

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 03/01/2019.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**

**CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**ARGININA NA DIETA DE REPRODUTORES DE**  
*Rhamdia quelen*

**Danielle Zanerato Damasceno**

Jaboticabal – SP

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**

**CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**ARGININA NA DIETA DE REPRODUTORES DE**

***Rhamdia quelen***

**Doutoranda: Danielle Zanerato Damasceno**

**Orientadora: Dra Elizabeth Romagosa**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor.

Jaboticabal – SP

2018

D155a Damasceno, Danielle Zanerato  
Arginina na dieta de reprodutores de *Rhamdia quelen* / Danielle  
Zanerato Damasceno. -- Jaboticabal, 2018  
x, 84 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de  
Aquicultura, 2018

Orientadora: Elizabeth Romagosa

Coorientador: Fábio Bittencourt

Banca examinadora: Eduardo Antônio Sanches, Giovani  
Sampaio Gonçalves, Taís Lopes da Silva, Sérgio Ricardo Batlouni  
Bibliografia

1. Aminoácido. 2. Nutrição de reprodutores. 3. Sêmen. 4.  
Ovócitos. 5. Larvicultura. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de  
Aquicultura.

CDU 636.3.043

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ARGININA NA DIETA DE REPRODUTORES DE *Rhamdia quelen*

**AUTORA: DANIELLE ZANERATO DAMASCENO**

**ORIENTADORA: ELIZABETH ROMAGOSA**

**COORDENADOR: FÁBIO BITTENCOURT**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ELIZABETH ROMAGOSA

Centro de Pesquisa em Peixes Ornamentais / Instituto de Pesca, IP, São Paulo-SP

Prof. Dr. SERGIO RICARDO BATLOUNI

Laboratório de Reprodução de Peixes / Centro de Aquicultura da UNESP, CAUNESP

Pesquisador GIOVANI SAMPAIO GONCALVES

Centro do Pescado Continental / INSTITUTO DE PESCA

Prof. Dr. EDUARDO ANTONIO SANCHES

Engenharia de Pesca / Câmpus Experimental de Registro/ UNESP (por meio de Videoconferência)

Profa. Dra. TAÍS DA SILVA LOPES

Departamento de Aquicultura / Instituto Pesca, APTA, São Paulo-SP

Jaboticabal, 01 de março de 2018

## Sumário

<b>1.</b>	Introdução geral .....	10
1.1.	Referências .....	12
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
2.1.	Nutrição de reprodutores de peixe.....	16
2.2.	Aminoácidos.....	18
2.3.	Arginina .....	19
2.4.	Arginina na reprodução.....	21
2.5.	Óxido nítrico e reprodução.....	22
2.6.	Referências.....	24
<b>3.</b>	<b>DOUTORADO SANDUÍCHE</b> .....	33
<b>4.</b>	<b>Artigo I</b> .....	37
4.1.	Arginine influences the reproductive parameters of <i>Rhamdia quelen</i> males.....	37
4.1.1.	INTRODUCTION .....	38
3.1.2	MATERIAL AND METHODS.....	39
3.1.3.	RESULTS.....	47
3.1.4.	DISCUSSION .....	52
<b>4.</b>	<b>ARTIGO II</b> .....	61
4.1.	Arginine influences reproductive performance of females and progeny growth in <i>Rhamdia quelen</i> .....	62
4.1.2.	INTRODUCTION .....	62
4.1.3.	MATERIALS AND METHODS.....	63
4.1.4.	Results .....	70
4.1.5.	Discussion.....	73
4.1.6.	Conclusion.....	77
4.1.8.	References .....	77
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	84

O fardo é proporcional às forças, assim como a recompensa será proporcional à resignação e à coragem.

Allan Kardec

Aos meus pais Antonio e Mereide, à  
minha irmã Dayane, dedico. Muito  
obrigada ! Amo vocês...

## **Agradecimentos**

Após quatro anos de esforços, lutas, conquistas e muito aprendizado profissional e pessoal tenho muito a agradecer.

Primeiramente, gostaria de agradecer à Deus que é meu alicerce diário.

Muito obrigada à minha família que sempre está ao meu lado, sendo esteio para qualquer situação, e que me dá apoio, incentivo e amor.

