

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Dissertação

**Exigência de lisina e estimativa dos principais aminoácidos
essenciais com base no conceito de proteína ideal para
*Odontesthes bonariensis***

Anna Carolina Miranda Cavalheiro

Pelotas, 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Exigência de lisina e estimativa dos principais aminoácidos essenciais com base no conceito de proteína ideal para *Odontesthes bonariensis*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências, na área de concentração: Produção animal.

Orientador: Juvêncio Luis Osório Fernandes Pouey

Pelotas, 2013

Banca Examinadora

Dr. Juvêncio Luis Osório Fernandes Pouey (Presidente)

Dr. Sérgio Renato Noguez Piedras (UFPel)

Dr. Cléber Bastos Rocha

Dr. Otoniel Geter Lauz Ferreira (UFPel)

Dedico

Aos meus pais por natureza, por opção e amor... Ao meu esposo por ser meu PORTO SEGURO.

*“Não basta saber ler que Eva viu a uva.
É preciso compreender qual a posição social que
Eva ocupa no seu contexto social, quem trabalha
para produzir a uva e quem lucra com esse trabalho.”*

Paulo Freire

Agradecimentos

Agradecer deveria antes de tudo ser um ato espontâneo, não uma formalidade. Vou tentar alcançar esse ideal, mas nunca é fácil distinguir a linha tênue entre o falso agradecimento e o esquecimento injusto.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela bolsa concedida durante os anos do curso.

Queria agradecer a Deus, não por clichê ou algo assim, de verdade. Não preciso explicar toda a história da criação para que se entenda que, sem Deus, eu não estaria aqui. Mas meu agradecimento vai além desse simples fato. Quando eu não acreditava mais em mim, ele continuou acreditando e me deu forças para continuar e chegar até aqui. Obrigada, Deus!

Ao professor Sérgio Piedras, que me abriu as portas do Laboratório de Ictiologia e acreditou na minha capacidade desde o início do estágio, e, pela grande ajuda na elaboração de vários trabalhos durante esse período. Meu sincero... Muito Obrigada!

E claro ao meu Orientador, Juvêncio Pouey, que me acolheu no Laboratório durante esses dois anos. O meu muito obrigado!

Aos professores do departamento de Zootecnia, pelo ensino que me foi passado, em especial aos professores Eduardo Xavier com qual tive a oportunidade de aprender e entender Nutrição Animal, e ao professor Otoniel Ferreira pelas aulas de estatística as quais foram muito úteis.

A amiga e colega Martha Castro, que foi uma ótima parceira na disciplina de Nutrição Animal e as queridas e competentes secretarias Norma e Graziela por toda ajuda e atenção, sempre com grande simpatia. A amiga querida que conquistei durante esse trajeto Michelle Lopes, pelas conversas, conselhos, histórias e inúmeras risadas concedidas.

A todos os colegas de Laboratório pelo companheirismo, os quais não vou citar, para não cometer a gafe de esquecer alguém. Ao Técnico do Laboratório e amigo (embora ele diga que homem não é amigo de mulher), Mauro Portelinha, pela grande ajuda durante todo mestrado, pela montagem dos sistemas utilizados, na ajuda da confecção das dietas, pelos finais de semanas alimentado meus peixes, pelos valiosos conselhos durante nossas varias conversas, e por fim a grande paciência. Mauro Valeu!

Ao colega e amigo Rafael Tavares, pela ajuda e confiança no meu trabalho, pela estatística e pelo esforço na realização das análises genéticas que infelizmente não deram certo.

Ao colega e professor João Morato, pelos inúmeros ensinamentos, sobre os mais variados temas.

A querida e dedicada estagiaria Aline Viana por TODA ajuda, durante os experimentos. A colega e amiga Aline Britto pelo companheirismo, carinho e ajuda fundamental neste trabalho.

Ao Cleber Rocha, pela ajuda na parte dos cálculos das dietas, pela orientação quando assunto era nutrição de peixes.

Agradeço de uma forma muito especial aos meus familiares, sou muito grata a todos, pelo incentivo recebido, pelo apoio, amor, amizade e confiança depositados em mim e no meu trabalho, agradeço também por sentirem orgulho de mim. Agradeço principalmente aos meus tios, pescadores artesanais, os quais me proporcionaram ensinamentos que geraram conhecimentos que nenhuma disciplina me forneceu e nunca irá fornecer.

Aos meus pais Afonso e Lucilia Cavalheiro, agradecer aos meus pais é uma tarefa fácil, ao mesmo tempo, que é uma tarefa difícil. É fácil, pois sei exatamente a importância de tudo que fizeram por mim e por saber que apenas o brilho dos meus olhos diante de cada realização na vida, já é muitas vezes suficiente para eles. Por outro lado, é uma tarefa difícil por não conseguir encontrar palavras para expressar tudo que sinto por eles, tudo que eles significam para mim e toda a gratidão que sinto pelos valores que me foram ensinados, pela sólida formação dada até à minha juventude, que me proporcionou a continuidade nos estudos até à chegada a este mestrado. Pelas inúmeras vezes que eles me enxergaram melhor do que eu sou.

Agradeço a família do meu esposo que me acolheu com muito amor. Em especial aos meus sogros, Carlos Antônio e Elma Einhardt, por me receberem com carinho no seio de sua família e abrirem as portas de sua casa e de seus corações, me acolhendo como filha e sempre me incentivando a ir além. Ao cunhado Maicon e ao primo Lucas agradeço o tempo e o sorriso que me dedicaram.

E finalmente com imensa gratidão e amor agradeço ao meu colega, amigo, companheiro e esposo Marcos Dinael, por TUDO. Pelos esforços para me fazer feliz, me fazer sorrir quando a vontade era chorar, pelo abraço seguido do sussurro “vai dar tudo certo, eu estou aqui”. Agradeço pelo amor, amizade, crescimento e aprendizado que me

proporciona a cada dia. Aos carinhos, sua paz compartilhada, paciência e compreensão durante esses dois anos de muito trabalho, entendendo muitas vezes minha ausência como esposa, amiga e companheira. Agradeço as batidas do seu coração descompassado soando de encontro ao meu, pelas palavras de estímulo e encorajamento para que eu não desistisse nunca. Pelo respeito e por dedicar seu tempo a mim e aos meus. Agradeço a proteção, por ser um exemplo para mim, pois é um batalhador e um vitorioso. Agradeço, por que o que mais se quer nesta vida é exatamente tudo o que ele me proporciona.

O meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação, estimulando-me intelectual e emocionalmente.

Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; se não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.

Resumo

CAVALHEIRO, Anna Carolina Miranda. **Exigência dos principais aminoácidos para alevinos de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*)**. 2013. 86f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O peixe-rei *Odontesthes bonariensis* é uma espécie de grande importância na pesca artesanal na região sul do Rio Grande do Sul, porém diante da sobrepesca, esse recurso pesqueiro está diminuindo. Essa espécie desperta grande interesse para a piscicultura, porém há um baixo desenvolvimento do cultivo, devido a falta de estudos sobre suas exigências nutricionais. O objetivo deste estudo foi determinar através de uma dieta purificada as exigências nutricionais dos aminoácidos essenciais para alevinos de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*). O experimento foi realizado no Laboratório de Ictiologia do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Universidade Federal de Pelotas, em um período de 60 dias, foi constituído de 24 caixas de polietileno contendo cada uma 7 animais distribuídos de forma aleatória. O delineamento experimental foi completamente casualizado, contendo 6 tratamentos e 4 repetições. As análises estatísticas de médias, desvio padrão, comparação de médias e regressões, foram realizadas através dos programas estatísticos, Bioestat e S.A.S 9.0. As seis dietas purificadas a base de albumina e gelatina foram isoprotéica (40% PB) e isocalórica (3500 de energia digestível), variando somente as concentrações de lisina (1,1; 1,4; 1,7; 2,0; 2,3 e 2,6%). Com base na equação resultante da regressão o melhor nível de lisina para a espécie de peixe-rei *O. bonariensis* foi de 1,95% de lisina sintética na dieta e de 4,87% de lisina total da proteína. Foi realizada a análise de aminoácidos corporal dos peixes, através do cálculo $\text{Exigência no aminoácido essencial} = \text{exigência em lisina} \times (\text{taxa A/E} / 100)$. A exigência dos demais aminoácidos também foi determinada, sendo, 0,60% de histidina, 1,21% arginina, 0,74 de valina, 0,93% de metionina, 0,65% de isoleucina, 1,30% de leucina, 0,72% de fenilalanina, 1,79 de lisina e 0,73 de treonina.

Palavras Chaves: Aminoácidos, Dieta, Lisina, Peixe-rei.

Abstract

CAVALHEIRO, Anna Carolina Miranda. **Requirement of the main amino acids for fingerlings pejerrey (*Odontesthes bonariensis*)**. 2013. 86f. Master Dissertation. Graduate Program in Animal Science. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The pejerrey *Odontesthes bonariensis* is a kind of great importance in artisanal fishing in southern Rio Grande do Sul, but on the face of fishing in this region is diminishing fisheries resource. This species arouses great interest for cultivation, but the development of low Atherinicultura in Brazil, due mainly to a lack of studies on the techniques of cultivation of this species, and the lack of studies on the nutritional requirements. The aim of this study was to determine through a purified diet nutritional requirements of essential amino acids for pejerrey *Odontesthes bonariensis*. The experiment was conducted in the Laboratory of Ichthyology Department of Animal Science, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, occurred in a 60-day period consisted of 24 boxes each containing polyethylene 7 animals randomly distributed. The experimental design was completely randomized experiment had 6 treatments and 4 replications. The statistical analysis of mean, standard deviation, and mean comparison regressions were performed using the statistical software, SAS 9.0 and Bioestat. The six purified diets) the basis of albumin and gelatin were isoproteic (40% CP) and isocaloric 3500 of digestible energy, only varying concentrations of lysine (1.1, 1.4, 1.7, 2.0; 2.3 and 2.6%). Based on the regression equation resulting from the highest level of lysine to the species of kingfish *O. bonariensis* which was 1.95% of the diet synthetic lysine and lysine 4.87% of total protein. We performed the analysis of amino acids body of the fish, so through the computation requirement in the essential amino acid lysine requirement = x (rate A / E / 100). It was determined the requirement of other amino acids, and, histidine 0.60%, arginine 1.21%, 0.74 of valine, methionine 0.93%, isoleucine 0.65%, leucine 1.30% , phenylalanine 0.72%, lysine 1.79 and 0.73 threonine.

Key Words: Amino Acids, Diet, Lysine, Pejerrey.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de caixas e unidades experimentais.....	38
Figura 2 – Alevinos de peixe-rei <i>O. bonariensis</i> estocados no laboratório para realização do experimento.....	39
Figura 3 – Peixes sendo anestesiados para biometria.....	40
Figura 4 – Obtenção das relações biométricas após a anestesia.....	40
Figura 5 – Regressão do consumo diário em relação aos níveis de lisina.....	46
Figura 6 - Regressão dos níveis de lisina comparados com a sobrevivência dos animais.....	46
Figura 7: Taxa de crescimento específico em relação aos níveis de lisina.....	47
Figura 8: Regressão do ganho de peso comparado aos níveis de lisina.....	48
Figura 9: Regressão linear do peso final médio e os níveis de lisina utilizados nas dietas experimentais.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exigência de arginina para algumas espécies de peixes.....	25
Tabela 2 - Exigência de histitina para algumas espécies de peixes.....	26
Tabela 3 – Exigência de Isoleucina para algumas espécies de peixes.....	26
Tabela 4 – Exigência de Leucina para algumas espécies de peixes.....	27
Tabela 5 – Exigência de Metionina para algumas espécies de peixes.....	27
Tabela 6 – Exigência de Fenilalanina para algumas espécies de peixes.....	28
Tabela 7 – Exigência de Treonina para algumas espécies de peixes.....	29
Tabela 8 – Exigência de Triptofano para algumas espécies de peixes.....	29
Tabela 9 – Exigência de Valina para algumas espécies de peixes.....	30
Tabela 10 – Composição da dieta testada no experimento.....	41
Tabela 11- Valores nutricionais calculados da dieta.....	42
Tabela 12 – Composição do perfil de aminoácidos essenciais e não essenciais do corpo do peixe-rei <i>O. bonariensis</i>	54
Tabela 13 – Exigência dietética de aminoácidos essenciais para o peixe-rei	56

SUMÁRIO

1 Introdução	13
2 Objetivos	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 Revisão Bibliográfica	17
3.1 Aquicultura.....	17
3.2 Caracterização da espécie peixe-rei <i>Odontesthes bonariensis</i>	20
3.3 Nutrição de peixes.....	22
3.4 Exigência de aminoácidos.....	24
3.5 Nutrição de peixe-rei (<i>Odontesthes bonariensis</i>).....	31
3.6 Conceito de proteína ideal	33
4 Material e Métodos	37
4.1 Instalações.....	37
4.2 Unidades experimentais.....	38
4.3 Qualidade físico-química da água.....	39
4.4 Indicadores de desempenho.....	39
4.5 Dietas experimentais.....	41
4.6 Composição corporal dos peixes.....	43
4.7 Cálculo de taxa de aminoácidos.....	43
4.8 Delineamento experimental.....	43
5 Resultados e Discussão	44
5.1 Parâmetros físico-químicos da água.....	44
5.2 Desempenho e exigência de lisina através de regressão.....	46
5.3 Proteína ideal	53
6 Conclusão	66
7 Considerações Finais	67
8 Referencias Bibliográficas	69

1 Introdução

A aquicultura é o processo de produção de organismos aquáticos em cativeiro, nesta atividade podem ser cultivados peixes, algas, crustáceos, moluscos e até anfíbios.

Segundo dados da FAO (2012), houve um aumento na atividade pesqueira, o que fez com que crescesse o número de empregos na área para 0,8% ao ano, no entanto na aquicultura esse acréscimo foi de 5,5% ao ano (FAO, 2012).

A carne de peixe fornece a saúde humana inúmeros fatores benéficos, fato que tem gerado incentivos para o aumento do consumo peixes, pois fornece ao consumidor proteínas, minerais e ácidos graxos essenciais, ocasionando para o consumidor melhor qualidade de vida, quando se trata da saúde (KAWARAZUKA & BÉNÉ, 2011).

O Brasil apresenta o equivalente a 12% da água doce do planeta, e quando se trata de produção de pescado, seu clima é favorável, há terras disponíveis, mão-de-obra relativamente barata, crescente mercado interno e o país apresenta uma das maiores biodiversidades de espécies nativas de peixes para o cultivo (IBAMA, 2008; RESENDE et al., 2008). No entanto, sua taxa de produção não acompanha os países mais desenvolvidos.

Diante deste contexto se destaca o peixe-rei *Odontesthes bonariensis* (Cuvier & Valenciennes, 1835), que é uma espécie nativa, representante da família Atherinopsidae. As espécies do gênero *Odontesthes* são encontradas em ambientes marinhos, estuarinos e de água doce da América do Sul (WHITE, 1985).

Segundo Bemvenuti (1995), essa espécie é encontrada no estado do Rio Grande do Sul desde a Lagoa Itapeva, ao norte, até as Lagoas Mirim e Mangueira, ao sul. Além das características de sua carne, que atende a todas as exigências do mercado consumidor, porém o peixe-rei tem sido pouco estudado quando comparado a outros grupos de peixes como ciprinídeos, salmonídeos e ciclídeos (SOMOZA et al., 2008).

Uma das principais limitações para promover o rápido crescimento em criação deve-se a falta de conhecimento sobre as exigências nutricionais de larvas e juvenis de peixe-rei (GÓMEZ, 2012). De acordo com Gómez (2012), a maior parte da pesquisa prática desenvolvida com esta espécie tem sido focada em melhorias de criação e de técnicas para a obtenção de ovos de alta qualidade, mas, poucos estudos têm sido focados nas formulações alimentares alternativas, no desempenho de crescimento, fisiologia e nutrição, tanto de larvas quanto de juvenis.

O conhecimento precário sobre espécies nativas, principalmente em relação à gestão de confinamento, tem levado os produtores a escolher espécies exóticas. Como consequência, a aquicultura brasileira é considerada o principal vetor de dispersão de novas espécies em nossos rios e reservatórios.

Além disso, a falta de conhecimento essencial sobre as necessidades nutricionais do peixe-rei diminui a sobrevivência e piora as taxas de crescimento de larvas e dos juvenis em escala comercial.

Durante as últimas décadas a piscicultura sofreu várias transformações no Brasil, tornando-se uma das principais atividades do agronegócio no país, substituindo em parte, o peixe proveniente da pesca extrativa, conforme apontado por Firetti et al. (2007).

A determinação precisa das exigências de cada nutriente para as diferentes fases de vida dos peixes, hábitos alimentares e diferentes espécies, só é determinada através de estudos científicos, os quais possam comprovar a eficiência de uma determinada dieta.

Portanto, é necessário o uso de rações que atendam às exigências em energia, proteína e dos demais nutrientes, para garantir o desempenho adequado produtivo, higidez e retorno econômico. Os peixes necessitam de altos valores de proteínas em suas dietas, por sua vez a proteína é uma combinação de aminoácidos (WILSON, 2002).

A proteína ideal é uma mistura de proteínas ou aminoácidos com total disponibilidade de digestão e metabolismo, capaz de fornecer sem excessos nem deficiências as necessidades absolutas de todos os aminoácidos, de forma a atender a manutenção e produção, para promover a deposição protéica com máxima eficiência.

Nesse contexto, a nutrição se apresenta como ferramenta importante, sendo esta capaz de interagir na questão tecnológica, econômica, social e ecológica, sem as quais o setor de aquicultura não será sustentável ao longo da cadeia produtiva.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral:

Determinar através de uma dieta purificada as exigências nutricionais dos aminoácidos essenciais para alevinos de peixe-rei *Odontesthes bonariensis*.

2.2 Objetivos específicos:

Determinar a exigência dietética em lisina para o peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*), através de uma dieta purificada.

Determinar a partir da lisina os demais aminoácidos essenciais para o peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*), utilizando o conceito de proteína ideal.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Aquicultura

A aquicultura é a produção de organismos predominantemente aquáticos, em qualquer fase de desenvolvimento, desenvolvida em um espaço confinado e controlado. Pode ser desenvolvida em águas doces, estuarinas e salgadas, é uma atividade milenar e vem apresentando um crescimento mundial significativo nas últimas décadas, destacando-se como fonte principal de renda de pescadores para abastecimento das demandas futuras por este tipo de alimento.

Por ser uma prática tradicional de longa data, a aquicultura participa de várias culturas pelo mundo. Registros históricos evidenciam a técnica em documentos e manuscritos chineses datados a vários séculos, chegando a ser mencionado até em hierógrafos egípcios. Incluía-se nesse sistema, o armazenamento de diversas espécies de peixes mantidos acondicionados em ambientes propícios e por fim seu consumo pelas populações, sendo uma importante fonte alimentar.

Com o crescimento da atividade aquícola, houve um aumento na oferta de emprego nesta área, a qual ofereceu subsistência e renda para aproximadamente 54,8 milhões de pessoas no ano de 2010, sendo que 16,6 milhões trabalham diretamente com o cultivo de peixes (MUIR, 2013).

Segundo a FAO (2012), a aquicultura mundial deverá se manter como o setor de produção de crescimento mais rápido entre os animais utilizados na alimentação humana

na próxima década, o total de produção tanto de captura quanto de aquicultura vai ultrapassar o da carne bovina, suína e aves domésticas.

Produtos oriundos da pesca estão entre os alimentos mais negociados em todo o mundo, com os volumes de comércio atingindo altos valores em 2011 e espera-se que continue a aumentar, com os países em desenvolvimento, fazendo com que as exportações mundiais continuem crescendo (FAO, 2012).

Em 2012 a FAO apontou um significativo aumento mundial no consumo de pescado, na década de 1960 a média de peixe consumido por pessoa ao ano era de 9,9kg em 2009 passou para 18,9 kg em 2010.

O pescado é considerado, uma carne com propriedades benéficas a saúde humana, apresenta alto teor de proteínas, alta digestibilidade, minerais e ácidos graxos poliinsaturados que são essenciais. Em geral esses ácidos graxos tem o poder de proteger contra o desenvolvimento da doença, como cardiovasculares entre outras (ABEYWARDENA & PATTEN, 2011; MOZAFFARIAN et al., 2012).

Sendo assim as autoridades de saúde recomendam o aumento do consumo de peixes, devido a sua composição de ácidos graxos essenciais, dando ênfase no consumo do Ômega-3 (MIDTBO et al., 2013).

Com o aumento da demanda por proteína oriunda da carne de peixes, somente as capturas pesqueiras já não são suficientes (CASTELLO, 2007), no Brasil há alguns incentivos financeiros no setor da aquicultura, como por exemplo o plano safra no Ministério da pesca e aquicultura (MPA, 2011), que busca incentivar ainda mais o cultivo, além disto, tem se buscado novas espécies que tenham potencial para a piscicultura, que atendam as exigências do mercado consumidor e que sejam nativas.

