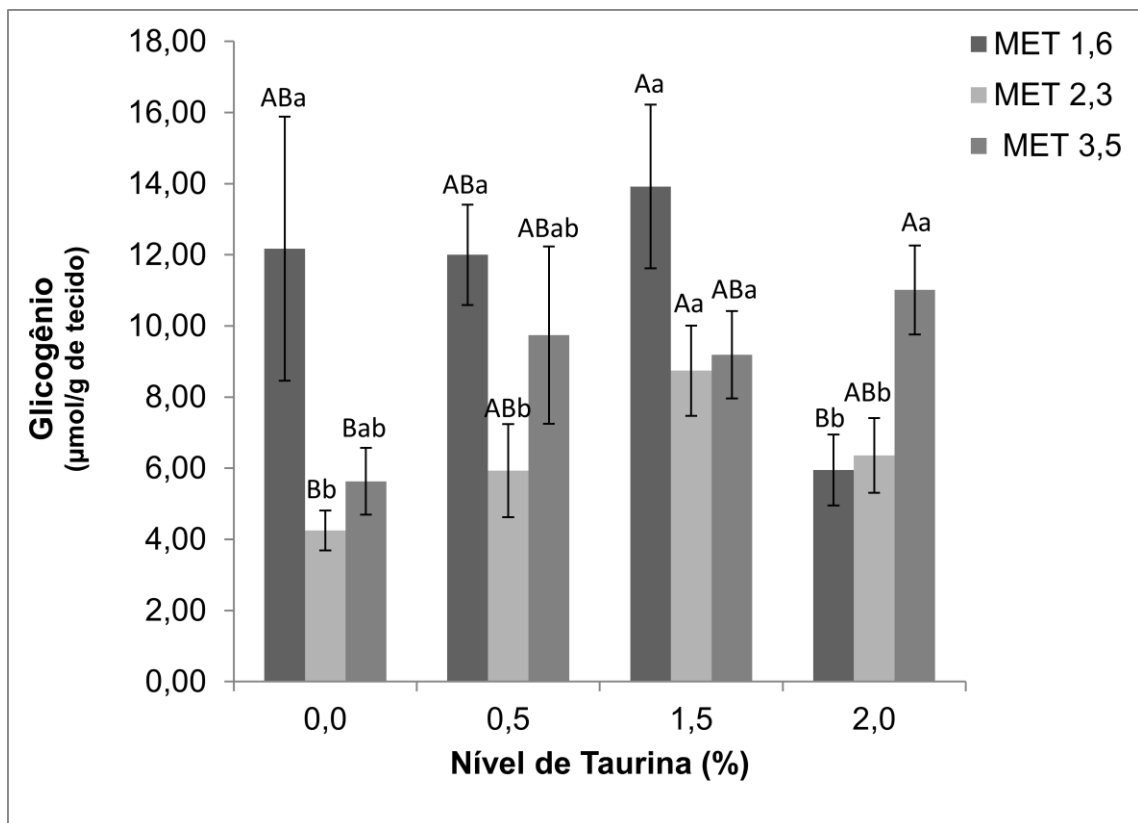
Para a interação (Figura 5), foi observado que no nível de 1,6% de metionina o glicogênio hepático foi maior quando em interação com 1,5% de taurina em relação ao nível de 2%. Para o nível de 2,3% de metionina a interação com 1,5% de taurina proporcionou maior quantidade de glicogênio que com os demais níveis de taurina e, com o nível de 3,5% de metionina maior glicogênio hepático foi encontrado quando utilizado 0,5% de taurina em relação ao nível de 1,5%.

Também foi encontrada diferença significativa da interação metionina/taurina para os níveis de aminoácidos livres (Figura 6), onde para o nível de 0% de taurina a maior quantidade de aminoácidos livres foi com 3,5% de metionina, em relação aos níveis de 1,6 e 2,3%. Quando utilizado 0,5% de taurina maiores quantidades de aminoácidos foram encontradas quando em interação com 1,6% de metionina em relação ao nível de 3,5%. Para o nível de 1,5% e 2% de taurina não se verificaram

diferenças nas quantidades de aminoácidos livres nos diferentes níveis de metionina.

Houve efeito da metionina para a produção de amônia hepática (Tabela 5), onde o nível de 2,3% de metionina apresentou menor produção de amônia comparado com o nível de 1,6%. Para os demais parâmetros não houve efeito dos fatores e nem de sua interação.

Figura 4 - Glicogênio ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido) no músculo de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.



Letras minúsculas diferentes dentro do mesmo nível de taurina indicam diferença significativa entre os níveis de metionina. Letras maiúsculas diferentes dentro do mesmo nível de metionina indicam diferença significativa entre os níveis de taurina (teste de Duncan,  $P < 0,05$ ).

As barras indicam o erro padrão da média.

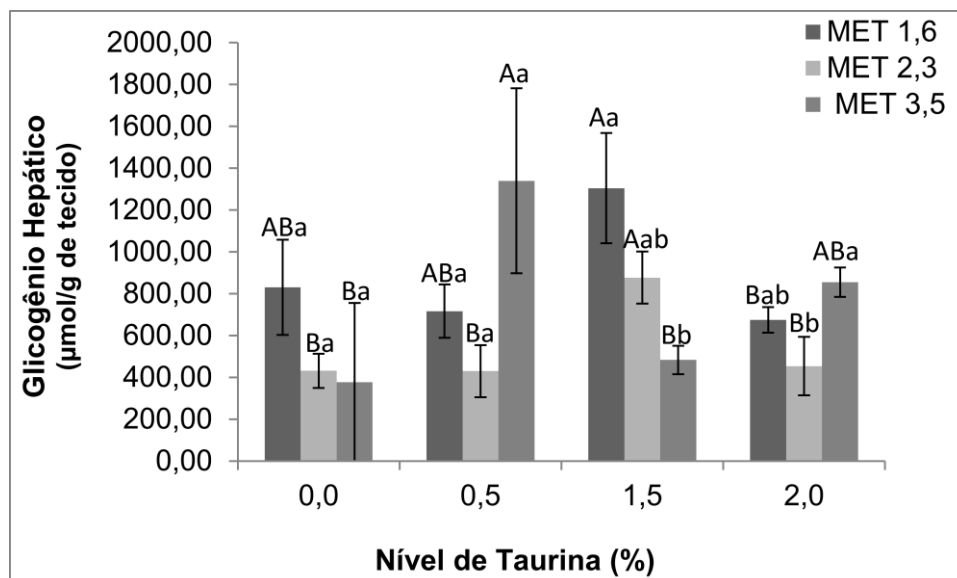


Tabela 5 - Parâmetros metabólicos hepáticos de juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias

Fatores	GLIC	AA	AST	ALT	AMON
Nível Tau- 0%	561,88±104,02	22,61±1,10	822,03±63,72	101,34±0,73	9,37±0,44
Nível Tau- 0,5%	838,79±198,80	23,11±1,08	755,73±65,86	100,96±0,93	10,31±0,92
Nível Tau- 1,5%	850,21±128,44	20,96±0,60	824,59±70,69	101,24±1,17	10,03±0,97
Nível Tau- 2%	679,79±67,23	21,23±0,55	792,68±33,82	101,98±1,63	10,83±0,81
Nível Met- 1,6%	862,08 <sup>A</sup> ±104,13	22,98±0,91	838,62±59,72	102,47±1,27	11,41 <sup>A</sup> ±0,81
Nível Met- 2,3%	554,24 <sup>B</sup> ±73,57	21,24±0,64	777,76±46,45	99,80±0,80	8,71 <sup>B</sup> ±0,29
Nível Met- 3,5%	789,47 <sup>AB</sup> ±148,05	21,97±0,81	780,77±47,56	101,87±0,70	10,15 <sup>AB</sup> ±0,63
Nível tau	NS	NS	NS	NS	NS
Nível met	0,0590	NS	NS	NS	0,0342
Tau X Met	0,0090	0,055	NS	NS	NS

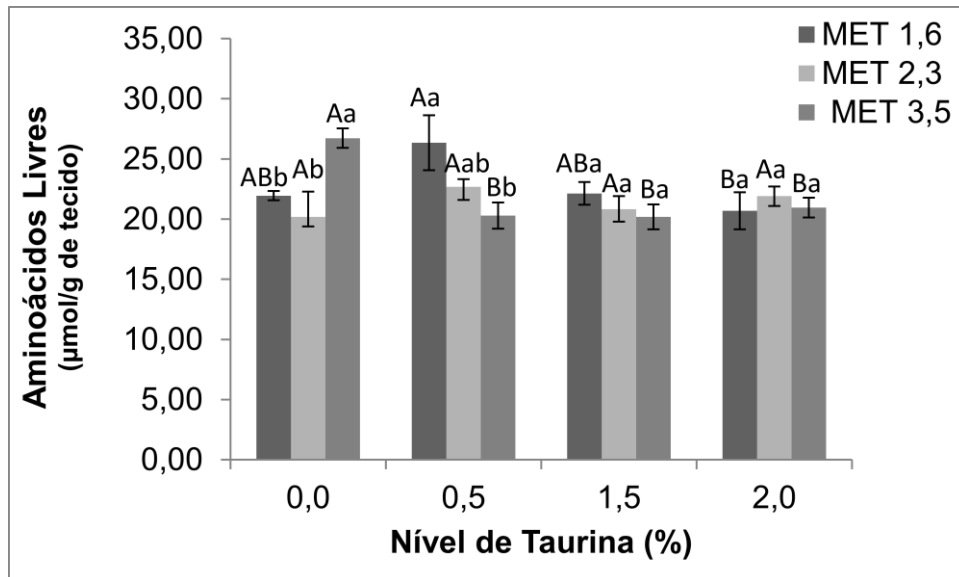
GLIG: glicogênio ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido); AA= aminoácidos ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido); ALT= alanina aminotransferase (UI/mg de tecido); AST= aspartato aminotransferase (UI/mg de tecido). AMON= amônia ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido). Valores expressos  $\pm$  erro padrão da média.

Figura 5 - Glicogênio ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido) no fígado de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.



Letras minúsculas diferentes dentro do mesmo nível de taurina indicam diferença significativa entre os níveis de metionina. Letras maiúsculas diferentes dentro do mesmo nível de metionina indicam diferença significativa entre os níveis de taurina (teste de Duncan,  $P < 0,05$ ). As barras indicam o erro padrão da média.

Figura 6 - Aminoácidos livres ( $\mu\text{mol/g}$  de tecido) no fígado de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes níveis de metionina e taurina durante 24 dias.



Letras minúsculas diferentes dentro do mesmo nível de taurina indicam diferença significativa entre os níveis de metionina. Letras maiúsculas diferentes dentro do mesmo nível de metionina indicam diferença significativa entre os níveis de taurina (teste de Duncan,  $P < 0,05$ ). As barras indicam o erro padrão da média.

#### 5.4 DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos no estudo é possível perceber uma relação entre a metionina e a taurina frente aos parâmetros pró-oxidantes e antioxidantes do organismo dos jundiás. Quando a relação metionina/taurina é muito alta ( $>1,16$ ) ou muito baixa ( $<0,66$ ) causa maiores danos oxidativos e diminuição na atividade da enzima de ação antioxidante superóxido dismutase .

Quando há níveis menores de taurina (0 ou 0,5%) e níveis maiores de metionina (3,5%) ocorre maior formação de proteínas carboniladas, por outro lado quando os níveis de taurina são maiores (1,5 e 2%) e há menores níveis de metionina (1,6%) isso também ocorre.

Segundo Métayer et al. (2008) os resíduos de metionina apresentam capacidade antioxidante contra os efeitos das EROs. Entretanto, Sanz et al. (2006) verificaram que quando há diminuição ou restrição de metionina na dieta, ocorre diminuição na formação de EROs na mitocôndria e diminuição dos danos oxidativos.

Por isso é possível concluir que nos níveis mais baixos de metionina (1,6%) teve menor dano oxidativo devido a menor quantidade deste aminoácido.

Contudo, o que pode ter levado a este resultado é que o excesso de metionina pode ser tóxico para o organismo animal, devido a formação de homocisteína, que tem um grupo tiol livre que pode reagir com tióis da proteína (SANZ et al., 2006). No entanto, a homocisteína em concentrações micromolares não atua como um pró-oxidante, mas exibe um efeito antioxidante em sistemas celulares e químicos (PERNA, 2003).

Quando os níveis de taurina são baixos (0 e 0,5%) e os de metionina altos (3,5%) ocorreu mais danos, que podem ser por efeito tóxico da metionina, já quando a taurina está em níveis mais elevados protege o organismo dos danos oxidativos. Esse efeito protetor da taurina também foi relatado por Han et al. (2014) que observaram que a taurina em nível elevado (1,6%) proporciona maior resistência à oxidação em *Paralichthys olivaceus*. Segundo Fontana et al. (2004), devido ao elevado teor de taurina nas células e pela capacidade do grupo amino reagir com aldeídos, a taurina é capaz de neutralizar o carbonil reativo formado nas células. Esse trabalho corrobora com os resultados de menor formação de proteína carbonil observados na presente pesquisa.