Obrigada à minha orientadora Elizabeth Romagoa que não mede esforço para auxiliar, orientar e aconselhar, e que levarei sempre como uma grande amiga.

Obrigada ao CAUNESP e toda equipe de professores e colaboradores, pela atenção, ensino e ajuda.

Obrigada ao GEMaQ por me acolher e permitir que eu fizesse parte da equipe, e tivesse liberdade para desenvolver todo tipo de estudo.

Gostaria de agradecer também à Itaipu Binacional pela autorização do uso do estrutura para realização do experimento, e principalmente ao funcionários André L. Watanabe, Celso Buglione Neto e equipe Stell por todo suporte e auxílio na condução do experimento e alimentação do peixes.

Ao Dr. Julien Bobe e toda equipe técnica do INRA-Rennes, França, que me receberam tão bem e me ensinaram tanto durante meus seis meses de estágio.

Ao professor Wilson Rogério Boscolo pelo auxílio na formulação da rações e conselhos.

Ao professor Adilson Reidel por auxiliar na coletas.

Ao coorientador Dr. Fábio Bittencourt pela paciência nos momentos de desabafo e ajuda durante os ano do doutorado e ajuda integral nas coletas. E também por confiar seus alunos à mim para que eu ensinasse e orientasse, aprendi muito!!

Á Dayane Damasceno e Maykon L. da Costa por estarem comigo nas longas etapas da larvicultura, e paciência durante meus surtos.

Aos amigos do GEMaQ que estiveram ao meu lado durante estes anos, e auxiliaram na execução do experimento, na produção de ração, nos momentos de descontração, no aprendizado diário e na idealização de tantos outros projetos que nos fizeram aprender tantas lições, em especial ao Evandro Moro, Bruno Sosa, Leonardo Machado, Marjana Cardoso, Dihego, Mariana Lins, Milena Sanches, Matheu Cardoso, Glaucia Rorato.



A todos os amigos que os projetos com a minha orientadora me permitiram conhecer melhor, estreitar laços e que com certeza levarei para toda a vida em especial à Taís Lopes, Mayara Moura, Eduardo Sanches e Renan Okawara.

A todos os amigos que fiz na França Ahmed Maouche, Charlene Roullion, Emelie Cardona, Laury Lescat, Boudjema Imarasene, Marcos Sibilino, Natacha Wituba. E ao Danilo C. Proença que esteve junto nos meses de França e mais inúmeros momentos em Jaboticabal.

A Giovana Branco e Arno Butzge, que me receberam de braços abertos em cada ida para Botucatu.

Aos professores Ciro A. Ribeiro e Maritana Mela por me receberem no laboratório de toxicologia de peixes e permitirem que eu realizasse a histologia e vitelogenina, à Nilce Folle por me auxiliar, e Ana Carolina Barni por me hospedar e pela amizade.

Ao professor Rafael H. Nóbrega por me receber em seu laboratório e aceitar realizar os testes de cultura celular mesmo não tendo ideia se daria certo.

Aos colegas que participaram das coletas Glaucia Rorato, Mariana Machado, Juliana Losch, Tatiane Lui, Evandro Moro, Dihego Fernandes, Dayane Damasceno, Maykon L. Costa, Eduardo Sanches.

Por fim gostaria de agradecer aos meus amigos que faem parte dos momentos fora da vida acadêmica Nathalia Moura, Fernanda Freitas, Ricardo Krause e que representam muito nos meus dias.

São inúmeras pessoas que fizeram parte desta fase, com as quais vivi momentos incríveis e inesquecíveis, meu muito obrigado!!!! Nada teria sido assim sem vocês.

### **Apoio financeiro**

Gostaria de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão bolsa durante os três primeiros anos de doutorado, e pelo doutorado sanduíche realizado em Rennes, França. E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelos meses de bolsa após o retorno do doutorado sanduíche.