O peixe-rei se destaca neste contexto, a alta qualidade de sua carne, que é muito apreciada pelos consumidores locais e estrangeiros, especialmente no Japão, onde há importantes avanços relacionados com a larvicultura e cultura da espécie, que resultaram na criação atual desta espécie em escala comercial. Porém, o baixo desenvolvimento da Atherinicultura no Brasil, deve-se principalmente a carência de estudos sobre as técnicas de cultivo desta espécie, e principalmente pela falta de estudos sobre suas exigências nutricionais. Na América do Sul o baixo desenvolvimento da piscicultura do peixe-rei está

vinculado ao contraste da criação bem sucedida de salmão no Chile, tilápias, carpas e truta arco-íris no Brasil (SOMOZA et al., 2008).

Nesse aspecto a aquicultura torna-se a principal responsável pela introdução de espécies não nativas de peixes de água doce no Brasil e no mundo (NAYLOR et al., 2000), sendo as espécies introduzidas consideradas importantes vetores de desequilíbrio dos ecossistemas. O uso de espécies nativas requer avaliações mais consistentes sobre sua viabilidade econômica, aceitabilidade de mercado consumidor e técnicas de conservação, entre outros estudos relacionados a estes aspectos.

Os primeiros registros de estudos relacionados à nutrição de peixes foram no ano de 1981. Segundo Castagnolli (2005), os cultivos iniciais de peixes utilizavam como alimento as sobras de culturas agrícolas, onde então surge a possibilidade de adaptar as rações utilizadas para aves e suínos. Porém as rações não possuíam um balanceamento adequado de nutrientes exigidos pelos peixes, assim o resultado não foi satisfatório. A distinção das diferentes rações para peixes ocorreu com o início do processo de extrusão das rações, surgindo uma ração para cada grupo de peixes e fase de criação.

Tendo em vista que, no ambiente natural o alimento consumido pelo peixe supre todas as suas exigências nutricionais, quando se trata do cultivo de peixes em confinamento, não dispões de alimentos em quantidade e de qualidade que atendam às exigências para o melhor desempenho produtivo e reprodutivo. Sendo assim, na produção de peixes é necessária uma dieta que atenda todas as suas exigências nutricionais em cada fase de vida.

Furuya (2010), afirma que a proteína é o principal componente visceral e estrutural do organismo animal, sendo necessário o suprimento exato desse nutriente, para atender às exigências de manutenção e produção. A unidade das proteínas são os aminoácidos, sendo de fundamental importância o equilíbrio exato na ração para assegurar o máximo crescimento dos animais. O autor esclarece ainda que o conceito de proteína ideal foi inicialmente definido por Mitchell em meados da década de 60 como sendo uma mistura de aminoácidos, cuja composição atende às exigências dos animais para os processos de manutenção e crescimento. A proteína ideal é de extrema importância quando se trata de uma alimentação adequada para peixes, pois é uma combinação perfeita em quantidade e qualidade de aminoácidos.

3.2 Caracterização da espécie peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*)

A família Atherinopsidae tem a capacidade de invadir e colonizar ambientes estuarinos e límnicos, desta maneira sugere-se que essa seja a provável origem das espécies de peixes-rei encontradas nas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul (BEMVENUTI, 1995). Segundo essa mesma autora, a espécie é encontrada no estado do Rio Grande do Sul desde a lagoa Itapeva, ao norte, até a Lagoa Mirim e Mangueira, ao sul.

Espécies do gênero *Odontesthes* são conhecidas popularmente como peixes-rei, e reconhecidas 20 espécies que se distribuem em ambientes marinhos, estuarinos e lacustres no Sul do Brasil, Uruguai e Argentina (SAMPAIO & PIEDRAS, 2010). Entre as espécies já descritas *O. bonariensis* é considerado como um importante recurso pesqueiro na região sul do Brasil e, ainda, com significativa importância recreativa (RODRIGUES & BENVENUT, 2011).

Os primeiros ensaios de piscicultura de peixe-rei foram em 1904 na Argentina, Tulián (1908; 1909; 1911), e Valentte (1910; 1913; 1914), estudaram o potencial da espécie para o cultivo, já na década de 40 os domínios das técnicas de fertilização e incubação dos ovos dessa espécie foram aperfeiçoadas por Ringuelet (1942), que, pensando no estado atual e nas perspectivas para o futuro da espécie denominou a criação de peixe-rei como Atherinicultura, que por sua vez se expandiu para vários países (SOMOZA et al., 2008). No Brasil o responsável pelos primeiros estudos sobre a biologia e ecologia da espécie foi Kleerekoper (1945).

Kleerekoper (1945), estudando a biologia e a ecologia do peixe-rei na Lagoa dos Quadros relata que, o peixe-rei de água doce tornou-se a espécie preferida para povoamentos e repovoamentos, devido as suas excelentes qualidades culinárias e pela relativa facilidade de criação artificial.

São peixes que variam de pequeno a médio porte, são ágeis e nadadores velozes, apresentando uma banda lateral prateada característica da espécie e uma carne muito saborosa, proporcionado assim à criação de um capítulo especial dentro da piscicultura, a Atherinicultura (BONETTO & CASTELLO, 1993). A Argentina é o berço da

Atherinicultura, porém essa técnica se expandiu para o Chile, Uruguai, Japão, Itália, Brasil, entre outros países que apresentam interesses comerciais e sociais nesta espécie (SOMOZA et al., 2008).

O peixe-rei é uma das principais espécies capturadas na pesca artesanal da Lagoa Mirim, se destacando pelo alto valor comercial, sendo que a época de captura é durante o inverno (BASAGLIA, 2008). Em um estudo sobre a pesca na Lagoa Mirim, Pieve et al. (2009), obteve relatos de pescadores que afirmam que hoje em dia há uma escassez muito grande dessa espécie na Lagoa.

Diante desse contexto, surge a hipótese de que o desaparecimento da espécie esteja vinculado com o grande esforço de pesca, além disso, o período de pesca na Lagoa é de maio a setembro, coincidindo com o seu período reprodutivo (BASAGLIA, 2008). O peixe-rei, que na Lagoa Mirim pode atingir 30 cm de comprimento, é um dos maiores símbolos do colapso da pesca artesanal desta região, já que a pescaria desta espécie era abundante desde os anos 80. Com a captura em declínio, segundo o diretor do IBAMA, Sandro Klippel, o caso do peixe-rei e o retrato mais fiel dos danos causados pela sobrepesca, “O colapso de uma espécie gera um grande esforço de pesca de outra” (PIEVE et al., 2009).

Segundo Sampaio & Piedras (2010), a preferência dos consumidores nos bares e restaurantes é por animais de pequeno porte, 10 a 15 cm de comprimento, que são servidos fritos como petiscos, já os maiores, que somam uma pequena parcela da comercialização, são destinados à venda de filés. Bemvenuti (2005), ressalta a importância dessa espécie na pesca artesanal e sua utilização na aquicultura, sugerindo um especial interesse pelo seu estudo biológico. De acordo com Piedras (1987), no sul do Brasil, essa espécie é cultivada em forma de larva e subsistência em pequenos açudes, reproduzindo com um ano de idade, desde que tenham atingido no mínimo um tamanho de 16 cm.

Estudos sobre as exigências nutricionais desta espécie são escassos e necessários para o desenvolvimento de uma dieta adequada, a qual possa contribuir para um melhor desempenho, assim como melhores taxas de crescimento (TOLEDO-CUEVAS et al., 2011). A busca por tecnologias de cultivo que possam fazer com que o peixe-rei seja uma espécie de cultivo em grande escala, começam a despertar estudos que

abrangem sua bioecologia, reprodução, alimentação, exigências nutricionais e até mesmo estudos relacionados com taxas de crescimentos através de análises de expressão gênica dos hormônios GH, IF1 e IGF2.

Buscando substituir a crescente invasão de espécies exóticas usadas na piscicultura regional, tem se procurado espécies nativas para o cultivo e, o peixe-rei se destaca neste aspecto devido às características que a espécie possui (MIRANDA & SOMOZA, 2001). No entanto são raros os estudos sobre técnicas de cultivo e exigências nutricionais dessa espécie.

3.3 Nutrição de peixes

Os peixes necessitam dos mesmos nutrientes exigidos pelos animais terrestres para o, crescimento, reprodução e demais funções fisiológicas, esses nutrientes podem ser obtidos através da alimentação em ambiente natural e/ou de uma dieta preparada para o animal (LOVELL, 1991). Quando mantidos em confinamento os peixes sofrem restrição do alimento natural, portanto eles acabam por necessitar de uma dieta nutricionalmente completa, a qual supra ao menos as suas necessidades básicas, para que apresente otimização no seu crescimento.

Diante da estagnação da quantidade de pescado proveniente da captura, nos últimos anos, a aquicultura vem assumindo a responsabilidade de suprir a demanda por produtos aquícolas, porém, essa demanda somente poderá ser atendida se a aquicultura for encarada como uma atividade empresarial, o que resultará em uma intensificação na produção (TEIXEIRA et al., 2008), sendo necessário, a diversificação de espécies cultiváveis, através do desenvolvimento de tecnologias adequadas. Segundo o NRC (2011), nos últimos anos houve um aumento de mais de 100 espécies que podem ser utilizadas para o cultivo, no entanto o aumento mais expressivo foi de espécies utilizadas para o cultivo no setor marinho.

Informações quantitativas sobre as exigências de proteínas, ácidos graxos essenciais, vitaminas, minerais, energia e digestibilidade dos ingredientes, são necessárias para elaborar dietas para cada grupo de peixes e/ou espécie específica (GATLIN III, 1996), resultando em uma maior produtividade, economicidade dos sistemas

de produção e aproveitamento eficiente dos nutrientes das dietas (PORTZ et al., 2000).

Nas dietas balanceadas, o principal nutriente para crescimento e desenvolvimento dos peixes e também o exigido em maiores concentrações, é a proteína (ABMORAD & CASTELLANI, 2011). O requisito de proteína na dieta envolve dois componentes: a necessidade de aminoácidos essenciais, os quais não podem ser sintetizados a partir de outros aminoácidos e, que são fundamentais para a deposição de proteínas e produção de diversos compostos com funções metabólicas; e o suprimento dos aminoácidos não essenciais ou de nitrogênio, suficiente para que estes possam ser sintetizados pelo peixe.

A exigência protéica é quantitativamente maior que a energética, devido ao menor dispêndio de energia para locomoção, excreção nitrogenada e incremento calórico. Em contrapartida os peixes possuem maior capacidade de utilização de energia a partir do catabolismo de proteínas em relação aos carboidratos, os quais têm aproveitamento diferenciado de acordo com o hábito alimentar da espécie, sendo, menor para os peixes carnívoros e maior para os onívoros (NRC, 1993).

Por serem animais pecilotérmicos, os peixes não necessitam gastar energia para manutenção de sua temperatura corporal (CYRINO et al., 2010). Quando há falta de energia na dieta os peixes podem utilizar a proteína como fonte de energia, porém, sua utilização como fonte de energia custa “caro” para o metabolismo do peixe e para o piscicultor.

Portanto o sucesso para a produção de rações com esse perfil depende, inicialmente, do aprofundamento dos conhecimentos sobre as espécies produzidas, além, de manejo alimentar adequado, conhecimento prévio das exigências nutricionais, principalmente quanto ao perfil de aminoácidos, alta digestibilidade dos seus nutrientes (baixo potencial poluidor), que, fundamentalmente, estejam disponíveis em grande quantidade para a indústria a um custo compatível com os sistemas de produção (TEIXEIRA et al., 2008).

As fontes protéicas de origem vegetal, normalmente apresentam menor digestibilidade, são deficientes em metionina e lisina, e podem apresentar alguns fatores antinutricionais. O farelo de soja é o ingrediente mais estudado como fonte protéica vegetal para peixes, que contém 44,8 a 50% de proteína e somente 0,6 a 0,7% de fósforo (BUTOLO, 2002; NRC, 1993). Alguns pesquisadores alertam pelo fato das proteínas

vegetais possuem menores quantidades de lisina, metionina, treonina e triptofano quando comparados às fontes proteicas de origem animal. Além das baixas concentrações destes aminoácidos, farelos de origem vegetal precisam sofrer bom processamento para destruição dos fatores antinutricionais, que podem prejudicar o desempenho dos peixes (WEBSTER et al., 1995).

Para que haja uma diminuição da poluição em produções de pescado é necessário desenvolver rações de alta densidade nutricional, alta digestibilidade, grande palatabilidade e, finalmente, que tenham como base para formulação, as exigências nutricionais para a espécie e fase de criação a ser alimentada, reduzindo-se ao mínimo os resíduos provenientes do desperdício de ração e da excreção elevada de fósforo e nitrogênio pelos peixes (COLT & MONTGOMERY, 1991; WATANABE et al., 1991; DIANA et al., 1997).

Quando se trata da elaboração de dietas comerciais para sistemas de cultivo de grande escala, são importantes as informações quantitativas sobre as exigências de cada nutriente para a espécie ou grupo em questão, podendo a partir dessas informações, produzir uma ração balanceada, que supra todas as necessitadas dos peixes, dando subsidio para melhores taxas de desempenho e evitando o desperdício (GATLIN III, 1996). Além disso, os alimentos disponibilizados em ambiente natural suprem perfeitamente as exigências nutricionais dos peixes, portanto quando se tem a pretensão de formular uma dieta completa para uma dada espécie, o primeiro passo é investigar qual é o alimento consumido pela espécie no seu ambiente de origem.

Desta forma desvendando o habito alimentar da espécie, se tem subsídios suficientes para começar a realização de estudos relacionados com sua nutrição, fazendo com que exigências nutricionais sejam adequadamente atendidas, considerando-se as diferenças entre as espécies (JOBLING et al., 2001).

3.4 Exigência de aminoácidos

Os peixes assim como a maioria dos animais monogástricos, necessitam dos mesmos dez aminoácidos essenciais, os quais são obtidos pelo consumo de proteínas que, quando hidrolisadas, liberam os aminoácidos que serão absorvidos do trato intestinal

e distribuídos pelo fluxo sanguíneo a todos os órgãos e tecidos (WILSON, 2002).

Os aminoácidos essenciais são aqueles imprescindíveis para o bom crescimento, sendo que os peixes não são capazes de sintetizar em quantidade suficiente para suprir suas necessidades, precisando recebê-los através da alimentação. São eles: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina. As exigências de aminoácidos essenciais já foram determinadas para algumas espécies, que estão expressas nas tabelas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

Tabela 1: Exigência de Arginina para algumas espécies de peixes.

Espécie	Arginina na dieta (%)	Arginina PB (%)	Referencias
Salmão do Atlântico (<i>Salmo salar</i>)	2,0	4,8	Berge, et al., (1997)
Sea bream (<i>Sparus macrocephalus</i>)	2,8	7,7	Lall, et al., (1994)
Bagre do canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	1,0	4,3	Zhou, et al., (2010)
Salmão Chinook (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	2,4	6,0	Klein e Halver, (1970)
Salmão prateado (<i>Oncorhynchus kisutch</i>)	2,2 – 2,5	4,9 – 5,5	Luzzana, et al., (1998)
Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	1,7	4,3	Nose, (1979)
Carpa Indiana (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	1,8	4,0	Ahmed e Khan, (2004)
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	1,2	4,2	Santiago e Lovell, (1988)
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	1,4	3,5	Chiu, et al., (1988)
	1,6	4,0	Fournier, et al., (2003)
	1,4	4,2 – 4,0	Cho, et al., (1992); Kim, et al., (1992)

Valores de exigência de arginina total na dieta (%) e total na proteína bruta (PB).

Tabela 2: Exigência de Histidina para algumas espécies de peixes.

Espécie	Histidina na dieta (%)	Histidina PB (%)	Referencias
Bagre do canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	0,4	1,5	Wilson, et al., (1980)
Salmão Chinook (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	0,7	1,8	Klein e Halver (1970)
Salmão prateado (<i>Oncorhynchus kisutch</i>)	0,7	1,6	Klein e Halver (1970)
Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	0,8	1,6	Nose, (1979)
Carpa Indiana (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	0,9	2,1	Ahmed e Khan (2005)
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	1,0	1,7	Santiago e Lovell, (1988)
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0,5 – 0,6	1,0 – 1,2	Rodehutschord, et al., (1997)

Valores de exigência de histidina total na dieta (%) e total na proteína bruta (PB).

Tabela 3: Exigência de Isoleucina para algumas espécies de peixes.

Espécie	Isoleucina na dieta(%)	Isoleucina na PB(%)	Referencias
Bagre do canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	0,6	2,6	Wilson, et al., (1980)
Salmão Chinook (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	1,0	2,6	Chance, et al., (1964)
Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	1,0	2,5	Nose, (1979)
Carpa Indiana (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	1,3	3,2	Ahmed e Khan (2006)
Carpa (<i>Labeo rohita</i>)	1,5	3,8	Khan e Abidi, (2007)
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	1,8	3,1	Santiago e Lovell, (1988)
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0,7	1,5	Rodehutschord, et al., (1997)

Valores de exigência de Metionina total na dieta (%) e total na proteína bruta (PB).

Tabela 4: Exigência de Leucina para algumas espécies de peixes.

Espécie	Leucina na Dieta (%)	Leucina na PB (%)	Referencias
Bagre do Canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	0,8	3,5	Wilson et al. (1980)
Salmão chinook (<i>Oncorhynchus ishawytscha</i>)	1,6	3,9	Chance et al. (1964)
Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	1,3	3,3	Nose (1979)
Carpa (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	1,5	3,9	Ahmed & Khan (2006)
Carpa (<i>Labeo rohita</i>)	1,5 – 1,6	3,8 – 3,9	Abidi & Khan (2007)
Tilapia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	1,5 – 1,6	3,8 – 3,9	Santiago & Lovell (1988)
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	1,1 - 1,4	2,3 – 2,9	Rodehutschord et al. (1997)

Valores de exigência de leucina na dieta (%) e total na proteína bruta.

Tabela 5: Exigência de Metionina para algumas espécies de peixes.

Espécie	Metionina na dieta (%)	Metionina na PB (%)	Referencias
Salmão do Atlântico (<i>Salmo salar</i>)	0,7	1,7	Espe, et al., (2008)
Asian sea bass (<i>Lates calcarifer</i>)	1,0	2,2	Coloso, et al., (1999)
Bagre do canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	0,6	2,3	Harding, et al., (1977)
Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	0,8	2,0	Nose, (1979)

Carpa Indiana (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	1,0 – 1,2	2,0 – 3,0	Ahmed, et al., (2003)
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	0,8	2,7	Santiago & Lovell (1988)
	1,1	2,1	Furuya, et al., (2001)
	0,85	2,8	Nguyen & Davis (2009)
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0,8	1,9	Cowey, et al.,(1992)
	0,5	1,5	Kim, et al., (1992)
	0,4 – 0,9	0,7 – 1,9	Rodehutsord, et al., (1995)

Valores de exigência de Metionina na dieta para algumas espécies de peixes, em total na dieta (%) e total na proteína bruta (PB).

Tabela 6: Exigência de Fenilalanina para algumas espécies de peixes.

Espécie	Fenilalanina na dieta (%)	Fenilalanina na PB (%)	Referencias
Bagre do canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	0,5	2,1	Robinson, et al., (1980)
Salmão Chinook (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	1,7	4,4	Chance, et al., (1964)
Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	1,3 – 2,5	3,3 – 6,5	Nose, (1979)
Carpa (<i>Labeo rohita</i>)	1,2	2,9 – 3,1	Khan e Abidi, (2007)
Carpa Indiana (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	1,3	3,3	Ahmed, (2009)
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	1,1	3,8	Santiago e Lovell, (1988)
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0,7	2,0	Kim, (1993)

Valores de exigência de Fenilalanina na dieta para algumas espécies de peixes, em total na dieta (%) e total na proteína bruta (PB).

Tabela 7: Exigência de Treonina para algumas espécies de peixes.

Espécie	Treonina na Dieta (%)	Treonina na PB (%)	Referencias
Salmão do Atlântico (<i>Salmo salar</i>)	1,1	2,6	Bodin, et al., (2008)
Bagre do canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	0,5	2,2	Wilson, et al., (1978)
Carpa comum (<i>Cyprinius carpio</i>)	1,5	3,9	Nose, (1979)
Carpa Indiana (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	1,8	4,5	Ahmed, et al., (2004)
Carpa (<i>Labeo rohita</i>)	1,5 – 1,7	3,8 – 4,2	Abidi e Khan, (2008)
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	1,1	3,8	Santiago e Lovel, (1988)
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0,8	2,3	Boren e Gatlin, (1995)

Valores de exigência de Treonina na dieta para algumas espécies de peixes, em total na dieta (%) e total na proteína bruta (PB).