Não houve diferença entre os tratamentos avaliados para os níveis de TBARS, embora tenha sido relatado que a taurina é conhecida por atenuar a peroxidação lipídica em zebrafish (*Danio rerio*) (Rosemberg et al., 2010).

O aumento da atividade da SOD juntamente com a menor formação de proteína carbonil é uma evidência de que, quando mantida a proporção adequada de metionina e taurina, há maior proteção contra agentes oxidantes. Key e Zimmerman (1999) descrevem que sozinha a taurina não é capaz de proteger os lipídios das EROs, mas quando em conjunto com retinol aumenta a atividade desse antioxidante, esse mesmo efeito parece ocorrer com a taurina e a metionina.

O efeito da taurina sobre as enzimas antioxidantes e a proteção contra danos oxidativos é relatada por vários autores, que indicam que o suplemento de taurina restaura a atividades da SOD e catalase e reduz significativamente os danos celulares causados pelos radicais livres (ATMACA, 2004; BAÑUELOS-VARGAS et al., 2014; ROSEMBERG et al., 2010).

A maior atividade de GST nos níveis mais elevados de metionina (2,3 e 3,5%) pode ter ocorrido pelo fato de que com quantidade maior de metionina a produção

de cisteína aumente. Visto que a cisteína pode ser direcionada a síntese de glutathiona (GSH), que serve de substrato para a GST (MASELLA et al., 2005), isso explicaria o aumento na atividade de glutathiona S-transferase com os maiores níveis de metionina.

Por outro lado, a GST pode ter tido menor atividade nos níveis mais elevados de taurina (1,5 e 2%) porque a GSH sozinha pode ter eliminado as EROs, já que a GST é a segunda linha de defesa antioxidante, agindo a fim de evitar o agravamento do dano oxidativo já ocorrido (MASELLA et al., 2005). Como houve menor formação de proteína carbonil com níveis mais elevados de taurina e metionina, os danos foram menores, não necessitando de mais GST no nível mais elevado de taurina.

A análise de tióis não protéicos, que funcionam como antioxidante não enzimático, demonstrou que a relação entre a metionina e taurina também apresenta efeito sobre esse parâmetro, pois quando níveis mais baixos de taurina (0 e 0,5%) são utilizados com níveis intermediários de metionina (2,3%) ocorre diminuição nos tióis não protéicos e quando os níveis de taurina são aumentados (1,5 e 2%) também se elevam os tióis, indicando maior ação contra os danos oxidativos.

Como houve efeito da interação metionina/taurina na maioria dos parâmetros antioxidantes e pró-oxidantes, sugerem-se mais estudos avaliando a relação da proporção ideal entre esses aminoácidos no status antioxidante do organismo, pois, há efeito protetor contra danos oxidativos quando utilizados em conjunto na alimentação.

Quanto aos parâmetros bioquímicos metabólicos, pela avaliação em conjunto dos dados encontrados para músculo e fígado, percebe-se que com 1,6% de metionina há quantidade mais elevada de glicogênio, que com 2,3% (tanto no músculo quanto no fígado), porém também há maior produção de amônia hepática. Levando-se em conta que com o nível de 0,5% de taurina e 1,6% de metionina foi encontrado mais aminoácidos livres no fígado que nos demais tratamentos, possivelmente essa maior quantidade de glicogênio muscular está relacionada a um desbalanço aminoacídico pela falta de metionina na dieta, o que leva os aminoácidos a serem desaminados aumentando o potencial da gliconeogênese (ALMEIDA et al., 2001).

No nível de 3,5% de metionina, o metabolismo está sendo mantido em equilíbrio (catabolismo e anabolismo), já que este é o nível recomendado de metionina para o melhor crescimento dos jundiás (ROTILI, 2014) e a taurina (2%)

protegendo o organismo contra a ação antioxidante que pode ser aumentada quando se tem nível mais elevado de metionina na dieta. Já no nível de 1,6% de metionina há menor produção de EROs por isso menos danos oxidativos, porém metabolicamente pode ocorrer falta de metionina para a síntese protéica.

É provável que no nível de 2,3% de metionina haja déficit de metionina, causando maior geração de homocisteína (que em excesso ocasiona efeitos tóxicos ao organismo) e pelo fato do desbalanço metabólico, a taurina não protegeu o organismo contra as EROs de forma eficiente.

Estes resultados aliados aos dos parâmetros pró-oxidantes e antioxidantes, mostram que os animais alimentados com as dietas onde a relação de metionina e taurina parece ser a melhor houve resistência ao estresse oxidativo.

## 5.5 CONCLUSÃO

A taurina funcionou como agente antioxidante, aumentando a atividade das enzimas envolvidas nas defesas do organismo contra a ação das EROs e diminuindo os pró-oxidantes e a relação metionina/taurina afeta o potencial antioxidante da taurina.

OBS: Este trabalho foi aprovado em seus aspectos éticos e metodológicos pelo Comitê de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Santa Maria, com número de parecer 064/2014.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado a Suziane Ghedini Martinelli, ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa a professora Leila Picolli da Silva, à MigPlus, pela doação do premix mineral e vitamínico e a taurina.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. A. et al. Environmental cadmium exposure and metabolic responses of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Environmental Pollution**, v. 114, p.169-175, 2001.
- ANDRADE, E. R. et al. Consequências da produção das espécies reativas de oxigênio na reprodução e principais mecanismos antioxidantes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 34, n. 2, p. 79-85, 2010.
- ATMACA, G. Antioxidant effects of sulfur-containing amino acids, **Yonsei Medical Journal**, v. 45, n. 5, p. 776-788, 2004
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de jundiá**. Santa Maria, Ed. UFSM, 2004, 232 p.
- BAÑUELOS-VARGAS, I. et al. Effect of fishmeal replacement by soy protein concentrate with taurine supplementation on hepatic intermediary metabolism and antioxidant status of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part B 170, p. 18–25, 2014.
- BUEGE, J. A.; AUST, S. D. Microsomal lipid peroxidation. **Methods Enzymol.**, v. 52, p. 302-309, 1978.
- DUBOIE, M. G. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-358, 1956.
- ELLMAN, G. L. Tissues sulfhydryl groups. **Archives of Biochemistry**, v. 82, p. 70-77, 1959.
- FOGAÇA, F. H. S.; SANT'ANA, L. S. Oxidação lipídica em peixes: Mecanismo de ação e prevenção. **Archives of Veterinary Science**, v.14, n.2, p.117-127, 2009.
- FONTANA, M. et al. Antioxidant properties of sulfinates: protective effect of hypotaurine on peroxynitrite-dependent damage. **Neurochemical Research**, v. 29, n. 12, 2004.
- HABIG, W. H.; PABST, M. J.; JACOBY, W. B. Glutathione S-transferase, the first enzymatic step in mercapturic acid formation. **The Journal of Biological Chemistry**, 249: 7130-7139, 1974.
- HAN, Y. et al. Interactive effects of dietary taurine and glutamine on growth performance, blood parameters and oxidative status of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v. 434, p. 348–354, 2014.
- HARROW, J. R.; BROWN, C. H. Blood lactic acid. A micromethod adapted to field collection of microliter sample. **Journal of Applied Physiology**, v. 32, p. 709-7011, 1972.