### Lista de abreviaturas

ARG – arginina, *arginine*

NO – óxido nítrico, *nitric oxide*

NOS – óxido nítrico sintase, *nitric oxide synthase*

iNOS – óxido nítrico sintetase induzível, *inducible nitric oxide synthase*

eNOS – óxido nítrico sintetase endotelial, *endothelial nitric oxide synthase*

nNOS – óxido nítrico sintetase neural, *neural nitric oxide synthase*

NADPH - Nicotinamida Adenina Nucleótido fosfato, *Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate*

GSI – índice gonadosomático, *index gonadosomatic*

HSI - índice hepatossomático, *index hepatosomatic*

VGI – índice de gordura visceral, *visceral fat index*

CASA – *Computer Assisted Sperm Analysis*

A<sub>und</sub> – cistos de espermatogônia indiferenciada tipo A, *cysts of type A undifferentiated spermatogonia*,

A<sub>diff</sub> – cistos de espermatogônia diferenciada tipo A, *cysts of type A differentiated spermatogonia*,

SPG B – cistos de espermatogônia tipo B, *cysts of type B spermatogonia*,

SPC – cistos de espermatócitos, *cysts of spermatocytes*,

SPT – cistos de espermatide, *cysts of spermatid*

cAMP – adenosina monofosfato cíclica, *cyclic adenosine monophosphate*

## RESUMO

Informações sobre a nutrição de reprodutores são fundamentais para que haja uma boa performance reprodutiva, e maior qualidade na produção de gametas e prole, entretanto esse tipo de estudo ainda não é realizado em grande quantidade. Com base nisso este trabalho teve como objetivo investigar o efeito da arginina na nutrição de reprodutores de *Rhamdia quelen*. Para isso 800 juvenis da espécie foram alimentados durante cinco meses com dietas que continham diferentes níveis de arginina (1,37; 1,67; 1,97; 2,27 e 2,57%). Após este período reprodutores de cada tratamento foram selecionados e induzidos hormonalmente (2.5 mg.kg<sup>-1</sup> Extrato Hipofisário de Carpa para machos e 5.5 mg.kg<sup>-1</sup> para fêmea), após 240 horas-grau foi realizada a coleta de sêmen e ovócitos. No sêmen foi avaliado: volume, pH, concentração, motilidade e velocidade espermática, normalidade, e foi aferido o diâmetro do ovócitos. As gônadas, fígado e gordura visceral de ambos os sexos foram removidas e pesadas para cálculo dos índices somáticos, e foi realizada a fertilização, incubação e após a abertura da boca as larvas foram transferidas para caixas de plástico onde foi realizada a larvicultura durante 10 dias. Foi realizada quantificação de: vitelogenina no plasma sanguíneo de fêmeas e de óxido nítrico nas gônadas de machos e fêmeas. Verificamos que a suplementação com 2,27% de arginina influenciou a produção seminal, tanto em volume quanto em concentração, ao mesmo tempo que promoveu a produção de ovócitos com maior diâmetro, que conseqüentemente gerou larvas mais resistentes. Além disso houve maior produção de óxido nítrico nas gônadas. Concluímos com estes resultados, apesar de iniciais, que a arginina tem um importante papel nos gametas e que mais estudos devem ser executados para uma melhor compreensão da função e ação na fisiologia reprodutiva.

**PALAVRAS-CHAVE:** aminoácido, nutrição de reprodutores, larvicultura, ovócitos, sêmen.

## ABSTRACT

Information about broodstock nutrition are essential for a good reproductive performance, and higher quality in gamete and offspring production, however this type of study is still not performed in large quantity. With the objective of assessing the effect of arginine on the reproduction of *Rhamdia quelen* females, 800 fish were fed for five months with diets containing 1.37, 1.67, 1.97, 2.27 and 2.57% arginine for seven months. After this period the fish of each treatment were selected and received hormonal induction (2.5 mg.kg<sup>-1</sup> carp pituitary extract for males and 5.5 mg.kg<sup>-1</sup> for females), after 240 termal units accumulated the semen and oocytes were collected. The semen were collected and analysed: volum, pH, concentration, velocity, motility and normality, and the diameter of oocytes. The gonad, liver, visceral fat of both sexes were collected to somatic analysis. The fertilization, incubation and after the larvae open the mouth were transfered to plastic box were the larviculture was carried for 10 days. Were analysed the production of vitellogenin in bood plasm of female and nitric oxide on gonad of males and females. We observed that the addition of 2.27% arginine influenced the seminal production, both in volum and concentration, at the same time that it promoted the oocyte production ith bigger diameter, that consequently generated more resistant larvae. The addition of 2.27% arginine to the diet of *R. quelen* females favored reproductive parameters, which suggests that arginine increases the nitric oxide production, and consequently raises reproductive efficiency. In addition also promoted the higher nitri oide production. We concluded that these results, although initials, that the arginine present an important role in the gametes and that more studies should be performed for a better understanding of the function and action in the reproductive physiology