Tabela 8: Exigência de Triptofano para algumas espécies de peixes.

Espécie	Triptofano na Dieta (%)	Triptofano na PB (%)	Referencias
Bagre do canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	0,1	0,5	Wilson, et al., (1978)
Carpa comum (<i>Cyprinius carpio</i>)	0,3	0,8	Nose, (1979)
Carpa Indiana (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	0,4	1,0	Ahmed e Khan, (2005)
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	0,28	1,0	Santiago e Lovell, (1988)
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0,2	0,6	Poston e Rumsey, (1983)
	0,3	0,4	Walton, et al.,

			(1986)
	0,3	0,9	Walton, et al., (1984)
	0,1 – 0,2	0,3 – 0,4	Rodehutscord, et al., (1997)

Valores de exigência de Triptofano na dieta para algumas espécies de peixes, em total na dieta (%) e total na proteína bruta (PB).

Tabela 9: Exigência de Valina para algumas espécies de peixes.

Espécie	Valina na dieta (%)	Valina na PB (%)	Referencias
Bagre do canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	0,7	3,0	Wilson, et al., (1980)
Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	1,4	3,6	Nose, (1979)
Carpa (<i>Labeo rohita</i>)	1,5	3,75	Abidi e Khan (2004)
Carpa Indiana (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	1,52	3,8	Ahmed e Khan (2006)
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	1,6	2,8	Santiago e Lovell, (1988)
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0,8 – 1,6	1,7 – 3,4	Rodehutscord, et al., (1997)

Valores de exigência de Valina na dieta para algumas espécies de peixes, em total na dieta (%) e total na proteína bruta (PB).

Os aminoácidos são de extrema necessidade aos peixes, por serem precursores de diversas reações metabólicas de neurotransmissores, hormonais, entre outras, certos aminoácidos podem ser responsáveis por uma proporção maior de exigências de manutenção do crescimento total do indivíduo, porque eles podem ser envolvidos em uma grande variedade de outras reações metabólicas junto à síntese de proteínas, ou estar sujeito a significativas perdas endógenas (NRC, 2011).

Para cada espécie utilizada no cultivo é importante o fornecimento de uma dieta balanceada para um melhor desempenho produtivo. Nessas dietas a proteína é o ingrediente mais importante para o crescimento dos peixes, sendo exigido em maior quantidade, tornando-se o ingrediente com maior valor econômico, fazendo com que

muitas vezes os gastos com a ração alcance até 70% na produção, no entanto os peixes não possuem exigência nutricional específica para a proteína, mas sim, por um adequado balanceamento de aminoácidos (BICUDO & CYRINO, 2009).

A deficiência ou a baixa disponibilidade dos aminoácidos essenciais levam à baixa utilização da proteína e, conseqüentemente ao menor crescimento e diminuição da eficiência alimentar dos peixes (BRANDÃO et al., 2009). No entanto há evidências que o uso excessivo de aminoácidos sintéticos nas dietas com baixo teor de proteína não garantem a mesma eficiência de utilização dos aminoácidos oriundos de proteína intacta (NRC, 1993; DABROWSKI & GUDERLEY, 2002). Sendo assim para ser considerada ideal, uma proteína ou combinação de proteínas não deve apresentar excesso ou deficiência de aminoácidos (PEZZATO et al., 2004).

Os primeiros estudos sobre as exigências de aminoácidos em peixes iniciaram na década de 50 (HALVER, 1958), com salmão chinook *Oncorhynchus tshawytscha*. Onde foram testadas dietas formuladas com base no perfil de aminoácidos do ovo de galinha, de ovas ou o saco vitelínico das larvas do próprio salmão; verificando as melhores taxas de crescimento e eficiência alimentar para os peixes alimentados com a dieta que continha o perfil de aminoácidos do ovo de galinha, o que resultou na determinação qualitativa da exigência em aminoácidos para o salmão chinook. Este estudo tornou-se o modelo básico para posteriores estudos na determinação das exigências de aminoácidos e proteína para diferentes espécies de peixes.

3.5 Nutrição do peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*)

Piedras & Pouey (2005), concluíram que a alimentação do peixe-rei *O. bonariensis* nas Lagoas Mirim e Mangueira, é constituída de insetos, moluscos e crustáceos, a partir destas observações, pode-se inferir que os principais itens alimentares nos dois locais estudados são constituídos de invertebrados, principalmente bentônicos. Ringuelet (1942), estudando sobre a ecologia alimentar do peixe-rei na Lagoa de Chascomús, na Argentina, constatou a preferência da espécie por crustáceos (copépodos e cladóceros).

Kleerekoper (1945), analisando a biologia e ecologia de populações de *O.*

bonariensis da lagoa dos Quadros no Rio Grande do Sul, afirma que quando adulto esses indivíduos possuem alimentação baseada em moluscos (Gastropoda, Hydrobiidae) e restos de peixes menores. Esses resultados corroboram com os de Rodrigues & Bemvenuti (2011), que em um estudo recente, observou a dieta de *O. bonariensis* na Lagoa Mirim e classificou a espécie como essencialmente carnívoro, ingerindo principalmente peixes, crustáceos e moluscos gastrópodes. Ainda segundo Rodrigues & Bemvenuti (2011), essa espécie apresenta estratégia alimentar oportunista, indicada principalmente pela diversidade de presas.

A exigência de proteína bruta para o peixe-rei foi determinada por Piedras et al. (2004a), que observou que 54% de proteína bruta e 3,400 kcal kg⁻¹ é o mais indicado para alevinos de *O. bonariensis*, resultando em maiores ganhos de peso médio. Este estudo verificou ainda, que a presença de no mínimo 50% de farinha de peixe na dieta para essa espécie é recomendável, outros estudos são necessários para que se possa determinar as exigências dos demais nutrientes para essa espécie.

A ciência da nutrição de peixes está longe de estabelecer um padrão geral de exigências nutricionais. Os hábitos alimentares e as dietas não só influenciam diretamente comportamento dos indivíduos, mas também sua integridade estrutural, saúde, funções fisiológicas, reprodução e crescimento, como também alteram as condições ambientais do sistema de produção – qualidade da água. A alimentação excessiva ou o uso de rações não balanceadas reduzem a absorção de nutrientes pelos peixes, o que pode resultar em excesso de matéria orgânica nos sistemas de produção (CYRINO et al., 2010).

A tendência atual de desenvolvimento da aquicultura é a intensificação dos sistemas de produção, especialmente da piscicultura interior em regiões tropicais. Sistemas de piscicultura intensivos de baixo impacto, ambientalmente corretos, altamente produtivos, sustentáveis e lucrativos, demandam a adoção de estratégias de produção bem pensadas e projetos responsáveis de manejo da emissão de efluentes.

3.6 Conceito de proteína ideal

Abmorad & Castellani (2011) relatam que Arai (1981), foi um dos primeiros a utilizar o conceito de proteína ideal para peixes, mostrando que a exigência de aminoácidos essenciais (AAE) poderia ser expressa na taxa ideal de um aminoácido em relação ao total de aminoácidos, incluindo cistina e tirosina do tecido animal.

Tendo em vista a dificuldade de realizar inúmeros experimentos com base na metodologia de dose-resposta para quantificar cada aminoácido essencial individualmente, nutricionistas desenvolveram a técnica do conceito de proteína ideal – relações ideais de aminoácidos como base para cálculo dos perfis de aminoácidos dietéticos – para solucionar este problema de determinação de exigências (WANG & FULLER, 1989; MOON & GATLIN III, 1991; CHUNG & BAKER, 1992; NRC, 1993; RUCHIMAT et al., 1997).

A proteína ideal pode ser definida com o balanceamento exato de aminoácidos, de forma a atender as exigências de todos os aminoácidos para manutenção e produção, através da proposta de que cada aminoácido essencial seja expresso em relação a um aminoácido de referência, a lisina. A quantidade de proteína e a exigência de lisina, ou seja, a quantidade de aminoácidos exigido para a formação da proteína ideal, pode variar significativamente entre as espécies peixes, principalmente quando essas apresentam diferentes hábitos alimentares (NRC, 2011).

O conceito de proteína ideal na formulação de rações experimentais tem sido bastante utilizado, onde mudanças nas concentrações dos níveis de lisina nas rações são acompanhadas de alterações proporcionais dos demais aminoácidos, ou, pelo menos, são mantidas relações mínimas destes aminoácidos com a lisina, para que não limitem a possibilidade de utilização de cada nível de lisina testado para o desempenho dos animais (VALÉRIO et al., 2003; BOISEN, 2003; ABREU et al., 2006).

Resumidamente, esse conceito define que existe uma combinação exata de aminoácido, que é completa perante a exigência do indivíduo, prontamente disponível na digestão e metabolismo dos alimentos, e que esta combinação pode ser idêntica à composição (perfil) dos aminoácidos no corpo do peixe e às exigências do animal para crescimento e manutenção das atividades metabólicas.

Para ser considerada ideal, uma proteína ou combinação de proteínas não deve apresentar excesso ou deficiência de aminoácidos (PEZZATO et al., 2004). Sendo assim a estimativa das exigências nutricionais de aminoácidos pode ser feita de forma simples e menos onerosa, utilizando-se o conceito de proteína ideal, mas para que isso ocorra é necessário que a quantidade de lisina seja determinada. As estimativas das exigências de aminoácidos são geralmente obtidas através de regressão linear, testando diferentes níveis do aminoácido referencia (NRC, 2011).

A Lisina é um aminoácido limitante e indispensável para o crescimento e função fisiológica normal dos animais, incluindo os peixes, que a possuem em elevados níveis no tecido muscular, sendo exigida em grande quantidade na ração. Esse aminoácido também é o mais limitante nos ingredientes utilizados nas rações comerciais, onde a farinha de peixe é substituída por ingredientes de origem vegetal (MAI et al., 2006), a lisina não é eficiente apenas em relação ao crescimento de peixe, mas também no aumento do rendimento de filé (FURUYA et al., 2006).

Além disso, a lisina é um aminoácido estritamente essencial, pois não apresenta nenhuma via de síntese endógena, ao contrário dos aminoácidos sulfurosos, possui metabolismo básico e único, orientado para deposição de proteína corporal. As análises laboratoriais para determinação dos seus níveis nos ingredientes, rações e tecidos são bastante precisas (MIYADA, 2001).

Segundo o NRC (1993), a exigência em lisina para peixes varia entre 5,0 a 6,8% da proteína dietética, sendo os valores mais altos normalmente relacionados a peixes carnívoros. As fontes de proteína utilizadas nas rações de peixes devem conter níveis adequados de lisina para cada espécie, caso contrário, esta deverá ser suplementada na dieta.

Níveis adequados de lisina melhoram consideravelmente a taxa de sobrevivência e crescimento dos peixes, além de prevenir mortes por erosões na nadadeira caudal e deformações nas nadadeiras dorsal, peitoral e ventral (HALVER, 1989; KEEMBIYEHETTY & GATLIN III, 1992). Na nutrição de peixes a determinação de exigência de lisina tem sido priorizada (BONFIM et al., 2010), também por ser o aminoácido de referência na aplicação do conceito de proteína ideal (ROLLIN et al., 2003).

O conhecimento sobre as exigências de aminoácidos ainda é escasso para muitas espécies de peixes, é comum que nas rações vendidas comercialmente haja um considerável desequilíbrio de nutrientes, principalmente no balanço de aminoácidos para algumas espécies. Este fator promove a utilização da proteína de uma forma ineficiente, pois esta será utilizada como fonte de energia, prejudicando o peixe e o piscicultor, por ser o ingrediente de maior custo metabólico e econômico da dieta, bem como o aumento dos poluentes orgânicos, pelo excesso das exceções nitrogenadas.

Portanto o desenvolvimento de rações de alto valor nutricional e que proporcionem vantagens econômicas na criação de peixes, depende de um número maior de estudos sobre as exigências de aminoácidos das inúmeras espécies cultivadas e das espécies que começam a despertar interesses para o cultivo.

A lisina está presente em elevada proporção no tecido muscular da tilápia-do-Nilo, sendo o aminoácido essencial presente em maior proporção, tanto no corpo como no filé (TEIXEIRA et al., 2008). A exigência média em lisina da tilápia é de aproximadamente 5,8% da proteína da ração (FURUYA et al., 2004; FURUYA et al., 2006; GONÇALVES et al., 2009; TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010) e sua suplementação garante aumento no ganho de peso, melhora na conversão alimentar, aumento na retenção de nitrogênio e redução no conteúdo de lipídios na carcaça.

Para algumas espécies a exigência de lisina já foi descoberta, sendo os primeiros estudos realizados para as espécies, de salmão chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) que foi de 2% da proteína, experimento realizado com dieta purificada por Halver et al., (1958). Nose (1979), determinou que para a carpa comum (*Cyprinus carpio*) a exigência de 2,2% de lisina na dieta. Esse mesmo autor no mesmo ano determinou para juvenis de *Japanese eel* que é um tipo de *Anguilla* japonesa o valor de 2% de lisina na dieta.

A Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) que é uma das espécies mais cultivadas no Brasil, embora seja uma espécie exótica, suas exigências nutricionais estão todas praticamente definidas nos dias de hoje, Santiago & Lovell (1988), determinaram a exigência dietética de 1,43% de lisina. Uns anos antes Jackson & Capper (1982), estudando outra espécie de Tilápia, conhecida como Tilápia Moçambicana (*Oreochromis mossambicus*), definiram a exigência de lisina dietética de 1,6%. Trabalhando com juvenis

de Sea Bream (*Sparus aurata*), Luquet & Sabaut (1974), averiguou o valor de 1,7% de lisina, através de dieta purificada.

4 Material e Métodos

4.1 Instalações

O experimento foi realizado no Laboratório de Ictiologia do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Ocorreu em um período de 60 dias, tendo início no dia 17 de julho e término do dia 17 de setembro de 2012. O experimento foi conduzido em 24 caixas de polipropileno com capacidade de 320 litros, abastecidos com 280 litros de água de um sistema de criação com recirculação (Fig. 1). A temperatura da água foi controlada através de aquecedores acoplados em cada sistema.

Além disso, um sistema de soprador de ar foi conectado a cada unidade para promover a oxigenação da água. O abastecimento foi através de um reservatório externo com água proveniente de um poço artesiano. Para manter o equilíbrio eletrolítico e como medida profilática, os peixes foram mantidos com salinidades entre 2 e 3%.



Figura 1: Sistema de caixas e unidades experimentais.

4.2 Unidades experimentais

Os peixes-rei (*O. bonariensis*) foram adquiridos através de coletas na Lagoa Mirim, com licença do ministério do meio ambiente (MMA N° 22784-1), os alevinos para a realização do experimento foram obtidos através da extrusão de ovos e de sêmen dos peixes coletados, os ovos já fertilizados foram encaminhados ao Laboratório de Ictiologia, onde foram mantidos em incubadoras até a eclosão. Após o nascimento foram mantidos em um sistema de caixas de água de 1000 litros (Fig. 2) com filtro biológico. Durante esse período os animais foram alimentados com zooplâncton e ração farelada (PIEDRAS, 2004b). Após os animais foram selecionados por peso, formando um grupo homogêneo de peixes com peso de $2,0 \pm 0,5$ g e, distribuídos de forma aleatória nas unidades experimentais. Foram utilizados 168 peixes, sendo que cada unidade experimental recebeu 7 animais.



Figura 2: Alevinos de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) estocados no laboratório do ictiologia para realização de experimento.

4.3 Qualidade físico-química da água

Os níveis de oxigênio dissolvido através de oxímetro (YSI-55) e temperatura foram monitorados diariamente e o pH através do phmetro (F-1002, Bernauer Aqüicultura), amônia, nitrato e nitrito, três vezes por semana, com auxílio de kits com produtos químicos próprios para cada análise e após medidos em um fotocolórimetro AT, seguindo a metodologia sugerida por APHA (1998).

4.4 Indicadores de desempenho

Os índices de desempenho foram calculados a partir dos registros do consumo total de alimento (g/peixe), análises de composição corporal e das dietas. Para a biometria inicial do experimento os peixes foram anestesiados com solução de benzocaína na concentração de 80mg/L (MORATO – FERNADES, 2010) (fig. 3).



Figura 3: Peixes sendo anestesiados para biométrie.

Para os cálculos foram tomadas as medidas biométricas dos peixes de peso inicial e final, comprimento total inicial e final (fig. 4).



Figura 4: Obtenção das relações biométricas, após anestesia.

Foram calculados o ganho de peso (GP) ($\text{peso}_{\text{final}} - \text{peso}_{\text{inicial}}$), o consumo diário em g [Quantidade de ração consumida durante o experimento / dias], a taxa de crescimento específico [TCE= $100 \times (\ln \text{ peso médio peixe}_{\text{final}} - \ln \text{ peso médio peixe}_{\text{inicial}}) / \text{dias}$],

Sobrevivência, SOB (%) = (número inicial de peixes – número de peixes mortos/número inicial de peixes) X 100.

4.5 Dietas experimentais

Foram formuladas seis dietas purificadas (Tab. 10) a base de albumina e gelatina, estas foram isoprotéica e isocalórica, variando somente as concentrações de lisina (1,1; 1,4; 1,7; 2,0; 2,3 e 2,6%).

Tabela 10: Composição da dieta testada no experimento

Ingredientes	Quantidades (%)
Dextrina	27
Albumina	25
Premix Aminoácidos ¹	25
Óleo de Fígado de Bacalhau	7
Celulose	4
Carboximetil-Celulose	3
Fosfato bicalcítico	3
Gelatina	2
Premix Micromineral ²	2
Metionina	1
Sal comum	1
L-lisina ³	Variável

¹ Composição correspondente ao perfil de aminoácidos da albumina (%): lisina 0, arginina 6,46, histidina 2,55, treonina 5,18, valina 6,57, leucina 9,21, isoleucina 5,88, metionina 3,36, cistina 2,50, fenilalanina 5,73, tirosina 4,40, triptofano 1,31, ácido aspártico 10,83, ácido glutâmico 14,09, serina 7,20, alanina 6,00, glicina 3,63, prolina 5,11.

² Composição (kg de premix): ácido fólico 250 mg, ácido pantotênico 5000 mg, biotina, 125 mg, cobalto 25 mg, cobre 2000 mg, colina 25000 mg, ferro 13820 mg, iodo 100 mg, manganês 3750 mg, niacina 5000 mg, selênio 75 mg, vitamina A 1000000 UI, vitamina B1 1250 mg, vitamina B12 3750 mg, vitamina B2 2500 mg, vitamina B6 1875 mg, vitamina C 42000 mg, vitamina D3 500000 UI, vitamina E 20000 UI, vitamina K3 500 mg, zinco, 17500 mg.

³ Níveis de inclusão de Lisina (%): 1,1, 1,4, 1,7, 2,0, 2,3 e 2,6, em substituição a celulose.

As exigências nutricionais foram calculadas (Tab. 11) com auxílio do software Super Crac®, o qual também foi utilizado, para a formulação da dieta.

Tabela 11: Valores nutricionais calculados na dieta

Valores Nutricionais na Dieta		
Nutriente	Quantidade	Unidade de medida
Proteína Bruta	45	%
Energia Digestível	3,100	Mcal/Kg
Cálcio	0,991	%
Fósforo Disponível	0,761	%
Fósforo Total	0,599	%
Magnésio	0,021	%
Metionina Total	2,555	%
Triptofano Total	0,617	%
Lisina Total	1,1	%

Valores nutricionais calculados para todas as dietas, tendo em vista, somente a mudança de porcentagem de Lisina nos tratamentos.

Os ingredientes albumina e gelatina contribuíram com a concentração mínima de lisina (1,1%). A albumina foi substituída por um complexo de aminoácidos formulado para conter o perfil de aminoácidos da albumina, considerado adequado para os peixes (WILSON 2002; SANTIAGO & LOVELL 1998), na proporção de 50%, sendo que as concentrações testes foram obtidas através da inclusão de lisina sintética, em substituição à celulose.

Como as dietas purificadas costumam ser pouco palatáveis, utilizou-se na formulação óleo de fígado de bacalhau, como é sugerido pelo NRC (1993). Além disso, o pH de todas as dietas foi ajustado a 7.0, com o uso de uma solução 6N de NaOH (NOSE et al., 1974), para evitar possíveis diferenças no consumo, causadas por variações na palatabilidade das dietas.

Os peixes foram aclimatados às condições experimentais durante sete dias, sendo alimentados com a dieta controle. Após o condicionamento, os alevinos foram alimentados com as dietas experimentais até a saciedade aparente quatro vezes ao dia

(8, 11, 14 e 17 h). As dietas foram formuladas a partir dos ingredientes secos e homogeneizadas, sendo posteriormente adicionado o óleo e a água. As misturas foram secas em estufa a 45 °C para evitar a degradação de alguma vitamina, posteriormente peletizadas e embaladas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-20°C) até utilização.