HUXTABLE, R. J. Physiological Actions of Taurine. **Physiological Reviews**. v. 72, n. 1, 63 p., 1992.

JOBLING, M. A short review and critic of methodology used in fish growth and nutrition studies. **Journal of Fish Biology**, v. 23, p. 685-703, 1983.

KEY, S. A.; ZIMMERMAN, W. F. Antioxidant activity of retinol, glutathione, and taurine in bovine photoreceptor cell membranes. **Experimental Eye Research**, v. 68, p. 693-702, 1999.

KUZMINA, V. V.; GAVROVSKAYA, L. K.; RYZHOVA, O. V. Taurine. Effect on exotrophia and metabolism in mammals and fish. **Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology**, v. 46, n. 1, p. 19-27, 2010.

LAMBERT, I. H. et al. Review: Physiological role of taurine – from organism to organelle. **Acta Physiologica**, v. 213, p. 191–212, 2015.

LEVINE, R. L.; MOSKOVITZ, J.; STADTMAN, E. R. Critical Review: Oxidation of Methionine in Proteins: Roles in Antioxidant Defense and Cellular Regulation. **IUBMB Life**, v. 50, p. 301–307, 2000.

LOWRY, D. H. et al. Protein measurement with folin phenol reagent. **Journal of Biological Chemistry**, v. 193, p. 265-275, 1951.

LUSHCHAK, V. I.; BAGNYUKOVA, T. Effects of different environmental oxygen levels on free radical processes in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part B 144, p. 283–289, 2006.

MARIANO, W. S.; OBA, E. T.; ASSIS, H. C. S. Biomarcadores de estresse oxidativo em peixes. In SARAN NETO, A.; MARIANO, W. S.; SÓRIA, S. F. P. Tópicos Especiais em Saúde e Produção Animal, 2009.

MASELLA, R. et al. C. Novel mechanisms of natural antioxidant compounds in biological systems: involvement of glutathione and glutathione-related enzymes. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 16, p. 577–586, 2005.

MÉTAYER, S. et al. Mechanisms through which sulfur amino acids control protein metabolism and oxidative status. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 19, p. 207–215, 2008.

MISRA, H. P.; FRIDOVICH, I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 247, n. 10, p. 317-3175, 1972.

MOSKOVITZ, J. Methionine sulfoxide reductases: ubiquitous enzymes involved in antioxidant defense, protein regulation, and prevention of aging-associated diseases. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1703, p. 213– 219, 2005.

NELSON, D. P.; KIELSON, L. A. Enthalpy of decomposition of hydrogen peroxide by catalase at 25°C (with molar extinction coefficients of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> solution in the UV). **Analytical Biochemistry**, v. 49, p. 474-478, 1972.

NONAKA, H. et al. Taurine prevents the decrease in expression and secretion of extracellular superoxide dismutase induced by homocysteine amelioration of homocysteine-induced endoplasmic reticulum stress by taurine. **Basic Science Reports**, p. 1165-1170, 2001.

PERNA, A. F. et al. Possible mechanisms of homocysteine toxicity. **Kidney International**, v. 63, Supplement 84, p. S137–S140, 2003.

RIVAS-ARANCIBIA, S. et al. Effects of taurine on ozone-induced memory deficits and lipid peroxidation levels in brains of young, mature, and old rats. **Environmental Research Section A**, v. 82, p. 7-17, 2000.

ROBINSON, E.H.; WILSON, R.P.; POE, W.E. Arginine requirement and apparent absence of a lysine-arginine antagonist in fingerling channel catfish. **Journal of Nutrition**, v. 111, n. 1, p. 46–52, 1981.

ROSEMBERG, D. B. et al. Taurine prevents enhancement of acetylcholinesterase activity induced by acute ethanol exposure and decreases the level of markers of oxidative stress in zebrafish brain. **Neuroscience**, v. 171, p. 683–692, 2010.

ROSEMBERG, D. B. et al. Behavioral effects of taurine pretreatment in zebrafish acutely exposed to ethanol. **Neuropharmacology**, v. 63, p. 613e623, 2012.

ROTILI, D. A. **Exigência em metionina para juvenis de jundiá**. 2014. 90 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

SALZE, G. P.; DAVIS, D. A. Taurine: a critical nutrient for future fish feeds. **Aquaculture**, v. 437, p. 215-229, 2015.

SANZ, A. et al. Methionine restriction decreases mitochondrial oxygen radical generation and leak as well as oxidative damage to mitochondrial DNA and proteins. *The FASEB Journal • Research Communication*. doi: 10.1096/fj.05–5568com. 2006.

SONG, S. B.; XU, Y.; ZHOU, B. S. Effects of hexachlorobenzene on antioxidant status of liver and brain of common carp (*Cyprinus carpio*). **Chemosphere**, v. 65, p. 699–706, 2006.

SPIES, J.R., 1957. Colorimetric procedures for amino acids. **Methods in Enzymology**, 3, 467-477.

VENDROUW, H.; VAN ECHELD, C. J. A.; DEKKERS, E. M. J. Ammonia determination based on indophenols formation with sodium salicylate. **Water research**, v. 12, p. 399-402, 1977.



WILSON, R. P. **Amino acids and proteins**. In: HALVER, J. E., HARDY, R. W. Fish Nutrition. 3. ed., New York: Academic Press, p.143–179, 2002.

YAN, L. J.; TRABER, M. G.; PACKER, L. Spectrophotometric method for determination of carbonyls in oxidatively modified apolipoprotein B of human low-density lipoproteins. **Analytical Biochemistry**, v. 228, p. 349-351, 1995.

## 6 DISCUSSÃO GERAL

Os efeitos da suplementação de taurina em dietas para peixes ainda são controversos, devido ao fato de que para algumas espécies esse aminoácido proporciona melhoras no crescimento e consumo alimentar, ao passo que para outras esse efeito não ocorre (ESPE et al., 2008; GAYLORD et al., 2006; JIRSA et al., 2014; JHONSON et al., 2015; KIM et al., 2008; ROBINSON et al., 1978; YUN et al., 2012).