**KEY-WORDS:** amino acids, broodstock nutrition, larviculture, oocyte, semen.

## 1. Introdução geral

O *Rhamdia quelen*, popularmente conhecido como jundiá, é uma espécie de alto interesse comercial, principalmente na região Sul do Brasil, devido a características como o rápido crescimento, fácil adaptação a ambientes e dietas distintas, além de apresentar facilidade no manejo (Barcellos et al., 2004; Parra et al., 2008). Outra característica valorizada é que a espécie não apresenta redução no ganho em peso durante o inverno, o que possivelmente indica a resistência do *R. quelen* a baixas temperaturas (Fracalossi et al., 2004), além de apresentar fácil resposta quando submetidos a reprodução artificial.

A nutrição de reprodutores é continuamente estudada em mamíferos e espécies com potencial zootécnico como suínos (Brooks & Cole, 1974, Prunier & Quesnel 2000, Wu et al., 2012, Ren et al., 2017), bovinos (Sartori et al., 2016, Birne et al., 2017) e aves (Surai & Fisinin, 2014). Entretanto, estudos que avaliam a nutrição de reprodutores de peixes ainda são escassos.

A reprodução de peixes pode ser controlada por inúmeros fatores, como hormonais, ambientais, sociais e nutricionais (Zhang et al., 2013), e no caso de *R. quelen* informações descritas por Parra et al. (2008), Reidel et al. (2010), Coldebella et al. (2011), Tessaro et al. (2012 a e b), Diemer et al. (2014), mostram que a nutrição realmente reflete no desenvolvimento gonadal, a qualidade dos gametas e da prole quando recebem dietas experimentais com níveis ideais de proteína bruta, energia digestível, lipídeos distintos e lisina, que até o momento foi o único aminoácido testado.

A exigência de aminoácidos essenciais para peixes vem sendo investigada há mais de 50 anos, entretanto, muitas vezes é superestimada para aminoácidos que são preferencialmente depositados na proteína corporal como leucina e lisina, enquanto a exigência de aminoácidos que tem papel fundamental no metabolismo, como, metionina, treonina, histidina e arginina são subestimados (NRC, 2011).

Pesquisas sobre o papel dos aminoácidos nos processos fisiológicos relacionados a nutrição de peixes são realizados com frequência e mostram a importância destes componentes na dieta. Entre os aminoácidos estudados encontra-se a arginina que tem seu efeito avaliado principalmente para o desempenho e imunidade de espécies com potencial zootécnico na aquicultura como: tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (Neu et al., 2016, Pereira et al., 2017), catfish amarelo, *Pelteobagrus fulvidraco* (Chen et al.,

2016), linguado, *Scophthalmus maximus* (Zhang et al., 2017), bagre do canal, *Ichthalurus punctatus* (Pohlenz et al., 2013), striped bass híbrido (Cheng et al., 2012). Entretanto até o momento seu efeito na reprodução de peixes é desconhecido.

A arginina é um aminoácido funcional (Wu, 2009) que atua nas vias metabólicas necessárias para a manutenção, crescimento, reprodução e imunidade dos organismos (Suenaga et al., 2008). A arginina além de constituinte de proteínas, ainda está envolvida na síntese de poliaminas e prolina (Nikolic et al., 2007), como substrato para a síntese do colágeno e de óxido nítrico, considerada como um componente chave do plasma seminal e espermatozoides (Lahnsteiner, 2009). E é um aminoácido essencial para jovens animais que experimentam um rápido crescimento (Wu et al., 2009). Para peixes de água doce, o ciclo da ureia – um caminho para a síntese da arginina – é muito insipiente comparado com mamíferos, de modo que a deficiência de arginina afeta o crescimento e a retenção de proteína em peixes (Abidi & Khan, 2009).