4.6 Composição corporal dos peixes

Os 7 peixes coletados de cada unidade experimental foram submetidos a eutanazia, com 200mg/L de Cloridrato de Benzocaína, após secos em estufa a 45 °C, triturados e homogeneizados antes de serem submetidos às análises.

As análises da composição corporal do peixe de aminoácidos foram realizada pelo Instituto SAMITEC (Instituto de soluções analíticas Microbiológicas e Tecnológicas Ltda.).

4.7 Cálculo da taxa de aminoácidos

Através da composição do perfil dos aminoácidos corporais do peixe-rei, pode-se estimar a taxa de aminoácidos essenciais (A/E), a qual é definida como a relação entre o conteúdo de cada aminoácido essencial e o total de aminoácidos essenciais corporais, incluindo cistina e tirosina, multiplicado por 1000 (GIRÃO, 2005). E para a exigência nos demais aminoácidos essenciais foi utilizada a seguinte fórmula (FAGBENRO, 2000):
Exigência no aminoácido X = exigência em lisina x (taxa de A/E total / 100)

4.8 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi totalmente casualizado, e contou com 6 tratamentos e 4 repetições, para isso os 7 animais foram distribuídos aleatoriamente em 24 caixas de polítileno. As análises estatísticas foram realizadas através dos programas estatísticos, Bioestat e S.A.S 9.0.

5 Resultados e Discussão

5.1 Parâmetros físico-químicos da água

Em relação à qualidade da água das unidades experimentais, nenhuma variável ambiental, sofreu variação significativa durante o período experimental.

Por meio de processos como alimentação, eliminação de dejetos e respiração, os peixes influenciam na qualidade da água do cultivo, analisar as variáveis de qualidade da água é uma prática importante não só para piscicultores, mas também para pesquisadores, tendo em vista que fatores como oxigênio dissolvido, temperatura, pH, excretas nitrogenadas, entre outras variáveis, influenciam diretamente no desenvolvimento e produtividades dos peixes (OLIVEIRA et al., 2010).

Assim como todos os outros animais, os peixes necessitam que o ambiente o qual forneça condições adequadas para que o indivíduo, além de sobreviver, possa se desenvolver saudavelmente, portanto, quando se trata da qualidade da água na produção de peixes, é de extrema importância que, os parâmetros físico-químicos da água se diferenciem de acordo com a espécie cultivada. No entanto, os parâmetros apresentados na tabela 3, estão todos entre os níveis adequados para criação de alevinos de peixe-rei (PIEDRAS et al., 2004a).

Uma das variáveis mais importantes no desenvolvimento dos peixes é a temperatura da água, pois todas as atividades fisiológicas dos peixes estão ligadas a ela

(SILVA et al., 2007), no presente estudo a temperatura manteve-se constante e ideal para a espécie, portanto não influenciou negativamente no crescimento dos peixes.

Os níveis de oxigênio dissolvido não baixaram de $6,8 \text{ mg L}^{-1}$, sendo ideais ao cultivo de peixe-rei. Baixos teores de oxigênio podem levar os peixes a altos níveis de estresse, podendo ter como consequência a diminuição do consumo de ração, assim o animal terá menor ganho de peso e, se o período de baixo teor de oxigênio for prolongado, pode levar os indivíduos à morte, e/ou influenciar negativamente nas reações nitrificantes, que são consideradas de alta toxicidade para os peixes (BOYD, 1990; SIPAÚBA-TAVARES, 1995; KUBITZA, 1999), Segundo Neill & Bryan (1991), de uma maneira geral, a maioria das espécies desenvolvem-se bem quando a concentração é igual ou superior a 5 mg/L de oxigênio dissolvido.

O valor mínimo de pH obtido neste estudo foi de 7,62, segundo alguns autores como, Proença & Bittencourt (1994), Sipaúba - Tavares (1995), Kubitza (2000), Silva et al. (2002), afirmam que os níveis de pH ideais para o melhor desenvolvimento dos peixes variam de 6,5 a 8,0, sendo que níveis acima de 11, são letais aos peixes.

Os níveis dos compostos nitrogenados nesse estudo estão de acordo com os considerados toleráveis para os peixes. Altos valores podem causar a morte em massa dos peixes, tanto na piscicultura, quanto em pesquisas, porém os valores encontrados no referido trabalho estão dentro dos limites aceitáveis pela espécie estudada. Os peixes apresentam tolerância aos diferentes compostos nitrogenados, porém a variação desses níveis é aceitável até uma determinada faixa, acima pode ser letal. A tolerância para o nitrito é de até $0,5 \text{ mg/L}$; para a amônia, entre $0,6$ e $2,0 \text{ mg/L}$ e para o nitrato é de $0,5 \text{ mg/L}$.

Segundo Baldisserotto (2004), quanto melhor o controle da qualidade da água, melhor será o rendimento da criação, pois para todas as fases de vida são necessários níveis ideais de determinados parâmetros, caso não estejam dentro da faixa considerada ótima, o peixe poderá até sobreviver, mas seu crescimento certamente será prejudicado.

5.2 Desempenho e exigência de lisina através de regressão

As variáveis de desempenho como peso final médio (PF) (Fig. 9), ganho de peso médio (GP) (Fig. 8), consumo de ração diário (Fig.5) e taxa de crescimento específico (TCE) (Fig. 7), e sobrevivência (Fig. 6). estão expressas em formas de regressões.

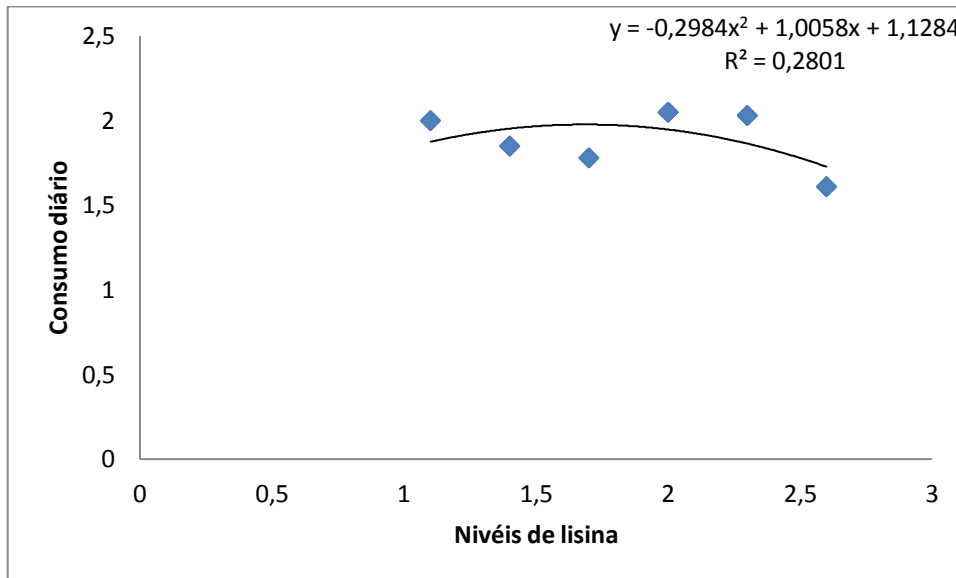


Figura 5: Regressão do consumo diário em relação aos níveis de lisina.

Quando calculado no ponto máximo da curva do consumo diário em relação aos diferentes níveis de lisina, observou-se que a taxa de 1,68 em relação a lisina, sendo compatível com o tratamento 3.

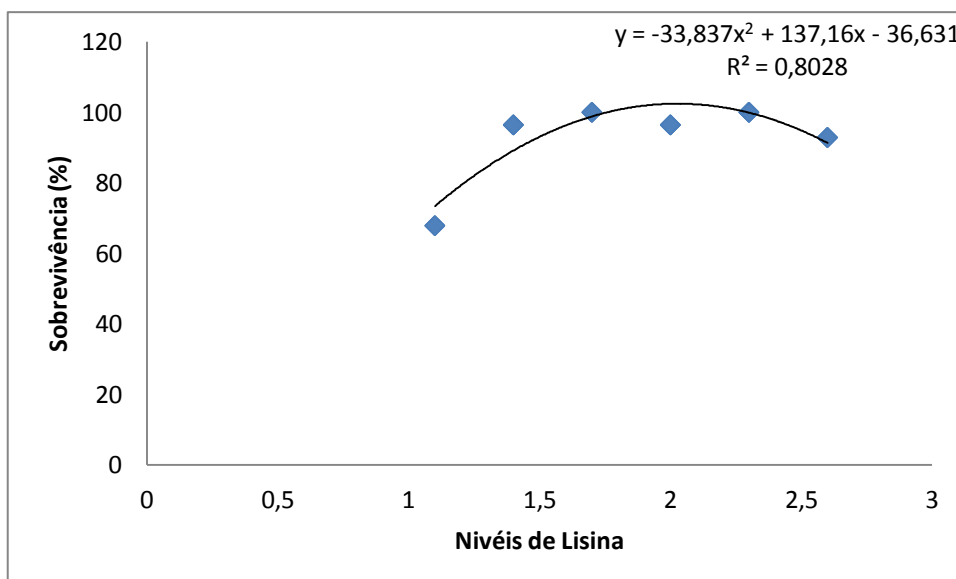


Figura 6: Regressão dos níveis de lisina comparados com a sobrevivência dos animais.

Foi observado através da fórmula da regressão que o ponto máximo da reta atingiu o nível de lisina de 2,02%.

Piedras & Pouey (2004b), estudando os efeitos da alimentação artificial e/ou natural em alevinos de peixe-rei *O. bonariensis*, observou maior índice de sobrevivência nos alevinos alimentados com 100% de alimentação natural (Zooplankton), porém observou que o tratamento onde os alevinos receberam alimentação natural e alimentação artificial (ração farelada), obtiveram maiores índices de desenvolvimento, tanto em peso quanto em comprimento, o índice de sobrevivência não diferiu estatisticamente do tratamento o qual os alevinos foram alimentados somente com alimento natural, quando comparamos com os resultados, com exceção do tratamento 1 (controle) deste estudo, os níveis de sobrevivência e os níveis de ganho de peso foram superiores, aos registrados por Piedras & Pouey (2004b).

Em outro trabalho, Piedras & Pouey (2005), analisaram diferentes níveis de proteína bruta e energia digestível no desempenho de alevinos de peixe-rei *O. bonariensis*, somente o tratamento 1 (controle) não apresentou maiores ganhos de peso do que o estudo de Piedras & Pouey (2005). Piedras et al. (2004c), analisando a suplementação de dois aminoácidos no crescimento e sobrevivência desta mesma espécie, constatou que em todos os tratamentos testados a sobrevivência foi inferior aos resultados deste trabalho, porém em relação ao ganho de peso os tratamentos 1, 2 e 6, obtiveram médias menores do que o estudo de Piedras et al. (2004c).

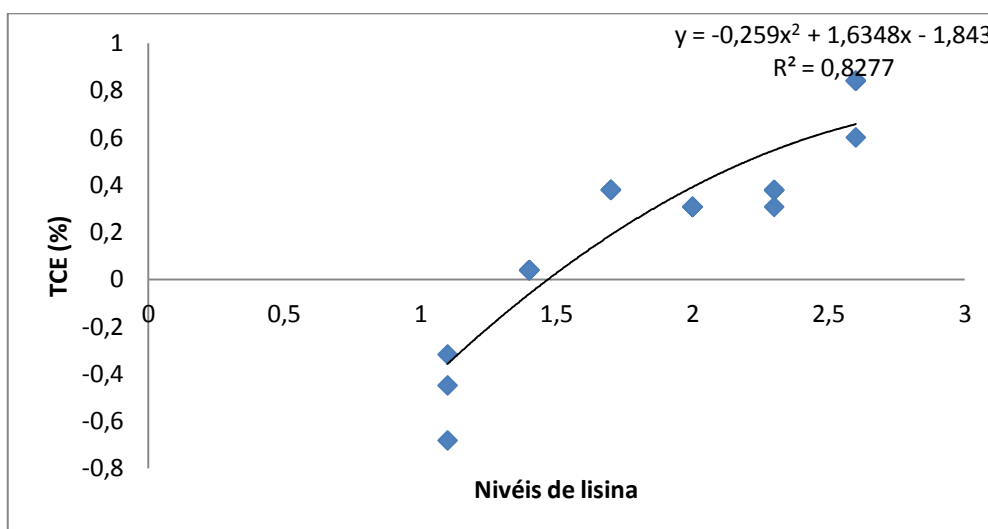


Figura 7: Taxa de crescimento específico em relação aos níveis de lisina.

Os maiores valores de TCE (taxa de crescimento específico) foi entre os tratamentos 3 e 5, sendo as piores taxas no tratamento 1 (-0,319) e no tratamento 6 (0,084), provavelmente o responsável pelos baixos índices seja a deficiência de lisina no tratamento 1 e o excesso no tratamento 6, indicando que níveis inadequados podem provocar baixo desenvolvimento.

Portelinha (2011), estudando a diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por diferentes fontes alternativas de proteína animal, sendo essas, farinha de sangue de boi, farinha de vísceras de aves e farinha de minhoca, no cultivo de alevinos de peixe-rei *O. bonariensis*, obteve melhores resultados na substituição de farinha de peixe por farinha de sangue, o ganho peso médio foi de $0,95 \pm 0,79g$, a TCE (Taxa de crescimento específico) de $0,51 \pm 0,38g$ e sobrevivência de $73,3 \pm 30,55\%$, sendo esses resultados inferiores ao do tratamento que demonstrou a melhor resposta neste estudo. Quando analisada a substituição por farinha de vísceras de aves e minhoca, o único tratamento deste estudo que obteve índices de ganho de peso e de sobrevivência menores foi o tratamento 1, no presente estudo. A taxa de crescimento específico se mostrou superior nos estudos com peixe-rei relatados acima, para a maioria dos tratamentos. Esta diferença pode ser explicada pela adição de aminoácidos sintéticos no presente estudo, o que pode ter diminuído sua absorção e conseqüentemente a digestibilidade da ração (BALDISSEROTTO, 2002).

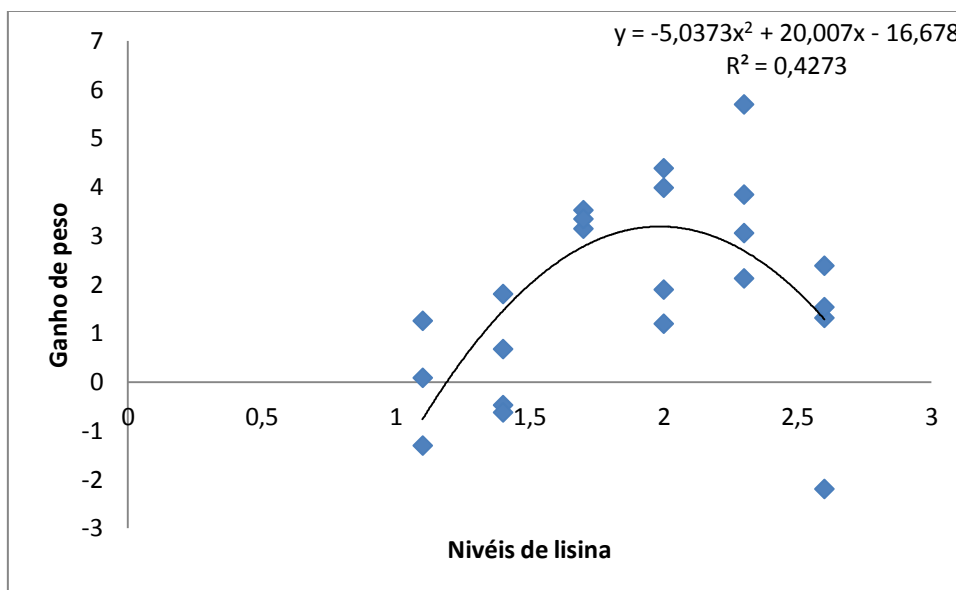


Figura 8: Regressão do ganho de peso comparado aos níveis de lisina.

Quando calculado o ponto máximo, o resultado foi de 1,98% de lisina, estando este muito próximo ao resultado anterior, demonstrando melhor ganho de peso no tratamento 4, onde a inclusão de lisina foi de 2%.

Nos tratamentos onde a quantidade de lisina se mostrou mais perto dos prováveis níveis de exigência da espécie 1,7, 2,0 e 2,3% da proteína bruta (tratamentos 3, 4 e 5), os resultados de ganho de peso foram superiores aos de Rocha (2012), analisou a exigência de fósforo para juvenis de peixe-rei *O. bonariensis*, utilizando como alimentação uma dieta purificada a base de albumina, observou melhor ganho de peso médio de $0,74 \pm 0,08$ g, enquanto o presente estudo foi de $3,69 \pm 0,7$ g.

Como se sabe, para ser considerada ideal, uma proteína ou combinação de proteínas não deve apresentar excesso ou deficiência de aminoácidos (PEZZATO et al., 2004). Através deste experimento que contou com a metodologia de dose-resposta, pode-se chegar à exigência de lisina para a espécie de peixe-rei *O. bonariensis*.

Para isso mudanças nas concentrações dos níveis de lisina nas rações foram acompanhadas de alterações proporcionais dos demais aminoácidos, ou, pelo menos, se mantiveram relações mínimas destes aminoácidos com a lisina, para que não limitassem a possibilidade de utilização de cada nível de lisina testado para o desempenho dos animais (VALÉRIO et al., 2003; BOISEN, 2003; ABREU et al., 2006).

Sendo assim a estimativa das exigências nutricionais de aminoácidos pode ser feita de forma simples e menos onerosa, utilizando-se o conceito de proteína ideal, mas para que isso ocorresse foi necessário que a quantidade de lisina fosse determinada. As estimativas das exigências de aminoácidos são geralmente obtidas através de regressão linear, testando diferentes níveis do aminoácido referência (NRC, 2011), o que se aplicou neste estudo.

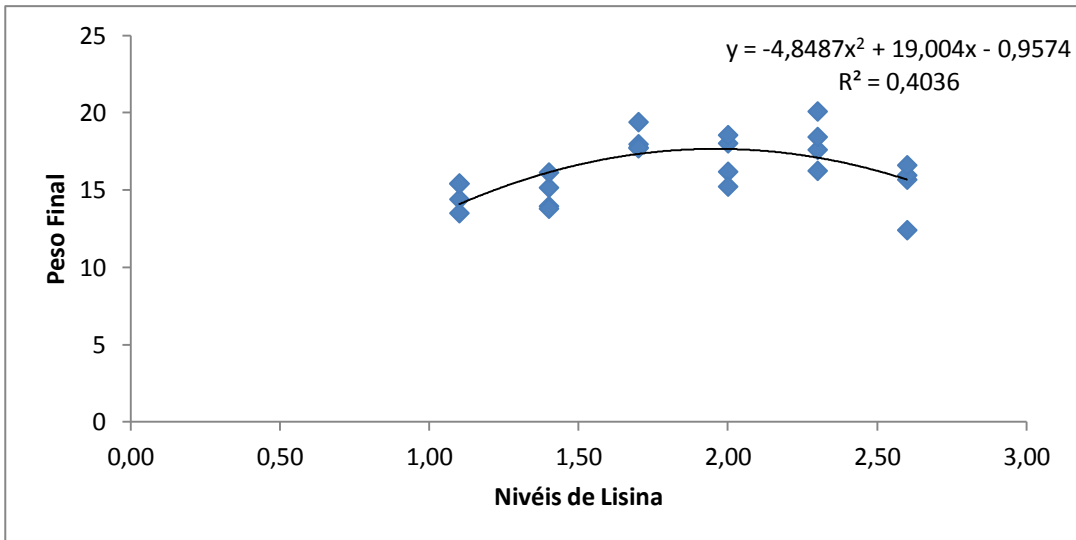


Figura 9: Regreção linear do peso final médio e os níveis de lisina utilizados nas dietas experimentais.

Com base na equação resultante da regressão (Fig. 9), onde os níveis de lisina foram relacionados com o peso total médio de cada tratamento, foi encontrado o ponto máximo da curva, sendo demonstrado que o melhor nível de lisina para a espécie de peixe-rei *O. bonariensis* foi de 1,95% na dieta. Em relação ao nível de sobrevivência foi de 2,02% e o ganho de peso de 1,98%, no entanto a maioria das variáveis de desempenho apontam para o tratamento 4 que equivale a 2% de lisina como o tratamento onde se obteve a melhor resposta.

Segundo um estudo realizado por Piedras et al. (2004c), com suplementação de lisina em alevinos de peixe-rei *O. bonariensis*, quando se trata de uma dieta pratica contendo, farinha de peixe, milho e soja, não há necessidade da suplementação de lisina, pois a quantidade deste aminoácido presente nesses ingredientes, já supre as necessidades nutricionais da espécie neste aspecto. Piedras et al. (2004c), recomendam níveis de inclusão de lisina entre 1,23 a 2,9% na dieta, resultados que corroboram com o valor encontrado no presente estudo.