Os dados de crescimento encontrados no experimento I (Tabela 2, Capítulo II) mostraram que juvenis de jundiá não necessitam da adição de taurina na dieta, pois, a sua inclusão não melhorou o crescimento quando comparada a dieta sem adição de taurina. Estes dados estão de acordo com os encontrados por Chatzifotis et al. (2008), que investigando o efeito da substituição parcial de farinha de peixe por concentrado de proteína de soja, na presença (0,2% da dieta) ou ausência de taurina para *Dentex dentex*, a dieta onde a farinha de peixe foi a única fonte de proteína, a taurina não teve nenhum efeito claro no crescimento ou na utilização de alimentos. Resultados semelhantes foram observados por Gaylord et al. (2006) que relataram que a taurina é necessária apenas quando fontes vegetais substituem a farinha de peixe na dieta de *Oncorhynchus mykiss*.

Porém, o segundo experimento (Capítulo III), onde foi avaliado o efeito da taurina no crescimento dos jundiás quando alimentados com dietas à base de proteína vegetal, verificou-se que, mesmo quando os juvenis de jundiá foram alimentados com dietas vegetais a taurina não apresentou resultados de melhora no crescimento dos animais (Tabela 2, Capítulo III), indicando que a produção endógena de taurina é suficiente para manter as suas necessidades.

Estes resultados podem estar relacionados a uma série de fatores, dentre eles o ambiente em que esse peixe vive e seu hábito alimentar, já que foi relatado que a taurina melhora o crescimento e o aproveitamento alimentar em *Paralichthys olivaceus* (1,5%) (KIM et al., 2007), *Pagrus major* (1%) (TAKAGI et al., 2011) e *Seriola quinqueradiata* (1%) (MATSUNARI et al., 2005), *Scophthalmus maximus* 1% (QI et al., 2012), com níveis mais elevados que para peixes de água doce, como para a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) com nível de 0,5% (GAYLORD et al., 2006) e 0,8% para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (AL-FEKY et al., 2014).

A fase de vida do peixe é outro fator a ser considerado, pois como relatado em outros estudos (KIM et al., 2005; AL-FEKY et al., 2014; SALZE et al., 2012), por vezes a necessidade de taurina se dá nas fases iniciais (pós-larvas). Como o organismo ainda não está totalmente desenvolvido, podem não conseguir produzir a quantidade necessária desse aminoácido, para manter suas exigências. Isso se confirma com o trabalho realizado por Rossato (2015), que encontrou melhora significativa no crescimento de pós-larvas de jundiá, quando a dieta com concentrado protéico de soja foi suplementada com taurina, entretanto para juvenis esse efeito não foi observado (Capítulos II e III).

Nos dois experimentos realizados avaliando o efeito da adição de taurina em dietas com farinha de peixe e com concentrados vegetais como fontes proteicas (Capítulos II e III) encontraram-se menores índices de aproveitamento protéico (Tabela 7 do Capítulo II e Tabela 7 do Capítulo III) quando os jundiás foram alimentados com o maior nível de taurina (2%). Além disso, também houve piora na CAA, indicando que o excesso de taurina pode ser prejudicial. Esse efeito pode ser devido ao maior gasto energético para eliminação do excesso de taurina (KUZMINA et al., 2010), a um menor consumo de alimento e a um possível efeito tóxico da taurina quando em nível elevado (LIU et al., 2014).

Com os resultados encontrados no Capítulo II e III, pode-se inferir que para juvenis de jundiá não é necessária a inclusão de taurina para um melhor crescimento. Porém, o Capítulo IV, que trata da questão antioxidante, mostrou que a adição de níveis mais elevados de taurina (1,5 e 2%) em interação com maior nível de metionina (3,5%), auxiliam na defesa antioxidante do organismo dos jundiás (Tabelas 2 e 3, Capítulo IV).

Este efeito pode ser observado na menor produção de proteínas carboniladas (Tabela 2, Capítulo IV) e aumento da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD), que está ligada a proteção do organismo contra espécies reativas de oxigênio (EROs) (Tabela 3, Capítulo IV), além disso a manutenção dos níveis de tióis confirmam esse efeito.

O nível mais baixo de taurina (0 e 0,5%) e de metionina (1,6%), demonstraram que há melhora nos parâmetros antioxidantes e diminuição dos pró-oxidantes (Tabelas 2 e 3, Capítulo IV), porém esse efeito é possivelmente pela menor quantidade de metionina, pois Sanz et al. (2006) quando há restrição de metionina na dieta há menor formação de EROs.

Quanto a análise dos parâmetros bioquímicos do metabolismo hepático e muscular (Tabelas 4 e 5, Capítulo IV). Pode-se perceber que houve efeito da interação metionina/taurina, onde quando utilizado maior nível de metionina (3,5%) e de taurina (2%), parece haver um equilíbrio entre o catabolismo e anabolismo dos aminoácidos. Isso se deve ao fato de que o nível de 3,5% de metionina é o considerado ideal para melhor crescimento dessa espécie (ROTILI, 2014) e que o nível de 2% de taurina está protegendo o organismo quanto a possíveis efeitos das EROs. Entretanto são necessários mais estudos para esclarecer melhor a relação entre a taurina e a metionina no “status” antioxidante de jundiás.

## 7 CONCLUSÕES

Após análise dos resultados pode-se concluir que:

- A adição de taurina não é necessária para juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo farinha de peixe (livre de taurina).
- A suplementação de taurina em dietas vegetais não melhora o desempenho de crescimento de juvenis de jundiá.
- Em níveis elevados (1,5 e 2%) a taurina mostrou-se prejudicial aos jundiás, tanto em relação aos parâmetros zootécnicos quanto metabólicos.
- A taurina apresenta potencial antioxidante em juvenis de jundiá em nível de 1,5 e 2% da dieta.
- A relação metionina/taurina influencia o potencial antioxidante dos jundiás.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOUDI, T. et al. Protein and lysine requirements for maintenance and for tissue accretion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. **Aquaculture**, v. 261, p. 369-383, 2006.
- AKSNES, A. et al. Size-fractionated fish hydrolysate as feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed high plant protein diets. I: Growth, growth regulation and feed utilization. **Aquaculture**, v. 261, p. 305-317, 2006.
- AL-FEKY, S. S. A.; EL-SAYED, A.-F. M.; EZZAT, A. A. Dietary taurine improves reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock. **Aquaculture Nutrition**, doi:10.1111/anu.12256, 2014.
- ALMROTH, B. C. et al. Oxidative damage in eelpout (*Zoarces viviparus*), measured as protein carbonyls and TBARS, as biomarkers. **Aquatic Toxicology**, v. 73, p. 171-180, 2005.
- AMBARDEKAR, A. A.; REIGH, R. C. Sources and Utilization of Amino Acids in Channel Catfish Diets: A Review. **North American Journal of Aquaculture**, v. 69, p. 174-179, 2007.
- ANDRADE, E. R. et al. Consequências da produção das espécies reativas de oxigênio na reprodução e principais mecanismos antioxidantes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 34, n. 2, p. 79-85, 2010.
- ARUOMA, O. et al. The antioxidant action of taurine, hypotaurine and their metabolic Precursors. **Biochemical Journal**, v. 256, p. 251-255, 1988.
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de jundiá**. Santa Maria, Ed. UFSM, p. 222, 2004.
- BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria, Ed. UFSM, p. 303-325, 2005.
- BAÑUELOS-VARGAS, I. et al. Effect of fishmeal replacement by soy protein concentrate with taurine supplementation on hepatic intermediary metabolism and antioxidant status of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part B 170, p. 18-25, 2014.
- BERGAMIN, G. T. et al. Fontes protéicas vegetais na alimentação da carpa húngara. **Ciência Rural**, v. 41, n. 9, p.1660-1666, set. 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**, v. 43, n. 10, p. 1878-1884, 2013.