A arginina é um dos aminoácidos que sintetizam as poliaminas, dentre elas as poliaminas espermina e espermidina apresentam papel fundamental na espermatogênese (Wu et al., 2008). Sabe-se que as poliaminas atuam nas funções reprodutivas dos mamíferos, e atuam na regulação da esteroidogênese ovariana durante o ciclo estral e gravidez, tornando-se indispensáveis na embriogênese (Lefèvre et al., 2011). Além disso, o incremento de arginina na dieta de mamíferos indica os benefícios deste aminoácido também para a melhoria de características reprodutivas masculinas. Estudos realizados com homens inférteis mostram que a arginina na alimentação promove o aumento a motilidade dos espermatozoides (Scibona et al., 1994). Outro estudo com humanos mostra que a incorporação de micronutrientes, inclusive arginina, promove o aumento do volume seminal, da concentração e da normalidade espermática (Imhot et al., 2012). A arginina desempenha papel estimulante na motilidade espermática de humanos, coelhos e cabras (Aydin et al., 1995, Radany et al., 1981, Patel et al., 1998, Srivastava et al., 2006), e sua deficiência na dieta pode causar perda da motilidade espermática em homens, além de diminuir expressivamente a quantidade de espermatozoides (Wu et al., 2008).

Os estudos que avaliam a suplementação de arginina na dieta de reprodutores atribuem o sucesso dos resultados ao óxido nítrico. Este é, fisiologicamente, um importante gás sinalizador, versátil e onipresente sintetizado pela arginina (Rosseli et al 1998), e apenas recentemente passou a ser investigado na reprodução de peixes e apesar

do número limitado de estudos apresenta-se como componente importante na regulação da espermatogênese e produção hormonal (Lal e Dubey, 2013, Singh e Lal 2017).

Os resultados encontrados em publicações científicas sobre o efeito positivo na reprodução após a inclusão de arginina na dieta de mamíferos aliada a escassez de estudos sobre a nutrição de reprodutores de peixes e a inexistência de informações sobre o efeito da arginina na reprodução de peixes foram os principais motivos para a realização deste estudo.

### 1.1. Referências

Abidi, S.F., Khan, M.A. 2009. Dietary arginine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton) based on growth, nutrient retention efficiencies, RNA/DNA ratio and body composition. *Journal of Applied Ichthyology*, 25: 707-714.

Aydin, S., Inci, O., Alagol, B. 1995. The role of arginine indomethacin and kallikrein in the treatment of oligospermia. *International Urology Nephrology*, 27:199–202.

Brooks, P. H., Cole, D. J. A. 1974. The effect of nutrition during the growing period and the oestrous cycle on the reproductive performance of the pig. *Livestock Production Science*, 1 (1), 7-20.

Chen, Q., Zhao, H., Huang, Y., Cao, J., Wang, G., Sun, Y., Li, Y. 2016. Effects of dietary arginine levels on growth performance, body composition, serum biochemical indices and resistance ability against ammonia-nitrogen stress in juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Animal Nutrition* 2, 204-210.

Byrne, C. J., Fair, S., English, A. M., Urh, C., Sauerwein, H., Crowe, M. A., Lonergan, P., Kenny, D. A. 2017. Effect of breed, plane of nutrition and age on growth, scrotal development, metabolite concentrations and on systemic gonadotropin and testosterone concentrations following a GnRH challenge in young dairy bulls. *Theriogenology*, 96 (1), 58-68.

Cheng, Z., Gatlin III, D. M., Buentello, A. 2012. Dietary supplementation of arginine and/or glutamine influences growth performance, immune responses and intestinal morphology of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*). *Aquaculture* 362–363, 39–43.



Coldebella, I.J., Radünz Neto, J., Mallmann, C.A., Veiverberg, C.A., G Bergamin G.T., Pedron F.A., Ferreira, D., Barcellos, L.J.G. 2011. The effects of different protein levels in the diet on reproductive indexes of *Rhamdia quelen* females. *Aquaculture*, 312 137–144.