A deficiência ou a baixa disponibilidade dos aminoácidos essenciais levam à baixa utilização da proteína e, conseqüentemente ao menor crescimento e diminuição da eficiência alimentar dos peixes (BRANDÃO et al., 2009). Por outro lado o excesso dos menos também pode prejudicar o desempenho dos animais (NRC, 1993; DABROWSKI &

GUDERLEY, 2002). Esses fatos corroboram com o que foi observado no estudo em questão, onde os tratamentos que havia falta ou excesso de lisina apresentaram menores taxas de ganho de peso.

Foster & Ogata (1998), constataram coloração diferente nos juvenis de linguado japonês *Paralichthys olivaceus* alimentados com dieta deficiente em lisina (1,1g) e Ketola (1983), observou que as trutas arco-íris *Onchorhynchus mykiss*, apresentavam erosões nas nadadeiras caudais.

No entanto esses fatos não foram registrados neste estudo, os alevinos de peixe-rei não apresentaram esses sinais, porém observou-se um maior índice de mortalidade e menor ganho de peso no tratamento 1, onde foi apresentado o menor nível de lisina (1,1%).

Estudos revelam que a lisina pode estar envolvida em vários processos fisiológicos como o crescimento, desenvolvimento, resposta a mudanças e estresse ambiental (FORNAZIER et al., 2003).

Segundo o NRC (1993), a exigência em lisina para peixes varia entre 5,0 a 6,8% da proteína bruta da dieta, sendo os valores mais altos normalmente relacionados a peixes carnívoros. Estando a exigência do peixe-rei *O. bonariensis* dentro dos valores citados para peixes no NRC.

Níveis adequados de lisina melhoram consideravelmente a taxa de sobrevivência e crescimento dos peixes, além de prevenir mortes por erosões na nadadeira caudal e deformações nas nadadeiras dorsal, peitoral e ventral (HALVER, 1989; KEEMBIYEHETTY & GATLIN III, 1992). No tratamento 1, que continha menor nível de lisina, obteve-se maior número de indivíduos mortos, sendo que no tratamento 6, que apresentou o maior nível de lisina chegando há 2,6% da proteína total, também houve a morte de alguns indivíduos e menor ganho de peso.

Halver et al. (1958), determinou através de dieta purificada a exigência de lisina de 2,0% na dieta para o salmão chinook *Oncorhynchus tshawytscha*. O “sea bass” *Dicentrarchus labrax* mantém sua exigência de lisina em 1,92% da dieta (TIBALDI & LANARI, 1991).

Kim (1997), reavaliando a exigência de proteína e de aminoácidos para a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), verificou que algumas variações nos resultados de exigência de aminoácidos entre as espécies de peixes são observadas nas publicações, como por exemplo, a exigência de lisina para a truta arco-íris (1,3 a 2,9% na dieta ou 3,71% a 6,1% na proteína da dieta) e para o Salmon chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) (2% a 5% da proteína). Quando se trata do Salmão do Atlântico (*Salmo salar*) a lisina varia de 2,0% (ANDERSON et al., 1993) a 2,2% (ESPE et al., 2007) na dieta.

As exigências de lisina para a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) continuaram a variar ao longo dos anos, conforme foram surgindo novos trabalhos sobre esse assunto, a quantidade mínima exigida de lisina está divulgada em 1,3% na dieta (KIM et al., 1992) e o valor máximo estipulado por Wang et al. (2010) de 2,1% na dieta, esses valores foram observados diante com vários estudos para essa espécie (WALTON et al., 1984; WALTON et al., 1986; RODEHUTSCORD et al., 2000; CHENG et al., 2003; ENCARNAÇÃO et al., 2004).

Apesar de serem espécies exóticas, as carpas são amplamente cultivadas no Brasil, tendo grande destaque na produção aquícola no Rio Grande do Sul (BALDISSEROTTO, 2009), muitas de suas exigências nutricionais já foram determinadas, a carpa comum (*Cyprinus carpio*), necessita 2,2% de lisina na dieta, já para a Carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) de 2,1% na dieta (WANG et al., 2005), e para a Carpa indiana (*Cirrhinus mrigala*) a exigência de lisina é de 2,3% (AHMED & KHAN, 2004).

Segundo o Ministerio da Aquicultura e Pesca, outra espécie que é bastante cultivada no sul do Brasil é a Tilápia, tendo mais destaque na região suldeste, a exigência de lisina de acorco com alguns autores para a Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) varia de 1,3% a 1,44% na dieta, já a quantidade de proteína bruta na ração para essa espécie varia de 5,1% a 5,7% (SANTIAGO & LOVEL et al., 1988; FURUYA et al., 2004; 2006).

Neste sentido, Furuya et al. (2012), estudando a exigência de lisina digestível para Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) observaram que o maior ganho de peso foi obtida com a inclusão de 15,96g/kg de lisina na dieta.

Outra espécie nativa do Brasil e encontrada em abundância nas pisciculturas da região sul do Rio Grande do Sul é o Jundiá, essa espécie é bastante criada em açudes como forma de lazer e subsistência. Essa espécie apresenta taxa de crescimento reduzida em meses frios (inverno/primavera), porém aguenta as baixas temperaturas do sul, demonstrando taxa de crescimento que mesmo reduzida é satisfatória (GARCIA et al., 2008). Montes-Girao & Fracalossi (2006), determinaram a quantidade de lisina ideal para o desenvolvimento desta espécie, que variou de 1,5% a 1,7% da dieta e de 4,5% a 5,1% da proteína bruta.

A determinação de exigência de lisina nas dietas para peixes tem sido priorizada (BONFIM et al., 2010), por ser o aminoácido de referência na aplicação do conceito de proteína ideal (ROLLIN et al., 2003).

A quantidade de lisina exigida para as várias espécies de peixe pode variar com a formulação da dieta, hábito alimentar, idade e tamanho do peixe, genética, manejo alimentar e sistema de cultivo.

5.3 Proteína ideal

A exigência em aminoácidos pelos peixes foi estabelecida apenas para algumas espécies, sendo que estudos relacionados a espécies nativas, ainda são raros. Quantificar as exigências nutricionais de algumas espécies é processo relativamente atrasado em relação ao crescimento da indústria de ração. Normalmente a necessidade de aminoácidos dos peixes é expressa em percentagem da dieta ou como percentagem da proteína.

A partir da determinação da exigência do aminoácido essencial, a lisina, e se conhece o padrão de aminoácidos essenciais da carcaça, a exigência dietética dos outros 9 aminoácidos essenciais pode ser expressa em relação à exigência de lisina, utilizando-se a relação ou taxa A/E (FAGBENRO, 2000).

De acordo com Teixeira et al. (2004), as dietas deveriam ser formuladas combinando fonte de proteínas e aminoácidos, assim proporcionando o perfeito balanço dos aminoácidos em porcentagem mínima de proteína bruta. Para isso, é fundamental o conhecimento das exigências de cada um, para cada espécie e fase da vida.

A determinação de aminoácidos essenciais e não essenciais do corpo do peixe-rei *O. bonariensis* (tab. 12), foi imprescindível para que as exigências dietética dos 10 aminoácidos essenciais fossem estabelecidas, e a partir desse resultado, obter a proteína ideal para a espécie (tab. 13).

Tabela 12: Composição do perfil de aminoácidos essenciais e não essenciais do corpo do peixe-rei *O. bonariensis*

Aminoácidos	Quantidade total de AA no corpo do peixe
Acido Aspártico	7,23
Acido Glutaminico	9,99
Serina	3,22
Glicina	6,62
Histidina	2,33
Arginina	4,71
Prolina	4,16
Tirosina	1,88
Valina	2,87
Metionina	3,63
Metionina + Cistina	3,8
Isoleucina	2,53
Leucina	5,07
Fenilalanina	2,81
Lisina	6,97
Treonina	2,83
Alanina	4,88

Valores expressos em porcentagens; AA (aminoácidos). SAMITEC, empresa a qual analisou o músculo do peixe.

O peixe-rei *O. bonariensis*, possui em sua composição corporal, entre aminoácidos essenciais e não essenciais, o equivalente a 75,5% de proteína bruta. Esse fato demonstra que a carne de peixe-rei, assim como de outros peixes é rica em proteínas.

Portelinha (2011), observou que quando substituída a farinha de peixe por farinha de sangue bovino, na dieta peixe-rei *O. bonariensis*, o maior nível de proteína bruta na composição corporal do peixe foi de 76%, em 25% de acréscimo de farinha de sangue. Resultado semelhante ao presente estudo.

Tanto na substituição de 50% ou 75% de farinha de peixe por farinha de vísceras de aves, resultou em 75% de proteína bruta corporal para a espécie. E substituindo a farinha

de peixe por 100% de farinha de minhoca o teor de proteína bruta do peixe-rei foi de 77% (PORTELINHA, 2011).

Rocha (2012), estudando diferentes níveis de fósforo em uma dieta semi-purificada para peixe-rei *O. bonariensis*, encontrou maior nível de proteína bruta corporal (59 %) na inclusão de 0,83% de fósforo, na dieta pratica o valor mais alto encontrado foi de 60%, em 1,90% de fósforo.

Portelinha (2011) e Rocha (2012) analisaram a composição corporal dos peixes antes de serem submetidos a experimentação e encontraram níveis de proteína bruta de 67% e 63%, respectivamente.

Rocha (2012), estudando exigência de fósforo para juvenis de jundiá *Rhandia quelen*, observou na composição corporal o teor de 63% de proteína bruta, quando o nível de fósforo foi de 0,27% em dieta semipurificada. Para essa mesma espécie, Radünz et al. (2002), trabalhando com inclusão de lipídios, constatou que o maior valor de proteína bruta foi encontrada nos peixes antes de serem submetidos as dietas experimentais (71,61% PB), conforme o aumento na inclusão de lipídios, foi o constatado a diminuição da proteína bruta corporal.

Rodrigues et al. (2010), verificou que a composição corporal de proteína bruta, não variou estatisticamente, quando acrescentado fibra bruta na dieta de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), a proteína variou de $48,83 \pm 1,20\%$ (7% fibra bruta) á $52,63 \pm 3,05\%$ (15% de fibra bruta).

Bomfim et al. (2005) trabalhando com proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de Curimatá (*Prochilodus affinis*), analisou o teor de 78% de proteína bruta, em quase todos os tratamentos testados.

Quando verificado os níveis de proteína bruta corporal para aTilapia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), em relação a suplementação de aminoácidos na dieta a maior deposição de proteína bruta de 65,21%, foi no tratamento que continha 26,74% de proteína bruta na dieta (RIGHETTI et al., 2011).

Santos et al. (2012), trabalhou com a composição corporal de duas linhagens de Tilapia-do-Nilo (*O. niloticus*) com diferentes tamanhos, tailandesa e comercial, para a

tilapia tailandesa o proteína bruta variou de 44,05% a 56,70% e para a comercial os valores variaram de 48,30% e 62,63%, portanto a tilapia comercial apresenta maiores teores de proteína bruta corporal.

Os peixes de um modo geral chamam a atenção dos consumidores, pelos valores nutritivos, ou seja, eles apresentam elevados níveis de proteína e baixos níveis de gordura, sendo esta gordura geralmente de cadeia poliinsaturada, assim, não traz tantos males a saúde humana, além disso o tempo de digestão da carne de pescado é bem menor comparado com outros tipos de fonte proteica animal. Esses fatos explicam os grandes incentivos promovidos pelas entidades governamentais para que a população consuma mais carne de peixe do que outros tipos de carnes, como, bovinas, suínas, caprinos e outras.

Portanto, pode-se afirmar que o peixe-rei *O. bonariensis* é rico em proteína bruta e, que, dependendo da dieta ofertada a essa espécie, esses valores podem aumentar ou até mesmo diminuir. Fica claro que a composição da dieta fornecida aos peixes influencia diretamente nos valores nutricionais da composição corporal.

Tabela 13: Exigência dietética de aminoácidos essenciais para o peixe-rei.

Aminoácidos Essenciais	Exigência na dieta (%)
Lisina	1,73
Histidina	0,60
Arginina	1,21
Valina	0,74
Metionina	0,93
Isoleucina	0,65
Lisina	1,79
Leucina	1,30
Fenilalanina	0,72
Treonina	0,73

Taxa A/E = (quantidade de cada aminoácido essencial corporal / total de aminoácidos essenciais) x 1000. Exigência no aminoácido essencial = exigência em lisina x (taxa A/E / 100). (Fagbenro, 2000)

Portelinha et al. (2010), encontrou o nível ideal de 0,15% de triptofano na dieta para para o peixe-rei *Odontesthes humensis*, por se tratar de uma espécie do mesmo gênero que a utilizada no estudo em questão, se supões que se a exigência do peixe-rei *O. bonariensis* deve apresentar valores parecidos.

As exigências dos 10 aminoácidos essenciais foram estabelecidas para apenas um número limitado de espécies de peixes cultivadas como Carpa Indiana *Cirrhinus mrigala*; Salmão do Atlântico, *Salmo salar*, carpa comum, *Cyprinus carpio*; carpa *Labeo rohita*; tilápia *Oreochromis spp*, Bagre do canal *Ictalurus punctatus*, Truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* e salmão do Pacífico, *Oncorhynchus spp*. (NRC 2011).

Além de contribuir para um perfil equilibrado de aminoácidos, alguns autores constataram ações reguladoras específicas para cada aminoácido individual (LI et al., 2009), cada aminoácido quando tratado particularmente, podem atuar na modulação das principais vias metabólicas, que são indispensáveis para a otimização do crescimento somático e função imunológicas em cada espécies de peixe cultivada (POHLENZ et al., 2012).

A deficiência de arginina pode aumentar depósito de proteínas do corpo, no entanto, arginina em excesso não tem sido utilizada para aumentar a síntese de proteínas (Ren et al., 2012). A deposição de aminoácidos essenciais no corpo inteiro de juvenis de garoupa e do Mar negro aumentou significativamente com a suplementação de arginina na dieta (LUO et al., 2007; ZHOU et al., 2010). O mecanismo fisiológico específico o qual a arginina provoca, os efeitos citados acima, incluindo o crescimento, nos peixes ainda não está bem esclarecido.

Porem, a suplementação de arginina demonstrou aumentar as concentrações plasmáticas de insulina e de alguns hormônios envolvidos ao crescimento, a melhoria do ganho de peso e a síntese de proteínas em vertebrados superiores (KIM et al., 2004; COLLIER et al., 2009). Embora esses estudos com peixes sejam mais escassos, efeitos semelhantes foram relatado para truta arco-íris (PLISETSKAYA et al., 1991.; MOMMSEN et al., 2001) salmão chinook, (PLISETSKAYA et al., 1991), carpa comum *Cyprinus carpio* (BAÑOS et al., 1997) e *Micropterus salmoides* (SINK & LOCHMANN, 2007).

Uma explicação para esses fatores fisiológicos, os quais a arginina está diretamente envolvida, é que esse aminoácido é o mais abundante transportador de azoto em proteínas do tecido e a sua participação em várias vias sintéticas (MORRIS, 2006; WU et al. 2009), incluindo a proteína (KIM et al., 2004; YAO et al., 2008) e síntese prolina (WU et al., 2009).

Para humanos, roedores, suínos e aves, já foi comprovado que a arginina é um importante imunonutriente (EVOY et al., 1998; LI et al., 2007; ROTH 2007; WU 2010). Porém estudos que confirme esse fato em peixes são escassos.

No entanto, o pacu *Piaractus mesopotamicus*, apresentou melhora limitada na relação de eficiência protéica (TESSER et al., 2005). Segundo Luo et al. (2004) a exigência de arginina nas dietas costuma ser de 3,3% a 6,8% da proteína na dieta.

Quando se trata da histidina, esta executa diversas funções essenciais na fisiologia animal, tem grande importância nos processos vitais e catalíticos em proteínas, é um precursor para outros produtos químicos bioativos e é uma molécula efetora. Por isso, a suplementação dietética de histidina torna-se necessário.

Em mamíferos, os níveis de oxidação nos rins e no fígado de ratos diminuiu com a administração de histidina (LEE et al., 2005). Histidina também se mostrou eficaz na inibição da oxidação de lipoproteína de baixa densidade no soro de bovino (DECKER et al., 2001).

Vught et al. (2008) observou que a administração de histidina promove maior secreção do hormônio de crescimento. Histidina atua também como antioxidante e na estabilização biológica das membranas (BOLDYREV & SEVERIN, 1990).

A proteína hemoglobina (Hb) é rica em histidina (SEBRELL & MCDANIEL, 1952). Assim, o requisito de histidina para haematopoesis é geralmente maior do que aquela necessária para o crescimento ideal.

A suplementação de histidina na dieta promove aumento no crescimento dos peixes, a deposição de proteína aumenta e digestão melhora, aumentando a capacidade de absorção, que pode ser, em parte, relacionada aos seus efeitos benéficos sobre intestino e hepatopâncreas de crescimento (ZHAO et al., 2012).

A capacidade de digestão e absorção, as quais dependem principalmente das atividades executadas pelas enzimas digestivas, desempenham um papel crucial na o crescimento de peixes (FOUNTOULAKI et al., 2005; HAKIM et al., 2006). As informação sobre as relações entre a histidina na dieta e as atividades de enzimas intestinais em peixes ainda não são bem determinadas.

Chen et al. (2009) observaram que a integridade estrutural e funcional do epitélio intestinal de células de carpa foram associados com a sua antioxidante. Lin & Zhou (2006), realizando estudos em laboratório, observaram que os antioxidantes da Jian carpa pode ser afetada pela glutamina. A histidina na dieta pode ter efeitos benéficos sobre o estado antioxidante do peixe, que tem de ser investigada (ERICKSON & HULTIN 1988; 1992). Os mesmos autores relatam que a histidina tem efeito na inibição de lipídios. No entanto, pouco se sabe ainda sobre a relação entre histidina e de defesa antioxidante em peixes.

A falta de histidina na dieta causa baixo desempenho no crescimento e pobre utilização de alimentos em carpa indiana (*Labeo rohita*) (MURTHY & VARGHESE 1995), o que foi observado também para o salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (BRECK et al., 2005), e também causa efeito negativo na taxa de eficiência protéica em peixes.

Tan et al. (2011), encontrou em seu trabalho resultados que indicam que as atividades enzimáticas intestinais em peixes podem ser afetadas pela histidina dietética. Son et al. (2005), relatou que a histidina pode ter efeito benéfico na inibição do estresse oxidativo, induzido pela inflamação epitelial intestinal das células humanas. Portanto, a histidina pode estar relacionada com o crescimento e desenvolvimento do pâncreas e do intestino de peixes.

Dos dez aminoácidos essenciais, a avaliação do requisito é de particular importância, pois juntamente com os outros dois de cadeia ramificada de aminoácidos atua como regulador de nutrientes da síntese de proteínas e a degradação da proteína. Está também envolvida na biossíntese e secreção de insulina (KIMBALL & JEFFERSON, 2006). Além disso, ela ajuda na produção de energia no corpo e foi encontrada para reduzir espasmos e tremores em animais (BRAVERMAN et al., 2003). É o primeiro limitador de ácidos de cadeia ramificada de carne e de ossos, bem como o primeiro limitador de aqueles aminoácidos que não estão disponíveis em e avanço de grau comercial (WANG et al., 1997).

As exigências dietéticas de isoleucina foram estimadas para peixes diferentes espécies, incluindo salmão chinook, *O. tshawytscha* (CHANCE et al., 1964), bagre do canal, *I. punctatus* (WILSON et al., 1980), Truta arco-íris, *O. mykiss* (OGINO, 1980), Mossambique tilápia, *O. mossambicus* (JAUNCEY et al., 1983). Carpa, *L. rohita* (MURTHY & VARGHESE, 1996), (KHAN & ABIDI, 2007), esturjão branco, *Acipenser*

transmontanus (NG & HUNG, 1995), vermelho pargo, *Pagrus major* (FORSTER & OGATA, 1998), Europeia robalo, *Dicentrarchus labrax*; giltthead dourada, *Sparus aurata*; pregado, *Psetta maxima* (KAUSHIK, 1998), salmão atlântico, *S. salar* (ROLLIN, 1999); Carpa, *C. mrigala* (BENAKAPPA & VARGHESE 2003; AHMED & KHAN, 2006) e carpa capim, *Ctenopharyngodon idella* (DI et al., 2009). Foi determinada a exigência dietética para alevinos *Catla catla* (3,42-3,58% de proteína dietética) de Isoleucina (ZEHRA & KHAN, 2013).

Já a leucina é um aminoácido importante no estímulo da síntese de proteína (LYNCH et al., 2002; YOSHIZAWA, 2004; CROZIER et al., 2005). Há alguns relatos sobre exigência de leucina, tais como robalo europeu (4,3% de proteína) (KAUSHIK et al., 1988) e solha japonesa (3,9% de proteína) (FORSTER & OGATA, 1998). Na dieta ideal exigência de corvina (*Pseudosciaena crocea*), foi estimado, para ser de 2,92% de matéria seca (6,79% da proteína dietética) por meio de análise de regressão quadrática (LI et al., 2010).