BOHNENBERGER, L. et al. Concentrado proteico de folhas de mandioca na alimentação de tilápias do nilo na fase de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1169-1174, 2010.

CAÑAS, D. Rol biológico y nutricional de la taurina y sus derivados biological and nutritional role of taurine and its derivatives. **Revista Chilena de Nutrición**, v. 29, n. 3, 2002.

CHANG, L. et al. Taurine protected myocardial mitochondria injury induced by hyperhomocysteinemia in rats. **Amino Acids**, v. 27, n. 1, p. 37-48, 2004.

CHATZIFOTIS, S. et al. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and bile salt activated lipase activity of common dentex, *Dentex dentex*, fed a fish meal/soy protein concentrate-based diet. **Aquaculture**, v. 275, p. 201-208, 2008.

DERSJANT-LI, Y. The use of soy protein in aquafeeds. In: CRUZ-SUÁREZ, L. E. et al. (Eds.). **Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. 3 a 6 de Setembro de 2002. Cancún, Quintana Roo, México. 2002.

DIVAKARAN, S.; RAMANATHAN, S.; OSTROWSKI, A. C. Endogenous production of taurine in two teleost fish: *Coryphaena hippurus* and red hybrid tilapia. **Comparative Biochemistry Physiology**, v. 101B, n. 3, p. 321-322, 1992.

DIVAKARAN, S. Taurine: an amino acid rich in fish meal. Avances en Nutrición Acuícola VIII .**VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. ISBN 970-694-333-5, 2006.

CONCEIÇÃO, L. E. C.; GRASDALEN, H.; RØNNESTAD, I. Amino acid requirements of fish larvae and post-larvae: new tools and recent findings. **Aquaculture**, v. 227, p. 221-232, 2003.

COWEY, C. B. Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values, **Aquaculture**, v. 124, p. 1-11, 1994.

EL-SAYED, A. F. M. Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), feeds. **Aquaculture Research**. v. 29, p. 275-280, 1998.

EL-SAYED, D. M. S. D.; GABER, M. M. A. Replacement of fish meal with a mixture of different plant protein sources in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets. **Aquaculture Research**. v. 34, p. 1119-1127, 2003.

EL-SAYED, A. M. Is dietary taurine supplementation beneficial for farmed fish and shrimp? A comprehensive review. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, p. 1-15, 2013.

ESPE, M. et al. Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, v. 274, p. 132-141, 2008.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of Food and Agriculture. Investing in agriculture for a better future, 2012.** Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/017/i3028e/i3028e.pdf>. Acesso em 23 de outubro de 2015.

FRACALOSSO, D. M. et al. Desempenho do jundiá, *Rhamdia quelen*, e do dourado, *Salminus brasiliensis*, em viveiros de terra na região sul do Brasil, **Acta Scientiarum – Animal Science**, v. 26, n. 3, p. 345-352, 2004.

FOGAÇA, F. H. S.; SANT'ANA, L. S. Oxidação lipídica em peixes: Mecanismo de ação e prevenção. **Archives of Veterinary Science**, v. 14, n. 2, p. 117-127, 2009.

FONTANA, M. et al. Antioxidant properties of sulfinates: protective effect of hypotaurine on peroxynitrite-dependent damage. **Neurochemical Research**, v. 29, n. 12, 2004.

FURUYA, V. R. B.; HAYASHI, C.; FURUYA, W. M. Farelo de canola na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), durante do período de reversão de sexo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 6, p. 1067-1073, 1997.

FURUYA, W. M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias.** Toledo, Ed. Grafia & Editora, p. 100, 2010.

GALDIOLI, E. M. et al. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína dos farelos de canola e algodão em dietas para alevinos de piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988). **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 841-847, 2001

GALDIOLI, E. M. et al. Substituição da Proteína do Farelo de Soja pela Proteína do Farelo de Canola em Rações para Alevinos de Curimatá (*Prochilodus lineatus* V.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 552-559, 2002.

GATLIN II, D. M. Whole-body amino acid composition and comparative aspects of amino acid nutrition of the goldfish, golden shiner and fathead minnow. **Aquaculture**, v. 60, p. 223-229, 1987.

GAYLORD, T. G.; TEAGUE, A. M.; BARROWS, F. T. Taurine supplementation of all-plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, 2006.

GAYLORD, T. G. et al. Supplementation of taurine and methionine to all-plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 269p. 514-524, 2007.

GOMES, L. C. et al. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). **Ciência Rural**. v. 30. n. 1, p. 179-185, 2000.

GOMIERO, L. M.; SOUZA, U. P.; BRAGA, F. M. S. Reprodução e alimentação de *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) em rios do Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, SP. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, 2007.



GOTO, T. et al. Studies on the green liver in cultured reed sea bream fed low level and non-fish meal diets: relationship between hepatic taurine and biliverdin levels. **Fisheries Science**, v. 67, p. 58-63, 2001.

HAGAR, H. H. The protective effect of taurine against cyclosporine A-induced oxidative stress and hepatotoxicity in rats. **Toxicology Letters**, v.151, p. 335-343, 2004.

HAMMES, T. O. et al. The effect of taurine on hepatic steatosis induced by thioacetamide in zebrafish (*Danio rerio*). **Digestive Diseases and Sciences**, v. 57, p. 675-682, 2012.

HOSENEY, R. C.; ALONSO, M. G. Proteínas de los cereales. In: **Principios de ciencia y tecnología de los cereales**. Espanha, Ed. Acribia, p. 67-84, 1999.