Diemer O, Bittencourt F, Barcellos LJG Boscolo WR, Feidin A, Romagosa E. 2014. Lysine in the diet of *Rhamdia voulezi* male broodstocks confined in net cages. *Aquaculture* 434: 93-99

Fracalossi, D. M., Meyer, G., Santamaria, F.M., Weingartner, M., Zaniboni Filho, E. 2004. Performance of jundiá, *Rhamdia quelen*, and dourado, *Salminus brasiliensis*, in earth ponds of southern Brazil. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26(3): 345-352.

Imhot, M., Lackner, J., Lipovac, M., Chedraui, P., Reidl, C. 2012. Improvement of sperm quality after micronutrient supplementation. *e-SPEN Journal*, 7: e50-e53.

Lahnsteiner, F. 2009. The role of free amino acids in semen of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and carp *Cyprinus carpio*. *Journal of Fish Biology*, 75, 816-833.

Lal, B., Dubey, N. 2013. Existence of a nitric oxide synthase/nitric oxide system in fish testis and its role in modulation of androgenesis. *Fish Physiology Biochemistry* 39, 65-69.

Lefrève, P. L. C., Palin, M. F., Murphy, D. B. 2011. Polyamines on the Reproductive Landscape. *Endocrine Reviews*, 32(5):694–712.

National Research Council – NRC. 2011. Nutrient requirements of fish and shirimp. National Scademy Press, Whashington, DC. 376p.

Neu, D., Boscolo,W., Zaminhan, M., Almeida, F., Sary, C., Furuya,W., 2016. Growth performance, biochemical responses, and skeletal muscle development of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Fed with Increasing Levels of Arginine. *Journal World Aquaculture Society*, 47, 248–259.

Parra, J.E.G., Radünz Neto, J., Veiverberg, C.A., Lazzari, R., Bergamin, G.T., Pedron, F.A., Rossato, S., Sutili, F. 2008. Alimentação de fêmeas de jundiá com fontes lipídicas e sua relação com o desenvolvimento embrionário e larval. *Ciência Rural*, 38: 2011–2017.

Patel AB, Srivastava S, Phadke RS, Govil G. 1998. Arginine activates glycolysis of goat epididymal spermatozoa: An NMR study. *Biophysical Journal*, 75, 1522–1528.

Pereira, R. T., Rosa, P. V., Gatlin III, P. M. 2017. Glutamine and arginine in diets for Nile tilapia: Effects on growth, innate immune responses, plasma amino acid profiles and whole-body composition. *Aquaculture*, 473, 135–144.

Pohlenz, C., Buentello, A., Miller, T., Small, B.C., Mackenzie, D.S., Gatlin III, D.M., 2013. Effects of dietary arginine on endocrine growth factors of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Comparative Biochemistry Physiology, Part A* 166, 215–221.

Prunier, A., Quesnel, H. 2000. Influence of the nutritional status on ovarian development in female pigs. *Animal Reproduction Science*, 60-61, 185-197.

Radany, E. W., Atherton, R.W., Forrester, I.T. 1981. Arginine uptake by rabbit spermatozoa. *Archives of Biochemistry and Biophysic*, 210, 770–774.

Ren, P., Yang, X. J., Kim, J. S., Menon, D., Baidoo, S. K. 2017. Effect of different feeding levels during three short periods of gestation on sow and litter performance over two reproductive cycles. *Animal Reproduction Science*, 177, 42-55.

Reidel A., Boscolo W.R., Feiden A. & Romagosa E. 2010. The effect of diets with different levels of pro-teins and energy on the process of final maturation of the gametes of *Rhamdia quelen* stocked in cages. *Aquaculture*, 298, 354–359.

Roselli, M., Keller, P.J., Dubey, R.K. 1998. Role of nitric oxide in the biology, physiology and pathophysiology of reproduction. *Human Reproduction Update*, 4, 3-24.

Sartori, R., Gimenes, L. U., Monteiro Jr, P. L. J., Melo, L. F., Baruselli, P. S., Bastos, M. R. 2016. Metabolic and endocrine differences between *Bos taurus* and *Bos indicus* females that impact the interaction of nutrition with reproduction. *Theriogenology*, 86 (1), 32-40.

Singh, V. K., Lal, B. 2017. Pro-steroidogenic and pro-spermatogenic actions of nitric oxide (NO) on the catfish, *Clarias batrachus*: An *in vivo* study. *General and Comparative Endocrinology*, 242, 1–10.