Choo et al. (1991), testou altos níveis de leucina para a truta ar-íris (*O. mykiss*), as dietas que continham níveis de até 6,5% (da proteína) de leucina, não afetou o ganho de peso ou a ingestão de alimentos, porém a concentração de proteína corporal tende a diminuir com o aumento da leucina na dieta. Além disso, peixes foram alimentados com dietas similares contendo 3,3, 6,2, 9,2 e 13,4% de leucina, apresentaram com o passar das semanas lesões graves, incluindo escoliose, deformações no operculo, deformidades corporais, espongiose das células da epiderme, poderam ser observadas em 20% dos peixes alimentados com dietas contendo 13,4% de leucina. Segundo o autor, essas lesões podem ser atribuídas a um efeito tóxico causado aos peixes, pelo excesso de leucina na dieta.

Em monogástricos e animais terrestres os aminoácidos, isoleucina, leucina e valina são conhecidas para produzir efeitos antagonistas, quando a proporção destes três aminoácidos em dietas é mal equilibrada (D'MELLO, 2003). Em peixes, no entanto, os antagonismos envolvendo esses aminoácidos, especialmente seus efeitos sobre o crescimento e a utilização de nutrientes, não foram completamente avaliados e os resultados obtidos até o momento têm mostrado algumas inconsistências (YAMAMOTO et al., 2004).

A metionina é um dos aminoácidos mais limitantes nas dietas para muitos peixes, especialmente nas dietas que contêm níveis mais elevados de fontes de proteína vegetal, como farelo de soja, farelo de amendoim (GOFF & GATLIN, 2004). Estudos tem demonstrado que em casos onde as dietas são formuladas a base de proteínas de origem vegetal é necessária a suplementação de metionina na dieta, o que acarreta em uma melhora significativa nas respostas de desempenho como, ganho de peso, e outras respostas relacionadas ao crescimento de muitas espécies de peixes (ALAM et al., 2001; MUKHOPADHYAY & RAY, 2001; TAKAGI et al., 2001; OPSTVEDT et al., 2003; LUO et al., 2005; MAI et al., 2006; ZHOU et al., 2006; YAN et al., 2007).

Esse aminoácido é essencial aos peixes, atua na síntese protéica e desempenha funções fisiológicas importantes, sendo essencial para o crescimento normal dos indivíduos (GRACIANO et al., 2010) uma vez que proporciona aos grupos metil reações de metilação, via S-adenosil metionina (SAM) (BENDER, 2003).

Segundo Piedras et al. (2004c), a suplementação de metionina em dietas à base de farinha de peixe, farelo de soja e milho, para alevinos de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) resultou em melhor desempenho e deve ser utilizada na concentração de 2,3 a 4,0% na dieta, resultado este que não corrobora com os encontrados neste estudo.

Furuya et al. (2004), trabalhando com tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), observou efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre o rendimento de carcaça, com aumento até o nível de 1,13% de metionina + cistina. O nível de 1,0% de metionina + cistina, correspondente a 3,54% da proteína bruta, contendo 0,54% de metionina na ração, mostrou melhor resultado no desempenho.

A suplementação de metionina e a redução de proteína bruta para tambaqui (*Colossoma macropomum*) reduz as excretas nitrogenadas na água e faz com que essa espécie mesmo diante da redução mantenha o mesmo desempenho, melhorando assim a qualidade da água e diminuindo os custos com a ração (BRANDÃO et al., 2009).

Nesse mesmo contexto, Araripe et al. (2011) no caso dos alevinos de tambatinga (peixe híbrido obtido de *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*), a redução da proteína de 40 para 28%, com a suplementação de aminoácidos, entre eles, a

metionina, não afetou o ganho de peso e ainda proporcionou menor teor de gordura muscular.

Os valores encontrados de Fenilalanina para o peixe-rei estão dentro dos especificados na tabela (6), onde o valor mínimo apresentado foi de 0,5% para o bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) e o máximo foi de 1,5 -2,5% para carpa comum (*Cyprinus carpio*) na dieta.

A fenilalanina é uma enzima dependente do ferro que catalisa a oxidação da mesma na presença de 6R-tetrahidrobiopterina (BH₄) utilizando oxigênio molecular como um substrato adicional (FITZPATRICK et al., 2003; STEVENTON et al., 2009). É essencial para o metabolismo dos aminoácidos aromático, e é também a enzima limitante para a irreversível oxidação do aminoácido essencial fenilalanina em tirosina (ZHOU et al., 2011).

Por ser um aminoácido essencial, não é produzido pelo organismo e deve ser adquirida através alimentação. Esse é, um aminoácido aromático e sua exigência é influenciada pelo nível de tirosina na dieta, podendo ser convertida em tirosina, tirosina no entanto não pode ser convertido de volta para a fenilalanina (KIM et al., 2012).

Esse fato faz com que alguns pesquisadores utilizem a técnica de substituição de fenilalanina por tirosina, para investigar o papel das tirosinas individuais nas atividades de regulação, uma estratégia de mutação de perda de função é frequentemente (HUSSAIN et al., 2013). A conversão de fenilalanina em tirosina acontece no fígado, assim, a adição de tirosina, para rações para peixes pode reduzir a exigência da fenilalanina. Pesquisas sobre adição de fenilalanina e tirosina para rações, seu potencial e influências sobre os animais aquáticos é atualmente limitada (LI et al., 2009).

Níveis dietéticos de fenilalanina e tirosina podem influenciar profundamente na pigmentação, alimentação, desenvolvimento, consumo, desempenho do crescimento, imunidade, e sobrevivência dos peixes no ambiente natural (LI et al., 2009).

Conseqüentemente, as necessidades dietéticas de fenilalanina e de tirosina nos peixe aumentam durante o metamorfismo (PINTO et al., 2008). Além disso, a administração oral desses aminoácidos nas carpa, bagre do canal e linguado, mostraram que há uma maior digestibilidade da proteína, aumenta a atividade da enzima digestiva,

retenção de nutrientes de crescimento, taxa de crescimento e, a eficiência alimentar nos peixes (GARG, 2007).

Esse aminoácido tem um grande impacto sobre o consumo, o crescimento, imunidade e sobrevivência dos peixes no ambiente natural (LI et al., 2009; PINTO et al., 2008). No entanto, há uma escassez muito grande de estudos que esclareçam os efeitos da suplementação fenilalanina no organismo dos peixes.

A Treonina desempenha um papel importante para as proteínas é usada na formação de colágeno e elastina, atua como agente lipotrófico impedindo o acúmulo de gordura no fígado, estimula o sistema imunológico e promove o crescimento e estimula a atividade do timo. Uma vez absorvida pelo tecido intestinal pode ser utilizada para a incorporação de proteína e conversão em outros aminoácidos (AHMED, 2007).

Bonfim et al. (2008), estudaram a adição de treonina em dietas para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e verificaram que o consumo de ração, o teor de proteína corporal e a deposição de proteína corporal aumentaram de forma linear de acordo com a relação treonina:lisina na ração, contudo, não foram influenciados pelo aumento da relação metionina + cistina:lisina da ração.

Os níveis de treonina total ou digestível que proporcionaram os melhores resultados de desempenho em alevinos de tilápia-do-nylo foram de 1,11 e 0,99%, enquanto os níveis que promoveram melhor deposição de proteína corporal foram de 1,43 e 1,28%. Constatou-se aumento linear sobre o ganho de peso, a conversão alimentar, a taxa de eficiência protéica, a retenção de nitrogênio, os pesos da carcaça e do filé e o teor de cinzas no filé (SILVA et al., 2006). A exigência de treonina para o peixe-rei foi estimada em 0,73% e 1,8%.

O triptofano além de pertencer ao grupo dos aminoácidos essenciais, é um dos menos abundantes na dieta. Por ser um precursor da serotonina, tem função anti-estressora. (LAPAGE et al., 2002).

Fagbenro & Nwanna (1999), afirmam que o catfish africano (*Clarias gariepinus*) que requer 1,1% de triptofano na dieta. Hseu et al. (2003), estudando *Epinephelus coioides*, concluem que dietas contendo 0,5% de triptofano proporcionam uma maior homogeneidade dos animais, diminuindo o canibalismo. Por outro lado, Saavedra et al.

(2009), observaram que a suplementação de triptofano na dieta de larvas de *Diplodus sargus* não preveniu o aparecimento de deformidades ósseas e reduziu o ganho de peso.

Gaylord et al. (2005), testaram níveis de 0,1 a 1,4% de triptofano na dieta de *Striped bass* híbridos (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) estimando níveis de 0,21 a 0,25% como ideais para melhorar o ganho de peso e sobrevivência.

Considerando a grande variação dos resultados registrados sobre a exigência de triptofano para as diversas espécies estudadas, verifica-se que a quantidade de triptofano presente na dieta de peixes é muito específica e, conforme registrado por Koutoku et al. (2003), a suplementação de triptofano deve ser estudada não somente em relação ao desempenho do animal, mas também em relação aos níveis de serotonina e redução do estresse, em espécies carnívoras ou muito sensíveis ao manejo.

A valina atua nas vias do metabolismo da absorção, sendo que o desequilíbrio em sua concentração na dieta pode interferir na absorção de outros aminoácidos e na formação protéica como um todo (PEZZATO et al., 2004). Trabalhando com Tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Guilherme et al. (2007), observaram que dietas a base de cabeças de camarão, sob a forma de farinha de silagem seca, apresentaram conteúdo de valina acima do requerimento mínimo necessário para a espécie.

Apesar de vários outros aminoácidos serem escassos neste subproduto da indústria, como lisina e metionina + cistina, a adição destes aminoácidos limitantes podem complementar a dieta. Utilizando lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), em experimento para determinação dos níveis necessários de aminoácidos essenciais na dieta, Abimorad & Castellani (2011), verificaram que a valina, junto com outros aminoácidos essenciais, como lisina, leucina e treonina, apresenta-se em maior concentração na musculatura do peixe, estando relacionada à formação muscular.

Segundo Dong et al. (2012), estudando carpa comum (*Cyprinus carpio*), a valina na dieta pode melhorar o crescimento dos peixes e o aumento de proteína corporal e composição lipídica e, ainda, aumentar a atividade de enzimas intestinais e hepatopancreáticas, bem como influenciar o equilíbrio da microflora intestinal de juvenis de carpa. Estes autores sugerem mais estudos para esclarecer os efeitos de valina no metabolismo de aminoácidos em peixes (DONG et al., 2012).

Recentemente, alguns estudos mostram que as atividades enzimáticas digestivas, podem melhorar com a suplementação de metionina (TANG et al., 2009), arginina (CHEN et al., 2012), valina (DONG et al., 2011), e histidina (ZHAO et al., 2012), em juvenis de carpas. Além do que, o aumento das atividades enzimáticas, resultam em aumento da síntese protéica (THOENEN et al., 1971), influenciando a expressão dos genes (CHANG et al., 1995).

Além disso, a expressão dos genes do aparelho digestivo podem ser relacionadas a fatores nutricionais dos peixes (ZHAO et al., 2012). Segundo Peres et al. (1998) e Wang et al. (2006) os níveis de proteína poderia melhorar o mRNA níveis de amilase e tripsina em robalo (*Dicentrarchus labrax*) e o bagre (*Pelteobagrus fulvidraco*), respectivamente.

Em um estudo com truta arco-íris (*Oncorhynchus myloticus*), Lansard et al. (2011) observou que os aminoácidos sozinhos ou em conjunto com a insulina são capazes de regular a expressão de vários genes envolvidos no metabolismo de carboidratos e lipídios. Esse autor observou que os aminoácidos isoladamente são capazes de estimular a expressão gênica que codifica as enzimas envolvidas na gluconeogénese, a glicólise.

A proteína ideal já esta determinada para um grande numero de espécies, sendo a maioria espécies exóticas, como salmão, trutas, carpas, tilapias, bragre do canal, entre outros. Para as espécies nativas esse tipo de estudo ainda não é bem explorado, o que acaba dificultando a elaboração de uma ração que otimize o crescimento dos indivíduos, tornando-os cultiváveis, sem que haja perdas financeiras nos cultivos. Todavia, para as espécies que a quantidade ideal de aminoácidos já estão descritas, formando uma proteína de alta qualidade, e estudos que relatem a importância, função fisiológica e desempenho dos peixes, para cada aminoácido isoladamente são escassos.

6 Conclusão

As exigências nutricionais de muitas espécies de peixes estão longe de serem todas determinadas e quando se trata de espécies nativas esses tipos de estudos são mais raros ainda. A determinação de exigências de aminoácidos são de extrema importância para o sucesso no cultivo de peixes, portanto, se definiu neste estudo as exigências dos principais aminoácidos para alevinos de peixe-rei *Odontesthes bonariensis*, sendo assim, a exigência de lisina sintética 1,95% na dieta, e através da análise corporea do peixe a exigência dos demais aminoácidos foi de 0,60% de histidina, 1,21% arginina, 0,74% de valina, 0,93% de metionina, 0,65% de isoleucina, 1,30% de leucina, 0,72% de fenilalanina, 1,79% de lisina e 0,73% de treonina.

7 Considerações Finais

As exigências nutricionais de muitas espécies de peixes, já foram definidas desde seus aspectos básicos, a exemplo da relação proteína/energia, até investigações com microingredientes, incluindo estudos sobre adição de aditivos na ração. No entanto, os estudos sobre as exigências nutricionais são realizados, em sua maioria, para as espécies exóticas, que acabam incentivando os piscicultores a produzirem espécies que podem oferecer riscos ambientais.

Porém, o Brasil apresenta um grande número de espécies nativas com grande potencial para piscicultura, mas que ainda não tem as suas exigências nutricionais básicas definidas.

O peixe-rei é uma das espécies nativas que atende as exigências do mercado consumidor e apresenta bom desempenho produtivo. Todavia, praticamente inexistem investigações quanto aos aspectos básicos da nutrição do peixe-rei. Diante deste contexto, o estudo apresentado neste documento, possui grande valia na construção de uma dieta balanceada para a espécie em questão, pois através do nível ideal de lisina encontrado, foi possível determinar as exigências dos demais aminoácidos necessários para a formação da proteína ideal aos alevinos da espécie.

No entanto, para produzir uma ração completa e ideal para o peixe-rei, é de extrema importância que estudos desta natureza continuem sendo realizados, especialmente, no que tange questões como a digestibilidade dos aminoácidos, palatabilidade das dietas, e aspectos de manejo adequado, como avaliação do crescimento sobre a densidade dos peixes.

Certamente, a determinação da proteína ideal para o peixe-rei, possibilitará a continuação de estudos importantes que, futuramente, permitam o cultivo desta importante espécie, em grande escala na região.

Além disso, a redução dos estoques naturais do peixe-rei na região torna ainda mais necessária, a construção do conhecimento sobre aspectos nutricionais desta espécie. Portanto, os resultados apresentados no presente estudo possuem uma contribuição, não só aos aspectos de produção, como também a sustentabilidade dos estoques disponíveis em seu ambiente natural.

8 Referências Bibliográficas

ABEYWARDENA, Y.M. & PATTEN, S.G. Role of 3 Longchain Polyunsaturated Fatty Acids in Reducing Cardio-Metabolic Risk Factors. **Endocrine, Metabolic & Immune Disorders-Drug Targets**, v. 11, n. 3, p. 232-246, 2011.

ABIMORAD, E.G. & CASTELLANI, D. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AMINOÁCIDOS PARA O LAMBARI-DO-RABOAMARELO BASEADAS NA COMPOSIÇÃO DA CARÇAÇA E DO MÚSCULO. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 1, p. 31 – 38, 2011.

ABREU, M.L.T.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; SILVA, F.C.O. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1039-1046, 2006.

AHMED, I. Dietary amino acid L-threonine requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch) estimated by growth and biochemical parameters. **Aquaculture Internacional**. v. 15, p. 337–350. 2007.

AHMED, I. & KHAN, M.A. Dietary lysine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture**, v. 235, n. 1, p. 499-511, 2004.

AHMED, I. & KHAN M.A. Dietary branched-chain amino acid valine, isoleucine and leucine requirements of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **British Journal of Nutrition**, v. 96, p. 50–460, 2006.

Alam, M.S., Teshima, S., Ishikawa, M., Koshio, S. & Yaniharto, D. Methionine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by the oxidation of radioactive methionine. *Aquaculture Nutrition*, v.7, p. 201–209, 2001.

ANDERSON, S.J; LALL, S.P; ANDERSON, D.M.; Mc GIVEN, M.A. Quantitative dietary lysine requirement of Atlantic Salmon, *Salmo salar*, fingerlings. **Journal of Fisheries Aquatic Science**, v.50, p.316-322, 1993.

ARAI, S.A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisitch*, fry. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.47, p.547-550, 1981.

ARARIPE, M.N.B.A., ARARIPE, H.G.A., LOPES, J.B., CASTRO, P.L., BRAGA, T.E.A., FERREIRA, A.H.C., ABREU, M.L.T. Redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos em rações para alevinos de tambatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1845-1850, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC**. 18.ed. Gaithersburg: 2005. 658p.

APHA – American Public Health Association. 1998. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. APHA, New York, USA, 824pp.

BALDISSEROTTO, B. 2002. **Fisiologia de peixes aplicada a piscicultura**. Editora da UFSM, Santa Maria, pág. 212.

BALDISSEROTTO, B. Freshwater fish culture in Rio Grande do Sul State: actual situation, problems and future perspectives. **Ciência Rural**, v. 39, p. 291-299, 2009.

BALDISSEROTTO, B, **Criação de jundiá**, Editora UFSM, Santa Maria-RS, 2004.

Baños N.; Moon T.W.; Castejón C.; Gutiérrez J.; Navarro I. Insulin and insulin-like growth factor-I (IGFI) binding in fish red muscle: regulation by high insulin levels. **Regulatory Peptides**, v. 68, p, 181–187, 1997.

BASAGLIA, T P. **Lagoa Mirim: caracterizacao da pesca artesanal e composicao da captura**. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia de Ambientes Aquáticos e Continentais, FURG, Rio Grande, 2008.

BÉNÉ, C.; LAWTON, R.; ALLISON, E.H. “Trade Matters in the Fight Against Poverty”: Narratives, Perceptions, and (Lack of) Evidence in the Case of Fish Trade in Africa. **World Development**, v. 38, n. 7, p. 933-954, 2010.

BENAKAPPA, S.; VARGHESE, T.J. Isoleucine, leucine and valine requirement of juvenile Indian major carp, *Cirrhinus cirrhosus* (Bloch, 1975). **ACTA ICHTHYOLOGIC A ET PISCATORIA**, v. 33, p.161–172, 2003.

BEMVENUTI, M. A. *Odontesthes mirinensis*, sp. n. um novo peixe-rei (Pisces, Atherinidae, Atherinopsinae) para o extremo Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 12, n. 4, p.881-903. 1995.

BEMVENUTI, M. A. Osteologia comparada entre as espécies de peixes-rei *Odontesthes Evermann & Kendall* (Osteichthyes, Atherinopsidae) do sistema lagunar Patos-Mirim, no extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n .2, p.293-305. 2005.

BICUDO, A.J.A. e CYRINO, J.E.P. Estimating amino acid requirement of Brazilian freshwater fish from muscle amino acid profile. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 40, p. 318-823 2009.

BOISEN, S. **ideal dietary amino acid profiles for pigs**. In: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003. p.157-168.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.T.A.; DONZELE, J.L.D.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F.B.; SOUZA, M. Níveis de lisina com base no conceito de proteína ideal em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.1, p.1-8, 2010.

BOMFIM, M.A.D., LANNA, E.A.T., DONZELE, J.L., QUADROS, M., RIBEIRO, F.B., ARAÚJO, W.A.G. 2008. Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, p, 2077-2084.

BONETTO, A.A.; CASTELLO, H.P. Pesca y Piscicultura em águas continentales de América Latina. *Scientia Agricola, Piracicaba*, v. 50, n.2, p.67-70, set. 1993.

BORGHETTI, N.R.B. **Aquicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo**. Curitiba: Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais - GIA. p.3–27.

BOYD, C.E. **Water quality in ponds for aquaculture, Alabama: Birmingham Publishing**. 485 p. 1990.

BOLDYREV, A.A. & SEVERIN, S.E. The histidine-containing dipeptides, carnosine and anserine: distribution, properties and biological significance. *Advances in Enzyme Regulation*, v. 30, p. 175–194, 1990.

BRANDÃO, L.V.; PEREIRA-FILHO, M.; GUIMARÃES, S.F.; FONSECA, F.A.L. Suplementação de metionina e/ou lisina em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818). *Acta Amazonica*, v. 39, n.3, p. 675 – 680, 2009.