HUXTABLE, R. J. Physiological Actions of Taurine. **Physiological Reviews**. v. 72, n. 1, 63 p., 1992.

JACOBSEN, J. G.; SMITH JR, L. Biochemistry and Physiology of Taurine and Taurine Derivatives. **Physiological Reviews**. v. 48, n. 2, 88p., 1968.

JIRSA, D. et al. Taurine requirement for juvenile white seabass (*Atractoscion nobilis*) fed soy-based diets. **Aquaculture**, v. 422-423, p. 36-41, 2014.

JOHNSON, R. B. et al. Effects of dietary taurine supplementation on growth, feed efficiency, and nutrient composition of juvenile sablefish (*Anoplopoma fimbria*) fed plant based feeds. **Aquaculture**, v. 445, p. 79-85, 2015.

KATAOKA, H.; OHNISHI, N. Occurrence of taurine in plants. **Agricultural and Biological Chemistry**. v. 50, n. 7, p. 1887-1888, 1986

KEY, S. A.; ZIMMERMAN, W. F. Antioxidant activity of retinol, glutathione, and taurine in bovine photoreceptor cell membranes. **Experimental Eye Research**, v. 68, p. 693-702, 1999.

KIM, S-K. et al. 2003 Effect of dietary supplementation with taurine,  $\beta$ -alanine and GABA on the growth of juvenile and fingerling Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Fisheries Science**, v. 69, p. 242-248, 2003.

KIM, S-K. et al. Effect of dietary taurine levels on growth and feeding behavior of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v. 250, p. 765-774, 2005.

KIM, S-K. et al. Effect of different dietary taurine levels on the conjugated bile acid composition and growth performance of juvenile and fingerling Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**. v. 273, p. 595-601, 2007.

KIM, S.-K. et al. Comparison of taurine biosynthesis ability between juveniles of Japanese flounder and common carp. **Amino Acids**, v. 35, p. 161-168, 2008.

KUZMINA, V. V.; GAVROVSKAYA, L. K.; RYZHOVA, O. V. Taurine. Effect on exotrophía and metabolism in mammals and fish. **Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology**, v. 46, n. 1, p. 19-27, 2010.

LAMBERT, I. H. et al. Review: Physiological role of taurine – from organism to organelle. **Acta Physiologica**, v. 213, p. 191-212, 2015.

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**, v. 60, n. 2, p. 477-484, 2008.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principles of Biochemistry**, Fourth Edition Nova Iorque: W. H. Freeman, 2004, 1119p.

LINDEN, G.; LORIENT, D. **Bioquímica Agroindustrial**. Ed. Acribia, 1996, 380 p.

LIU, Y. et al. Excessive dietary taurine supplementation reduces growth performance, liver and intestinal health of weaned pigs. **Livestock Science**, v. 168, p. 109-119, 2014.

LOVATTO, N. M. **Metabolismo e eficiência zootécnica de jundiás (*Rhamdia quelen*) alimentados com concentrados proteicos vegetais**. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

LOVATTO, N. M. et al. Efeitos de dietas contendo concentrados proteicos vegetais no desempenho e atividade de enzimas digestivas de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 1071-1082, 2014.

LUNGER, A. N. et al. Taurine supplementation to alternative dietary proteins used in fish meal replacement enhances growth of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 271, p. 401-410, 2007.

LUSHCHAK, V. I.; BAGNYUKOVA, T. Effects of different environmental oxygen levels on free radical processes in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part B 144, p. 283-289, 2006.

MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura - 2011. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br>. Acesso em: 10 de outubro de 2013.

MARTINEZ, J. B.; CHATZIFOTIS, S.; DIVANACH, P. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and feed selection of sea bass *Dicentrarchus labrax* fry fed with demand-feeders. **Fisheries Science**, v. 70, p. 74-79, 2004.

MASELLA, R. et al. Novel mechanisms of natural antioxidant compounds in biological systems: involvement of glutathione and glutathione-related enzymes. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 16, p. 577-586, 2005.

- MATSUNARI, H. et al. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance of yellowtail juveniles *Seriola quinqueradiata*. **Fisheries Science**, v. 71, p. 1131-1135, 2005.
- MATSUNARI, H. et al. Effect of dietary taurine and cystine on growth performance of juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, v. 274, p. 142-147, 2008.
- MELO, J. F. B et al. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Ciência Rural**, v. 32, n. 2, p. 323-327, 2004.
- MEYER, G.; FRACALOSSO, D. M. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture** 240, p.331-343, 2004.
- MOREIRA, I.; MARANGONI, I.; FURLAN, A. C. et al. Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos na fase total de crescimento e terminação (61-141 dias). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 4, p. 697-712, 1996.
- NONAKA, H.; TSUJINO, T.; WATARI, Y.; EMOTO, N.; YOKOYAMA, M. Taurine prevents the decrease in expression and secretion of extracellular superoxide dismutase induced by homocysteine amelioration of homocysteine-induced endoplasmic reticulum stress by taurine. **Basic Science Reports**, p. 1165-1170, 2001.
- OLIVEIRA, M. W. S. **Potencial antioxidante e scavenger da taurina em concentrações fisiológicas contra espécies reativas de oxigênio e nitrogênio**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas: Bioquímica) – UFRGS, Porto Alegre, 92p., 2008.
- PRETTO, A. et al. Farelo de crambe nas formas *in natura* ou reduzida em antinutrientes na dieta do jundiá. **Ciência Rural**, v.4 4, n. 4, p. 692-698, 2014.
- REDMOND, H. P. et al. Immunonutrition: The Role of Taurine. **Nutrition**, v. 14, n. 7/8, 1998.
- RIVAS-ARANCIBIA, S. et al. Effects of taurine on ozone-induced memory deficits and lipid peroxidation levels in brains of young, mature, and old rats. **Environmental Research Section A**, v. 82, p. 7-17, 2000.
- ROBINSON, E. H et al. Utilization of dietary sulfur compounds by fingerling channel catfish: L-methionine, DL-methionine, Methionine hydroxyl analogue, taurine and inorganic sulfate. **The Journal of Nutrition**, v. 108, p. 1932-1936, 1978.
- ROSSATO, S. **Estudo do desenvolvimento muscular e enzimático inicial do jundiá (*Rhamdia quelen*) com alimentos de origem animal e vegetal**. 2015. 181 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

ROSEMBERG et al. Taurine prevents enhancement of acetylcholinesterase activity induced by acute ethanol exposure and decreases the level of markers of oxidative stress in zebrafish brain. **Neuroscience**, v. 171, p. 683-692, 2010.