Srivastava, S., Desai, P., Coutinho, E., Govil, G. 2006. Mechanism of Action of L-arginine on the Vitality of Spermatozoa is Primarily Through Increased Biosynthesis of Nitric Oxide. *Biology of reproduction*, 74, 954–958.

Surai, P. F., Fisinin, V. I. 2014. Selenium in poultry breeder nutrition: An update. *Animal Feed Science and Technology*, 191, 1-15.

Suenaga, R., Tomonaga, S., Yamane, H., Kurauchi, I., Sato, H., Denbow, D. M., Furuse, M., 2008. Intracerebroventricular injection of L-arginine induces sedative and hypnotic effects under an acute stress in neonatal chicks. *Amino Acids* 35:139–146.

Scibona, M., Meschini, P., Capparelli, S., Pecori, C., Rossi, P. 1994. Menchini Fabris, G. F. L-arginine and male infertility. *Minerva Urol Nefrol*, 46:251-3.

Tessaro, L., Toledo, C. P. R., Neumann, G., Krause, R. A., Meurer, F., Natali, M. R. M., Bombardelli, R. A. 2012a. Growth and reproductive characteristics of *Rhamdia quelen* males fed on different digestible energy levels in the reproductive phase. *Aquaculture*, 326-329: 74–80.

Tessaro, L., Toledo, C. P. R., Neumann, G., Krause, R. A., Meurer, F., Natali, M. R. M., Bombardelli, R. A. 2012b. Animal performance and reproductive aspects of female *Rhamdia quelen* fed on different levels of digestible energy. *Aquaculture Research*, 74-80.

Wu, G., Bazer, F. W., Datta, S., Johnson, G. A., Li, P., Satterfield, M. C., Spencer, T. E. 2008. Proline metabolism in the conceptus: implications for fetal growth and development. *Amino Acids*, 35:691–702.

Wu, G. 2009. Amino acids: metabolism, functions and nutrition. *Amino Acids* 37,1-17.

Wu, X., Yin, Y.L., Liu, Y.Q., Liu, X.D., Liu, Z.Q., Li, T.J., Huang, R.L., Ruan, Z., Deng, Z.Y. 2012. Effect of dietary arginine and N-carbamoylglutamate supplementation on reproduction and gene expression of eNOS, VEGFA and PlGF1 in placenta in late pregnancy of sows. *Animal Reproduction Science*, 132, 187– 192.

Zhang, M., Li, G., Zhu, C., Deng, S. 2013. Effects of fish oil on ovarian development in spotted scat (*Scatophagus argus*). *Animal Reproduction Science*, 141: 90–97.

Zhang, K., Mai, K., Xu, W., Liufu, Z., Zhang, Y., M., Chen, J., Ai, Q.. 2017. Effects of dietary arginine and glutamine on growth performance, nonspecific immunity, and disease resistance in relation to arginine catabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 468 (1), 246-254.

## 5. CONCLUSÃO GERAL

Os experimentos conduzidos com arginina na dieta de *Rhamdia quelen*, mostraram pela primeira vez que este aminoácido apresenta papel na reprodução tanto para machos quanto para fêmeas de peixe. Foi verificado que em machos há um aumento do tamanho dos testículos, a produção de sêmen e concentração de espermatozoides. Em fêmeas a suplementação promoveu maior índice hepatossomático, maior diâmetro dos ovócitos, e conseqüentemente gerou larvas maiores e mais resistentes, as larvas apresentaram sobrevivência notavelmente superior. Em ambos os sexos a arginina influenciou na produção de NO nas gônadas.

O ponto forte deste trabalho, além do ineditismo do tema, é a confirmação de que a arginina desempenha um importante papel na fase de reprodução peixes, e nos fazem refletir sobre a necessidade de estudos mais aprofundados que auxiliem na explicação das respostas, e mostrem qual a ação deste composto na fisiologia reprodutiva, e fortalece a ideia de que a nutrição de reprodutores é uma diretriz que necessita de atenção a fim de que a reprodução e produção de formas jovens sejam realizadas com cada vez mais eficiência.