BRAVERMAN, E.R.; PFEIFFER, C.C.; BLUM, K.; SMAYDA, R. **The healing nutrients within: facts, findings, and new research on amino acids**. Basic Health Publications, Inc. 2003.

BRECK, O.; BJERKAS, E.; CAMPBELL, P.; RHODES, J.D.; SANDERSON, J.; WAAGBØ, R. Histidine nutrition and genotype affect cataract development in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Disease*, v. 28, p. 357–371, 2005.

BUENTELLO, J.A.; REYES-BECERRIL, M.; ROMERO-GERALDO, M.J.; ASCENCIO-VALLE, F.J. (2007). **Effects of dietary arginine on hematological parameters and innate immune function**.

BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. 430p.

CARVALHO, B.G.; RANIERO, L.J.; MARTIN, A.A.; FAVERO, P.P. Phenylalanine< i> ab initio</i> models for the simulation of skin natural moisturizing factor. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 106, p. 73-79, 2013.

CASTELLO, J.P. 2007. Síntese sobre a sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*). In: Haimovici, M. (Org.), **A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: levantamento de dados e avaliação crítica**. Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, Brasília, p. 225-231. .

CASTAGNOLLI, N. **Nutrição de peixes e o desenvolvimento da aquicultura**. In: **Palestra I simpósio de nutrição e saúde de peixes**. 2005, Botucatu. **Anais**. Botucatu: Aqanutri, 2005, CD-ROM.

CHANG, H.R.; ARSENIJEVIC, D.; VLADOIANU, I.R.; GIRARDIER, L.; DULLOO, A.G. Fish oil enhances macrophage tumor necrosis factor-alpha mRNA expression at the transcriptional level. *Metabolism*, v. 44, p. 800–805, 1995.

CHANCE, R.E; MERTZ, E.T; HALVER, J.E. Nutrition of salmonids fishes. Isoleucine, leucine, valine and phenylalanine requirements of chinook salmon and interrelations between isoleucine and leucine for growth. *The Journal of nutrition*, v. 83, p. 177–185, 1964.

CHEN, S.C; TIMMONS, M.B.; ANESHANSLEY, D.J.; BISOGNI, J.J.Jr. Suspended solids characteristics from recirculating systems and design implications. *Aquaculture*, v. 112, p. 143- 155, 1993.

COLT, J.; MONTGOMERY, J.M. Aquaculture production systems. *Journal of Animal Science*, v.69, p.4183-4192, 1991.

CHEN, G.F., FENG, L., KUANG, S.Y., LIU, Y., JIANG, J., HU, K., JIANG, W.D., LI, S.H., TANG, L., ZHOU, X.Q. Effect of dietary arginine on growth, intestinal enzyme activities and gene expression in muscle, hepatopancreas and intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *British Journal of Nutrition*, v. 108, p. 195–207, 2012.

CHEN, J.; ZHOU, X.-Q.; FENG, L.; LIU, Y.; JIANG, J. Effects of glutamine on hydrogen peroxide-induced oxidative damage in intestinal epithelial cells of Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture*, v. 288, p. 285–289, 2009.

CHENG, Z.J.; HARDY, R.W.; URSY, J.L. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion. *Aquaculture*, v. 218, p. 553-565, 2003.

- CHUNG, T.K.; BAKER, D.H. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. **Journal of Animal Science**, v. 70, p.3102-3111, 1992.
- CHOO, P.-S., SMITH, T.K., CHO, C.Y., FERGUSON, H.W. Dietary excess of leucine influence growth and body composition of rainbow trout. **J. Nutr.** v.121, p. 1932– 1939, 1991.
- COLLIER, S.R.; CASEY D.P.; KANALEY J.A. Growth hormone responses to varying doses of oral arginine. **Growth Hormone & IGF Research**, v. 15, p.136–139. 2005.
- CROZIER, S. J., KIMBALL, S. R., EMMERT, S. W., ANTHONY, J. C., JEFFERSON, L. S. Oral leucine administration stimulates protein synthesis in rat skeletal muscle. **J. Nutr.**, 135: 376-82. 2005.
- CYRINO, J.E.P., BICUDO, A., SADO, R.Y. BORGHESI, R., DAIRIK, J. K. A piscicultura e o ambiente—o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, 2010.
- DABROWSKI, K; GUDERLEY, H. **Intermediary metabolism**. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.) Fish nutrition. 3.ed. Washington: Academic Press, 2002. p.309-365.
- DABROWSKI K. Free- and peptide-based dietary arginine supplementation for the South American fish pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 443–453, 2005.
- DECKER, E.A.; IVANOV, V.; ZHU, B.Z.; FREI, B. Inhibition of lowdensity lipoprotein oxidation by carnosine and histidine. **J Agric Food Chem**, v. 49, p, 511–516, 2001.
- DI, S.X.; LI, L.; HUA, W.; WEN, G.; SHUI, W.Q.; HUI, X. Study on isoleucine requirement for juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. **J Fish China** 33:813–822. 2009.
- DIANA, J.S.; SZYPER, J.P.; BATTERSON, T.R.; BOYD, C.E.; PIEDRAHITA, R.H. Water quality in ponds. In: EGNA, H.S.; BOYD, C.E. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.9, n.2, p. 239-246, 2008.
- D’MELLO, J.P.F., 2003. **Adverse effects of amino acids**. In: **D’Mello, J.P.F. (Ed.), Amino Acids in Animal Nutrition**, 2 ed. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 125– 142.
- DONG, M; FENG, L; KUANG, S.-Y; LIU, Y; JIANG, J; HU, K; JIANG, W.-D; Li, S.-H; TANG, L; ZHOU, X.-Q. Growth, body composition, intestinal enzyme activities and microflora of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio var. Jian*) fed graded levels of dietary valine. **Aquaculture Nutrition**, 2012.
- ENCARNAÇÃO, P.; CORNELIS, L.; RODEHUTSCORD, M.; HOEHLER, D.; BUREAU, W.; BUREAU, D.P. Diet digestible energy content affects lysine utilization, but not dietary lysine requirements of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, for maximum growth. **Aquaculture**. v 235, p. 569-589. 2004.

ERICKSON, M.C.; HULTIN, H.O. A unique role of histidine in Fe-catalyzed lipid oxidation by fish sarcoplasmic reticulum. **Basic Life Sci**, v. 49, p. 307–312. 1988.

ERICKSON, M.C.; HULTIN, H.O. Influence of histidine on lipid peroxidation in sarcoplasmic reticulum. **Arch Biochem Biophys**, v. 292, p, 427–432, 1992.

ESPE, M., LEMME, A., PETRI, A., EL-MOWAFI, A., 2007. Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in Atlantic salmon using plant protein diets. **Aquaculture**. 263, 168–178.

EVOY, D., LIEBERMAN, M.D., FAHEY, T.J. DALY, J.M. Immunonutrition: the role of arginine. **Nutrition**, v. 14, p. 611–617, 1998.

FAGBENRO, O.A. **Validation of the essential amino acid requirements of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linne 1758), assessed by the ideal protein concept.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA AQUACULTURE, 5., Rio de Janeiro, 2000. Proceedings. Rio de Janeiro: **Panorama da Aquicultura**, 2000. v.1, p.154-156.

FAGBENRO, O. A. & NWANNA, L. C. Dietary Tryptophan Requirement of the African Catfish, *Clarias gariepinus*. **Journal of Applied Aquaculture**, v.9, n. 1, p. 65 - 72. 1999.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture.** Fisheries and Aquaculture Department, Roma, 2009. 2012p.

FORSTER, I. & OGATA, H. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*, and juvenile red sea bream, *Pagrus major*. **Aquaculture**, v. 161, p.131-142. 1998.

FORNAZIER, R. F.; AZEVEDO, R. A.; FERREIRA, R. R.; VARISI, V. A. Lysine catabolism: flow, metabolic role e regulation. **Braz. J. Plant.Physiol.** 15, p. 9-18, 2003.

FIRETTI, R.; GARCIA, S. M.; SALES, D. S. **Planejamento estratégico e verificação de riscos na piscicultura. 2007.** Artigo em hipertexto. Disponível em <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Planejamento/Index.htm>. Acesso em 29 de agosto 2011.

FITZPATRICK PF. **Mechanism of aromatic amino acid hydroxylation.** *Biochemistry* 2003;42:14083e91.

FOUNTOULAKI, E., ALEXIS, M.N., NENGAS, I. VENOU, B. Effect of diet composition on nutrient digestibility and digestive enzyme levels of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). **Aquac. Res.**, v. 36, p. 1243–1251, 2005.

- FURUYA, W. M., BOTARO, D. RIBEIRO NEVES, P., SILVA, L.C.R., H, C. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase de terminação. **Ciência Rural**, v.34, n.5,p.1571-1577. 2004.
- FURUYA, W.M.; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R. Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.937-942, 2006.
- FURUYA, W.M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. GFM: Toledo, 2010. 100p.
- GARCIA, L.O., COPATTI, C.E. WACHHOLZ, F., PEREIRA FILHO, W. & BALDISSEROTTO, B. Freshwater temperature in the state of Rio Grande do Sul, Southern Brazil, and its implication for fish culture. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 2, p. 275-281, 2008.
- GARG, S.K. Effect of oral administration of l-thyroxine (T4) on growth performance, digestibility, and nutrient retention in *Channa punctatus* (Bloch) and *Heteropneustes fossilis* (Bloch). **Fish Biochem Physiol**, v. 33, p. 347–358, 2007.
- GATLIN, D. M. III. **Nutrición y alimentación de la curvina y El híbrido de lobina**, In: **MENDOZA, CRUZ-SUÁREZ Y RICQUE (Eds.)**. Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 2., 1994, Monterrey. Memórias... Monterrey: 1996. p.123-128.
- GAYLORD, T. G.; RAWLES, S. D.; DAVIS, K. B. Dietary tryptophan requirement of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 367-374, 2005.
- GÓMEZ-REQUENI, P.; KRAEMER, M.N.; CANOSA, L.F. Regulation of somatic growth and gene expression of the GH-IGF system and PRP-PACAP by dietary lipid level in early juveniles of a teleost fish, the pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). **Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology**, p. 1-14, 2012.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; HISANO, H.; SANTA ROSA M.J. Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilápia-do-nilo, formuladas com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2289-2298, 2009.
- GRACIANO, T.S., NATALI, M.R.M., VIDAL, L.V.O., MICHELATO, M., RIGHETTI, J.S., FURUYA, W.M. Desempenho e morfologia hepática de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com dietas suplementadas com metionina e colina. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v.45, n.7, p.737-743, 2010.
- GROESCH, T. D.; ZHOU, F.; MATTILA, S.; GEAHLEN, R. L.; POST, C. B. **Journal of molecular biology**, v. 356, n. 5, p. 1222-1236, 2006.

Halver, J. E.; DeLong, D. C.; Mertz, E. T., 1958: **Threonine and lysine requirements of chinook salmon**. Fed. Proc. 17, 1873.

HAKIM, Y.; UNI, Z.; HULATA, G. Relationship between intestinal brush border enzymatic activity and growth rate in tilapias fed diets containing 30% or 48% protein. **Aquaculture**, 257, 420–428. 2006.

HSEU, J.R.; LU, F.I.; SUD, H.M.; WANG, L. S.; TSAI, C.L.; HWANG, P.P. Effect of exogenous tryptophan on cannibalism, survival and growth in juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. **Aquaculture**, v. 218, n. 1-4, p. 251–263, 2003.

HUSSAIN, A., MOHAMMAD, D. K., GUSTAFSSON, M. O., USLU, M., HAMASY, A., NORE, B. F.; SMITH, C. E. Signaling of the ITK (IL2-inducible T-cell kinase)-SYK fusion kinase is dependent on adapter SLP-76 (SH2 domain-containing leukocyte protein of 76 kD) and on the adapter function of the kinases SYK/ZAP70 (zeta-chain [TCR] associated protein kinase 70 kD). **Journal of Biological Chemistry**. 2013.

IBAMA. **Desembarque de pescados no Rio Grande do Sul: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília, 2011. 42p.

IBAMA. **Estatística da pesca 2006 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília, 2008. 174p.

JACKSON, A.J. & CAPPER, B.S., Investigation into the requirements of the tilapia *Sarotherodon mossambicus* for dietary methionine, lysine and arginine in semi-synthetic diets. **Aquaculture**, v. 29, p. 289-297, 1982.

J.E. (Eds.). **Tilápias Aquaculture in Americas**. 1st Edition, Baton Rouge: World Aquaculture Society. p.34–44.

JAUNCEY, K.; TACON, A.G.J.; JACKSON, A.J. **The quantitative essential amino acid requirements of *Oreochromis mossambicus***. In: Fishelson L, Yaron Z (eds) Proceedings of first international symposium on tilapia in aquaculture, May 8–13, pp 328–337. 1983.

JOBLING, M.; GOMES, E.; DIAS, J. **Feed types, manufacture and ingredients**. In: HOULIHAN, D.; BOUJARD, T.; JOBLING, M. (Ed.). Food intake in fish. Oxford: Blackwell Science, 2001. p. 25-48.

KAUSHIK, S.J. Whole body amino acid composition of European seabass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta maxima*) with an estimation of their IAA requirement profiles. **Aquat Living Resour**. v. 11, p. 355–358, 1998.

KAUSHIK, S.J.; FAUCONNEAU, B.; TERRIER, L.; GRAS, J. Arginine requirement and status assessed by different biochemical indices in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). **Aquaculture**, v. 70, p. 75-95, 1988.

KAWARAZUKA, N.; BÉNÉ, C. The potential role of small fish species in improving micronutrient deficiencies in developing countries: building evidence. **Public Health Nutrition**, v. 14, n. 11, p. 1927, 2011.

KEEMBIYEHETTY, C.N.; GATLIN III, D.M. Dietary lysine requirement of juvenile hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). **Aquaculture**, v.104, p.271- 277, 1992.

KETOLA, H.G. Requirement for dietary lysine and arginine by fry of rainbow trout. **Journal of Animal Science**, v.56, p.101-107, 1983.

KHAN, M. A.; ABIDI, S. F. Dietary isoleucine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). **Aquaculture Nutrition**, v. 13, n. 6, p. 424-430, 2007.

KIM, K. Re-evaluation of protein and amino acid requirements of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 151, p.3-7, 1997.

KIM, M.K.; ÖZKOKAN, E.; HAN, I.K. 1997. Effect of soybean meal and full-fat soybean for fish meal protein replacement on the growth performance of carp grower. **Korean Journal of Animal Nutrition and Feedstuffs**, v.21, p.503-510

KIM, K.; KAYES, T.B.; AMUNDSON, C.H. Requirements for lysine and arginine by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.106, p.333-344, 1992.

KIM, S.W.; MCPHERSON R.L.; WU, G. Dietary arginine supplementation enhances the growth of milk-fed young pigs. **Journal of Nutrition**, v.134, p. 625–630, 2004.

KIMBALL, S. R., & JEFFERSON, L. S. New functions for amino acids: effects on gene transcription and translation. **The American journal of clinical nutrition**, v. 83, n. 2, p. 500S-507S, 2006.

KLEEREKOPER, H. 1945. **O Peixe-Rei**. Rio de Janeiro, Serviços de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura. 102p.

KOUTOKU,T.; ZZHANG, R.; TACHIBANA, T.; OSHIMA, Y.; FURUSE, M. Effect of Acute L-Tryptophan Exposure on the Brain Serotonergic System and Behavior in the Male Medaka. **Zoological Science**, v. 20, p: 121–124, 2003.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**, Jundiaí: Edição do autor, 2000, 285 p,

- KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**, Jundiaí: Edição do autor, 1999, 97 p.
- KULATHU, Y.; GROTHE, G.; RETH, M. **Immunological reviews**. v. 232, n. 1, p. 286-299, 2009.
- LANSARD, M., PANSERAT, S., PLAGNES-JUAN, E., DIAS, K., SEILIEZ, I., & SKIBA-CASSY, S. L-leucine, L-methionine, and L-lysine are involved in the regulation of intermediary metabolism-related gene expression in rainbow trout hepatocytes. **The Journal of nutrition**, v. 141, n. 1, p. 75-80, 2011.
- LI, P.; MAI K., TRUSHENSKI, J.; WU, G. **New developments in fish amino acid nutrition: to wards functional and environmentally oriented aquafeeds Amino Acids**. v. 37, p. 43–53, 2009.
- LIN, Y. ZHOU, X.Q. Dietary glutamine supplementation improves structure and function of intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture**, v. 256, p. 389–394, 2006.
- LEE, Y.T.; HSU, C.C.; LIN, M.H.; LIU, K.S.; YIN, M.C. Histidine and carnosine delay diabetic deterioration in mice and protect human low density lipoprotein against oxidation and glycation. **Eur J Pharmacol**, v. 513, p. 145–150, 2005.
- LOVELL, R. T. NUTRITION OF AQUACULTURE SPECIES. **J. Anim. Sci.** v. 69, p, 4193-4200, 1991.
- LUO, Z.; LIU, Y.J.; MAI, K.S.; TIAN, L.X.; LIU, D.H.; TAN, X.Y. Optimal dietary protein requirement of grouper *Epinephelus coioides* juveniles fed isonitrogenous diets in floating netcages. **Aquaculture Nutrition**, v. 10, p. 247–252, 2004.
- LUO, Z.; LIU, Y.; MAI, K.; TIAN, L.; YANG, H.; TAN, X.; LIU, D. Dietary L-methionine requirement of juvenile grouper *Epinephelus coioides* at a constant dietary cystine level. **Aquaculture**, v. 249, p. 409–418, 2005.
- LUQUET, P.; SABAUT, J.J.. Nutrition azotee et croissance chez la daurade et la truite. Actes de Colloques, Colloques sur L. **Aquaculture**, v. 1, p. 243, 1974.
- LYNCH, C. J., PATSON, B. J., ANTHONY, J., VAVAL, A., JEFFERSON, L. S., AND VARY, T. C., **Leucine is a direct-acting nutrient signal that regulates protein synthesis in adipose tissue**. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 283: E503-13. 2002.
- MAI, K.; ZHANG, L.; AI, Q.; DUAN, Q.; ZHANG, C.; LI, H.; WAN, J.; LIUFU, Z. Dietary lysine requirement of juvenile seabass (*Lateolabrax japonicas*). **Aquaculture**, v. 258, p. 535–542, 2006.
- MAI, K.S., WAN, J.L., AI, Q.H., XU, W., LIUFU, Z.G., ZHANG, L., ZHANG, C.X. & LI, H.T. Dietary methionine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. **Aquaculture**, v. 253, p. 564–572. 2006.

Ministério da pesca. <http://www.mpa.gov.br/aquiculturampa/informacoes/especies-cultivadas>. Publicado dia 29 de novembro de 2011. Acesso dia 13 de fevereiro de 2013.

MIDTBO, L.K.; IBRAHIM, M.M.; MYRMEL, L.S.; AUNE, U.L.; ALVHEIM, A.R.; LILAND, N.S.; TORSTENSEN, B.E.; ROSENLUND, G.; LIASET, B.; BRATTELID, T.; KRISTIENSEN, K.; MADSEN, L. Intake of farmed atlantic salmon fed soybean oil increases insulin resistance and hepatic lipid accumulation in mice. **PLoS One**. 2013. 8: e53094.

MIRANDA, L.A. & SOMOZA G.M. **Biología reproductiva del pejerrey *Odontesthes bonariensis*: diferenciación sexual y endocrinología de la reproducción, aspectos básicos y su potencial aplicación en acuicultura**. In: **Fundamentos biológicos, económicos y sociales para una correcta gestión Del recurso pejerrey** (ed. by F. Grosman), pp. 41-45. Editorial Astyanax, Buenos Aires, Argentina (in Spanish). (2001)

MIYADA, V.S. **Uso do conceito de proteína ideal na alimentação e nutrição de suínos**. In: MATTOS, W.R.S. et al. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.195-201.

MORRIS S.M. JR Arginine: beyond protein. **American Journal of Clinical Nutrition**, 83, 508S–512S. 2006.

MOZAFFARIAN, D.; MARCHIOLI, R., MACCHIA, A., SILLETTA, M. G., FERRAZZI, P., GARDNER, T. J., & TOGNONI, G. (2012). Fish Oil and Postoperative Atrial Fibrillation The Omega-3 Fatty Acids for Prevention of Post-operative Atrial Fibrillation (OPERA) Randomized Trial Fish Oil to Prevent Postoperative Atrial Fibrillation. **JAMA**, 308(19),2001-2011.

MOON, H.Y.; GATLIN III, D.M. Total sulfur amino acid requirement of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. **Aquaculture**, v.95, p.97-106, 1991.

MOMMSEN T.P., MOON T.W. & PLISETSKAYA E.M. Effects of arginine on pancreatic hormones and hepatic metabolism in rainbow trout. **Physiological and Biochemical Zoology**, 74, 668–678. 2001.