ROSEMBERG, D. B. et al. Taurine prevents enhancement of acetylcholinesterase activity induced by acute ethanol exposure and decreases the level of markers of oxidative stress in zebrafish brain. **Neuroscience**, v. 171, p. 683-692, 2010.

ROSEMBERG, D. B. **Avaliação de parâmetros bioquímicos e comportamentais em peixe-zebra (*Danio rerio*): Uma abordagem sobre o sistema purinérgico, colinérgico e efeitos promovidos pela taurina no modelo de exposição aguda ao etanol**. 2011, 170f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas: Bioquímica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ROSEMBERG, D. B. et al. Behavioral effects of taurine pretreatment in zebrafish acutely exposed to ethanol. **Neuropharmacology**, v. 63, p. 613-623, 2012.

ROTILI, D. A. **Exigência em metionina para juvenis de jundiá**. 2014. 90 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

RUFF, N. et al. Distribution of  $\alpha$ -tocopherol in fillets of turbot (*Scophthalmus maximus*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), following dietary  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation. **Aquaculture Nutrition**, v. 10, p. 75-81, 2004.

SALZE, G.; MCLEAN, E.; CRAIG, S. R. Dietary taurine enhances growth and digestive enzyme activities in larval cobia. **Aquaculture**, v. 362-363, p. 44-49, 2012.

SANZ, A. et al. Methionine restriction decreases mitochondrial oxygen radical generation and leak as well as oxidative damage to mitochondrial DNA and proteins. *The FASEB Journal* • Research Communication. 2006 doi: 10.1096/fj.05-5568com.

SASAKI, K.; MITSUMOTO, M.; KAWABATA, K. Relationship between lipid peroxidation and fat content in Japanese Black beef *Longissimus* muscle during storage. **Meat Science**, v. 59, p. 407-410, 2001.

SCHAFFER, S. et al. Why is taurine cytoprotective? **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 526 p. 307-321, 2003.

SOARES, C. M. et al. Substituição Parcial e Total da Proteína do Farelo de Soja pela Proteína do Farelo de Canola na Alimentação de Alevinos de Piavuçu (*Leporinus macrocephalus*, L.). **Revista brasileira de zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 15-22, 2000.

SONG, S. B.; XU, Y.; ZHOU, B. S. Effects of hexachlorobenzene on antioxidant status of liver and brain of common carp (*Cyprinus carpio*). **Chemosphere**, v. 65, p. 699-706, 2006.

STADTMAN, E. R.; LEVINE, R. L. Free radical-mediated oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins. **Amino Acids**, v. 25, p. 207-218, 2003.

- TAKAGI et al. The green liver syndrome is caused by taurine deficiency in yellowtail, *Seriola quinqueradiata* fed diets without fishmeal. **Aquaculture Science** v. 53, p. 279-290, 2005.
- TAKAGI, S. et al. Taurine is an essential nutrient for yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fish meal diets based on soy protein concentrate. **Aquaculture** v. 280, p. 198-205, 2008.
- TAKAGI, S. et al. Role of taurine deficiency in inducing green liver symptom and effect of dietary taurine supplementation in improving growth in juvenile red sea bream *Pagrus major* fed non-fishmeal diets based on soy protein concentrate. **Fisheries Science**, v. 77, p. 235-244, 2011.
- TAKEUCHI, T. Progress on larval and juvenile nutrition to improve the quality and health of seawater fish: a review. **Fisheries Science**, v. 80, p. 389-403, 2014.
- TAVARES-DIAS, M. et al. Manejo e sanidade de peixes em cultivo, **EMBRAPA**, Amapá, 2009, 724p.
- TYSKA, D. et al. Concentrados proteicos vegetais na alimentação de Jundiás (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, p. 1251-1257, jul. 2013.
- TIRAPEGUI, J.; ROGERO, M. M. Metabolismo de Proteínas. In: **Fisiologia da Nutrição Humana. Aspectos Básicos, Aplicados e Funcionais**. DE ANGELIS, R. C.; TIRAPEGUI, J., São Paulo, Ed. Atheneu, 2007, p. 69-109.
- VEIVERBERG, C. A et al. Farelo de soja como substituto à farinha de carne e ossos em dietas para juvenis de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*). **Boletim do Instituto da Pesca**, v. 34, n. 3, p. 463-472, 2008.
- VEIVERBERG, C. **Alimentos convencionais e não-convencionais na engorda e qualidade de pescado do jundiá (*Rhamdia quelen*)**. 2011. 91 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- WALTON, M. J.; COWEY, C. B. Aspects of intermediary metabolism in salmonid fish. **Comparative Biochemistry Physiology**, v. 73B, n.1, p. 59-79, 1982.
- WEBSTER, C. D. et al. Use of soybean meal as partial or total substitute of fish meal in diets for blue catfish (*Ictalurus furcatus*). **Aquatic Living Resources**, v. 8, p. 379-384, 1995.
- WILSON, R. P.; ROBINSON, E. H.; POE, A. E. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. **The Journal of Nutrition**, 1981.
- WILSON, R. P.; HALVER, J. E. Protein and amino acid requirements of fishes. **Annual Review Nutrition**, v. 6, p. 225-44, 1986.
- YUN, B. et al. Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high plant protein diets. **Aquaculture**, v. 324-325, p. 85-91, 2012.

## ANEXO

Composição nutricional dos ingredientes submetidos à concentração proteica e lavagem com etanol 70%

Ingrediente <sup>1</sup>	PB (%)	Gordura (%)	Lisina (g/100g)	Metionina (g/100g)	Cistina (g/100g)	Taurina (g/100g)
F. canola	35,00	7,02	1,97	0,51	1,57	0,00
Conc. canola	50,13	14,77	2,58	0,78	2,10	0,00
F. girassol	32,63	5,77	1,15	0,57	0,97	0,00
Conc.girassol	52,12	10,72	1,64	1,04	1,41	0,00
F. crambe	38,19	5,98	1,72	0,32	0,59	0,00
Conc crambe	46,67	12,30	2,05	0,67	1,21	0,00
FP	60,28	12,63	3,33	1,52	0,52	0,45
FP lavada	57,53	11,92	3,56	1,55	0,50	0,11

F. canola= Farelo de canola; Conc. canola= Concentrado protéico de farelo de canola; F. girassol= Farelo de girassol; Conc. girassol= concentrado protéico de farelo de girassol; F. crambe= Farelo de crambe; Conc. crambe= Concentrado protéico de farelo de crambe; FP= Farinha de peixe (resíduo de abate de tilápia); FP lavada= Farinha de peixe (resíduo de abate de tilápia) lavada com etanol 70% (KIM et al., 2005).