MONTES-GIRAO, P. J. & FRACALOSSO, D. M.. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. **Journal of the World Aquaculture Society**, 37(4), 388-396. 2006.

MURTHY H.S, VARGHESE, T.J. Quantitative dietary isoleucine requirement for growth and survival of Indian major carp, *Labeo rohita*, (Hamilton) fry. **Indian J Exp Biol**. 34:1141–1143. 1996.

MUIR J. F. 2013. Fish, feeds, and food security. **Animal Frontiers**. 3(1):28–34. 2013.

MUKHOPADHYAY, N. & RAY, A.K. Effects of amino acid supplementation on the nutritive quality of fermented linseed meal protein in the diets of rohu, *Labeo rohita*, fingerlings. **J. APPL. ICHTHYOL.**, 17, 220–226. 2001.

National Research Council. 1993. **Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes**. Washington: National Academy. 102pp.

National Research Council (NRC) (2011) **Nutrient requirements of fish and shrimp**. National Academy Press, Washington.

NAYLOR R., GOLDBURG R., PRIMAVERA J., KAUTZKY N., BEVERIDGE M., CLAY J., FOLKE C., LUBCHENCO J., MOONEY H. & TROELL M. (2000) Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature** 405,1017-1024.

NG, W.K, HUNG, S.S.O. Estimating the ideal dietary essential amino acid pattern for growth of white sturgeon, *Acipenser transmontanus* (Richardson). **Aquac Nutr.** 1:85–94. 1995.

NOSE, T., 1979: **Summary Report on the Requirements of Essential Amino Acids for Carp**. in **Finfish Nutrition and Fishfeed Technology**, Eds: J. E. Halver, K. Tiews, Heenemann, Berlin, pp. 145 - 156.

NOSE, T., ARAI, S., LEE, D. L., HASHIMOTO, Y. 1974. A note on amino acids essential for growth of young carp. **Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.** 40:903-8.

OLIVEIRA, R, P, C,; SILVA, P, C,; BRITO, P, P,; GOMES, J, P,; SILVA, R, F,; SILVEIRA, P, R, F,; ROQUE, R, S, Variáveis hidrológicas físico-químicas na criação da tilápia do Nilo no sistema *raceway* com diferentes renovações de água, **Ciência Animal Brasileira**, v, 11, n, 3, p, 482-487, 2010.

OGINO, C. (1980). Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, 46(2), 171-174.

OPSTVEDT, J., AKSNES, A., HOPE, B. & PIKE, I.H. Efficiency of feed utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with increasing substitution of fish meal with vegetable proteins. **Aquaculture**, 221, 365–379. 2003.

PÉRES, A., ZAMBONINO INFANTE, J.L., CAHU, C., Dietary regulation of activities and mRNA levels of trypsin and amylase in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. **Fish Physiology and Biochemistry**, 19, 145–152. 1998.

PEZZATO, L.E. **Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE

NUTRIÇÃO E CRUSTÁCEOS, 1, 1995, Campos de Jordão. Anais...Campos do Jordão, 1995. p.34-52.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C., BARROS, M. M.; FURUYA, W.; QUINTERO PINTO, M. L. G. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela Tilápia do Nilo (*O. niloticus*). **Acta Scientiarum**, v.26, n3, p.329-337, 2004.

PERSON-LE RUYET, J.; NOËL, T. Effects of moist pelleted foods on the growth of hatchery turbot (*Scophthalmus maximus*) juvenis. **Journal of World Mariculture Society**, v.13, p.237-245, 1982.

PIEDRAS, S. R. N. Observações preliminares sobre o povoamento de açudes na zona sul do Rio Grande do Sul com peixe-rei de água doce. **Revista da UCPel**, v. 1, p. 5-21, 1987.

PIEDRAS, S.R.N. & J.L.O.F. POUHEY. 2005. Feeding of the silverside (*Odontesthes bonariensis*, Atherinopsidae) in the Mirim and Mangueira lagoons, Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, **95** (2): 117-120.

PIEDRAS, S.R.N.; POUHEY, J.L.O.F. Alimentação de alevinos de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) com dietas naturais e artificiais. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1203-1206, 2004a.

PIEDRAS, S.R.N.; POUHEY, J.L.O.F.; RUTZ, F. Efeito de metionina e/ou lisina no crescimento e na sobrevivência de alevinos de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1366-1371, 2004c.

PIEDRAS, S.R.N.; POUHEY, J.L.O.F.; RUTZ, F. Efeitos de diferentes níveis de proteína bruta e de energia digestível na dieta sobre o desempenho de alevinos de peixe-rei. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 1, p. 97-101, 2004b.

PIEDRAS, S.R.N.; POUHEY, J.L.O.F. Alimentação de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*, Atherinopsidae) nas Lagoas Mirim e Mangueira, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 94, n. 2, p. 117-120, 2005.

PIEVE, S.M.N.; KUBO, R.R.; COELHO-DE-SOUZA, G. **Pescadores da Lagoa Mirim Etnoecologia e Resiliência**. Brasília, DF, Brazil: Ministério do Desenvolvimento Agrário do Brasil, 2009.

PINTO, W.L.; FIGUEIRA, M.T.; DINIS, C. A. 2008. **How does fish metamorphosis affect aromatic amino acid metabolism** **Amino Acids**. doi:10.1007/s00726-008-0045-6.

PLISETSKAYA E.M., BUCHELLI-NARVAEZ L.I., HARDY R.W.; DICKHOFF W.W. (1991) **Effects of injected and dietary arginine on plasma insulin levels and growth of**

pacific salmon and rainbow trout. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology 98, 165–170.

PORTELINHA, M.K. **Substituição da farinha de peixe por fontes alternativas de proteína animal no cultivo de alevinos de peixe-rei (*odontesthes bonariensis*).** 2010. 51f. Universidade Federal de Pelotas – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Pelotas. 2011.

PORTELINHA, M.K., ROCHA, C.B., FERNANDES, J. M., TAVARES, R.A., POUHEY, J.L.O.F., PIEDRAS, S.R.N. 2010. **Desempenho de alevinos de peixe-rei submetidos a diferentes níveis de triptofano na dieta.** Anais... XII ENPOS. Pelotas. RS.

POHLENZ, C., BUENTELLO, A., J HELLAND, S., & GATLIN, D. M. (2012). Effects of dietary arginine supplementation on growth, protein optimization and innate immune response of channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque 1818). Aquaculture Research.

PORTZ, L.; DIAS, C. T. S.; CYRINO, J. E. P. REGRESSÃO SEGMENTADA COMO MODELO NA DETERMINAÇÃO DE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE PEIXES. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.601-607, 2000.

PROENÇA, C, E, M,; BITTENCOURT, P, R, L, **Manual de piscicultura tropical**, Brasília: IBAMA, 1994, 195 p.

RESENDE, E.C.; RIBEIRO, R.P.; LEGAT, A.P.; BENITES, C. **Melhoramento genético em peixes – uma revolução na aquicultura do Brasil.** ADM – Artigo de divulgação na mídia, v. 130, p. 1-4, 2008.

RINGUELET, R. Ecología alimenticia del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) con notas limnológicas de la laguna Chascomús. **Revista del Museo de la Plata**, v. 2, n. 17, p. 427-461. 1942.

RODRIGUES, F. L. & BEMVENUTI, M. A. Diet and feeding strategy of the silverside *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes 1835) (Atheriniformes: Atherinopsidae) from the Mirim Lagoon, Rio Grande do Sul, Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 6, n. 2, p. 161-169, 2011.

ROCHA, C.B. **Exigências alimentares de fósforo em duas espécies nativas: peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) e jundiá (*Rhamdia quelen*).** 2012. 82f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pelotas – Programa de Pós-Graduação em zootecnia, Pelotas. 2012.

RODRIGUES, L. A., FERNANDES, J. B. K., FABREGAT, T. E. H. P., SAKOMURA, N. K. Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros fisiológicos de pacu alimentado com níveis crescentes de fibra. **Pesq. agropec. bras.**, v. 45, n. 8, p. 897-902, 2010.

RODEHUTSCORD, M.; BORCHERT, F.; GREGUS, K. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: Effect of dietary crude protein level. **Aquaculture**, v.187, p.163-176, 2000.

RODEHUTSCORD, M. A. BECKER, M. P., PFEFFER, E. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids. **The Journal of nutrition**. 127 (1997), pp. 1166–1175.

RADÜNZ, J. F. B. M. J., DA SILVA, N. J. H. S., TROMBETTA, C. G. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Ciência Rural**, v. 32, n. 2, 2002.

RIGHETTI, J. S., FURUYA, W. M., CONEJERO, C. I., GRACIANO, T. S., VIDAL, L. V. O., & MICHELLATO, M. Protein reduction in diets for Nile tilapia by amino acids supplementation based on the ideal protein concept. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 469-476, 2011.

ROLLIN X. (1999) **Critical study of indispensable amino acids requirements of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fry**. PhD thesis, Universite catholique de Louvain, Louvain, Belgium.

ROLLIN, X.; MAMBRINI, M.; ABOUDI, T. et al. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fry. **British Journal of Nutrition**, v.90, p.865-876, 2003.

Roth E. (2007) **Immune and cell modulation by amino acids**. *Clinical Nutrition* 26, 535–544.

RUCHIMAT, T.; MASUMOTO, T.; HOSOKAWA, H.; ITOH, Y.; SHIMENO, S. Quantitative lysine requirement of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*), **Aquaculture**, v.158, p.331-339, 1997.

SAAVEDRA, M.; BARR, Y.; POUSÃO-FERREIRA, P.; HELLAND, S.; YÚFERA, M.; DINIS, M.T.; CONCEIÇÃO, L.E.C. 2009. Supplementation of tryptophan and lysine in *Diplodus sargus* larval diet: effects on growth and skeletal deformities. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 1191-1201.

SAMPAIO, L.A. & PIEDRAS, S.R.N. **Cultivo do paixe-rei marinho (*Odontesthes argentinensis*) e de água doce (*Odontesthes bonariensis*)**. In: BALDISSEROTTO, B. & GOMES, L.C. **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. 2. ed. Santa Maria: ufsm. 2010. p. 383 -395.

SANTIAGO, C.B. E R.T. LOVELL. Amino acid requirement for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition**, v. 188, p. 1540-1546. 1998.

SANTIAGO, C.B. AND LOVELL, R.T. (1988). **Amino acid requirement for growth of Nile tilapia**. J. Nutr. 118: 1540-1546.

SANTOS, V. B., MARTINS, T. R., FREITAS, R. T. F. COMPOSIÇÃO CORPORAL DE LINHAGENS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) EM DIFERENTES CLASSES DE COMPRIMENTO. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 4, p. 396-405 2012.

SEBRELL W.H. & MCDANIEL E.G. Amino acids in the production of blood constituents in rats. **Journal of Nutrition** 47, 477–486. 1952.

SILVA, A. L. & BEGOSSI, A. 2007. "**Biodiversity, Food Consumption and Ecological Niche Dimension: a Study Case of the Riverine Populations from the Rio Negro, Amazonia, Brazil**", **Environment, Development, and Sustainability**, pp. 1-24.

SILVA, L.C.R., FURUYA, W.M., SANTOS, L.D., SANTOS, V.G., SILVA, T.S.C., PINSETTA, P.J. 2006. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-nilo. **R. Bras. Zootec.**, 35: 1258-1264.

SINK T.D. & LOCHMANN R.T. Insulin response of largemouth bass to glucose, amino acid, and diet stimulation. **North American Journal of Aquaculture**, v. 69, p. 429 –434. 2007.

SIPAÚBA-TAVARES, L, H, **Limnologia aplicada à aquicultura**, Jaboticabal: FUNEP, 1995.

SOUZA, V. L. Desempenho produtivo da tilápia-do-nilo em diferentes densidades e trocas de água em *raceway*, **Acta Scientiarum Animal Science**, v, 24, n, 4, p, 935-941, 2002.

SOMOZA, G. M.; MIRANDA, L. A.; BERASAIN, G. E.; COLAUTTI, D.; REMES, L. M.; ET AL. Historical aspects, current status and prospects of pejerrey aquaculture in South America. **Aquaculture Research**, v. 39, p. 784–793, 2008.

SOMOZA, G.M.; MIRANDA, L.A.; BERASAIN, G.E.; COLAUTTI, D.; LENICOV, M.R.; STRÜSSMANN, C.A. Historical aspects, current status and prospects of pejerrey aquaculture in South America. **Aquaculture Research**, v. 39, n.7, p.784-793, 2008.

STEVENTON, G.B.; MITCHELL, S.C.; PEREZ, B.; DESVIAT, L.R.; UGARTE, M. The activity of wild type and mutant phenylalanine hydroxylase with respect to the C-oxidation of phenylalanine and the S-oxidation of S-carboxymethyl-L-cysteine. **Mol Genet Metab** 2009;96:27e31.

STICNEY, R. R. 1997. **Tilápia Nutrition feeds e feeding**. In: COSTA-PIERCE, B.A.; RAKOCY.

TAN, L.N.; FENG, L.; LIU, Y.; JIANG, J.; JIANG, W.D.; HU, K.; LI, S.H.; ZHOU, X.Q. Growth, body composition and intestinal enzyme activities of juvenile Jian carp (*Cyprinus*

carpio var. Jian) fed graded levels of dietary zinc. **Aquaculture Nutrition** v. 17, p. 338–345, 2011.

TANG, L., WANG, G.X., JIANG, J., FENG, L., YANG, L., LI, S.H., KUANG, S.Y., ZHOU, X.Q. Effect of methionine on intestinal enzymes activities, microflora and humoral immune of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture Nutrition**, v.15, p. 477–483. 2009.

TAKAGI, S., SHIMENO, S., HOSOKAWA, H. UKAWA, M. Effect of lysine and methionine supplementation to a soy protein concentrate diet for red sea bream *Pagrus major*. **Fish. Sci.**, v. 67, p. 1088–1096. 2001.

TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; BOMFIM, M.A.D.; QUADROS, M.; SOUZA, M.P. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p.2099-2105, 2009.

TEIXEIRA, E. A.; RIBEIRO, L. P.; CREPALDI, D. V.; MELO, D. C. SOUSA, A. B. **Exigências de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis spp*) estimadas com base no conceito de proteína ideal**. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande-MS. **Anais eletrônicos...** [CD-ROM], Campo Grande: SBZ, 2004.

TEIXEIRA, E. A., CREPALDI, D. V., FARIA, P. M. C., RIBEIRO, L. P., MELO, D. C. D., & EULER, A. C. C. Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis sp.*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 2, 2008.

THOENEN, H., KETTLER, R., BURKARD, W., SANER, A., Neurally mediated control of enzymes involved in the synthesis of norepinephrine; are they regulated as an operational unit. **Naunyn-Schmiedebergs Archiv für Pharmakologie**, v. 270, p. 146–160. 1971.

TIBALDI, E., LANARI, D. Optimal dietary lysine levels for growth and protein utilization of fingerling sea bass, *Dicentrarchus labrax*, fed semipurified diets. **Aquaculture**, v.95, p.297-304. 1991.

TOLEDO-CUEVAS, E. M., F. J. MOYANO LÓPEZ, D. T. RAMÍREZ, C. A. STRÜSSMANN, C. A. ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C. C. MARTÍNEZ-CHÁVEZ & C. A. MARTÍNEZ-PALACIOS, Development of digestive biochemistry in the initial stages of three cultured Atherinopsids. **Aquaculture Research**, v. 42, p. 776–786, 2011.

TULLI, F., VACHOT, C., TIBALDI, E., FOURNIER, V. & KAUSHIK, S.J. Contribution of dietary arginine to nitrogen utilisation and excretion in juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets differing in protein source. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 147, p. 179–188, 2007.

VALÉRIO, S.R.; OLIVEIRA, R.F.M; DONZELE, J.L. et al. **Níveis de lisina digestível em rações, em que se manteve ou não a relação aminoacídica, para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, mantidos em estresse por calor.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.2, p.372-382, 2003.

VUGHT A.J.A.H., NIEUWENHUIZEN A.G., BRUMMER R.M. & WESTERTERPLANTENGA M.S. (2008) **Effects of oral ingestion of amino acids and proteins on the somatotropic axis.** Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism 93, 584–590.

WANG, T.C.; FULLER, M.F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. **British Journal of Nutrition**, v.62, p.77-89, 1989.

WATANABE, T.; SAKAMOTO, H; ABIRU, M.; YAMASHITA, J. Development of a new type of dry pellet for yellowtail. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v.57, p. 891-897, 1991.

WALTON, D.G., ACTON A.B. AND STICH H.F. (1984) **DNA repair synthesis following chemical mutagens in primary liver, stomach, and intestinal cells isolated from rainbow trout, Cancer Res.**, 44, 1120-1121.

WANG, W., GOSWAMI, S., SAHAI, E., WYCKOFF, J.B., SEGALL, J.E., AND CONDEELIS, J.S. (2005). **Trends Cell Biol.** 15, 138–145.

WANG X, CASTANON F, PARSONS CM (1997) Order of amino acid limitation in meat and bone meal. **Poultry science**, v. 76, n. 1, p. 54-58, 1997.

WANG, X., PROUD, C.G., 2006. **The mTOR pathway in the control of protein synthesis.** Physiology 21, 362–369.

WEBSTER, C.D., GOODGAME-TIU, L.S., TIDWELL, J.H. Total replacement of fish meal by soy bean meal, with various percentages of supplemental L-methionine, in diets for blue catfish, *Ictalurus furcatus* (Lesueur). **Aquaculture Research**, v.26, p.299-306, 1995.

WHITE, B.N. 1985. Evolutionary relationships of the Atherinopsinae (Pisces: Atherinidae) **Contribution in Sciences, Natural History Museum**, Los Angeles, (368): 1-20.

WILSON, R.P. **Amino acids and Proteins.** 2002 In: Fish Nutrition. pp.143-179. Third edition, Ed: J.E. Halver, El servier Science (USA).

WILSON, R. P., POE, W. E., & ROBINSON, E. H. (1980). Leucine, isoleucine, valine and histidine requirements of fingerling channel catfish. **The Journal of nutrition**, 110(4), 627.

WU G., BAZER F.W., DAVIS T.A., KIM S.W., LI P., MARC RHOADS J., CAREY SATTERFIELD M., SMITH S.B., SPENCER T. E. & YIN Y. (2009) **Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. Amino Acids.** 37, 153–168.

WU G. (2010) **Functional amino acids in growth, reproduction, and health.** Advances in Nutrition: An International Review Journal 1, 31–37.

- YAMAMOTO, T., SHIMA, T., & FURUITA, H. (2004). Antagonistic effects of branched-chain amino acids induced by excess protein-bound leucine in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 232(1), 539-550.
- YAN, Q., XIE, S., ZHU, X., LEI, W. & YANG, Y. (2007) Dietary methionine requirement for juvenile rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Aquacult. Nutr.*, 13, 163–169.
- YAO K., YIN Y.L., CHU W., LIU Z., DENG D., LI T., HUANG R., ZHANG J., TAN B., WANG W. & WU G. Dietary arginine supplementation increases mTOR signaling activity in skeletal muscle of neonatal pigs. *JOURNAL OF NUTRITION* 138, 867–872. 2008.
- YOSHIZAWA, F. Regulation of protein synthesis by branched-chain amino acids in vivo. **Biochem. Biophys. Res. Commun.**, 313: 417-22. 2004.
- ZEHRA, S.; KHAN, M.A. Dietary isoleucine requirement of fingerling catla, *Catla catla* (Hamilton), based on growth, protein productive value, isoleucine retention efficiency and carcass composition. **Aquaculture International**, 2013. p. 1-17.
- ZEITLMANN, L., KNORR, T., KNOLL, M., ROMEO, C., SIRIM, P., AND KOLANUS, W. (1998) **The Journal of biological chemistry** 273(25), 15445-15452.
- ZHAO, B., FENG, L., LIU, Y., KUANG, S.Y., TANG, L., JIANG, J., HU, K., JIANG, W.D., LI, S.H., ZHOU, X.Q., Effects of dietary histidine levels on growth performance, body composition and intestinal enzymes activities of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture Nutrition**, v. 18, p. 220–232. 2012.
- ZHOU, Z., WANG, L., WANG, M., ZHANG, H., WU, T., QIU, L., & SONG, L. Scallop phenylalanine hydroxylase implicates in immune response and can be induced by human TNF- α . **Fish & Shellfish Immunology**, v. 31, n. 6, p.856-863. 2011.
- ZHOU, Q.C., WU, Z.H., TAN, B.P., CHI, S.Y. & YANG, Q.H. Optimal dietary methionine requirement for Juvenile Cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, 258, 551–557. 2006.
- ZHOU F., XIONG W., XIAO J.X., SHAO Q.J., BERGO O.N., HUA Y. & CHAI X. (2010) Optimum arginine requirement of juvenile black sea bream, *Sparus macrocephalus*. **Aquaculture Research** 41, e418–e430.