

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E**  
**ENGENHARIA DE PESCA**

**DEIVIDY MIRANDA LIMA DA SILVA**

Eletronarcose em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade do filé

Toledo  
2016

**DEIVIDY MIRANDA LIMA DA SILVA**

Eletronarcose em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade do filé

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Altevir Signor

Co-orientador: Felipe Pfirmer

Toledo

2016

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**DEIVIDY MIRANDA LIMA DA SILVA**

Eletronarcole em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade do filé

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

### COMISSÃO JULGADORA

---

Prof. Dr. Altevir Signor  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

---

Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof. Dr. Luciano Caetano de Oliveira  
Universidade Federal do Paraná

Aprovada em: 02 de Março de 2016.

Local de defesa: Bloco E, Sala 15 da Unioeste/Campus de Toledo.

## Eletronarcode em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade do filé

### RESUMO

O objetivo do presente estudo foi verificar a aplicação da eletronarcode em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), para a obtenção de um abate humanitário e o maior tempo de insensibilização possível, mantendo as características do filé. Foram testados o tempo de exposição (5, 10, 20 e 30 segundos – s) dos peixes em diferentes correntes elétricas (1,5, 3,0, 4,5 e 6,0 Amperes - A) e em dois tipos de tensão (Corrente Alternada – CA e Corrente Contínua – CC). Para isso um total de 184 exemplares de tilápia com peso de  $247,08 \pm 37,04$  g e comprimento de  $23,93 \pm 1,09$  cm foram utilizados. No primeiro estudo utilizou-se 128 peixes, que foram insensibilizados individualmente, utilizando um regulador de tensão (VARIAC), no qual estava ligado dois eletrodos de alumínio, que ficaram imersos em uma caixa plástica contendo água, e os tempos de exposição pré-determinados foram controlados de forma manual. Todos os peixes foram filmados e posteriormente verificou-se através dos vídeos quanto tempo cada indivíduo levou para o retorno dos reflexos comportamentais (Batimento Opercular – BO, Natação – NA e Equilíbrio – EQ). Já o segundo estudo analisou variáveis correspondentes a qualidade do filé resfriado, utilizando o método de índice de qualidade (MIQ) e o pH a cada 72 horas por 36 dias, e a coloração do filé foi medida somente no dia 0. Os filés foram obtidos de tilápias insensibilizadas por eletronarcode (CA 3 e 6 A e CC 3 A, com tempos de exposição dos peixes por 30 s) e gelo que foi o método controle. Foram verificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nos dois estudos, sendo que o maior tempo de insensibilização foi com a utilização da CA de 3 a 6 A por 30 s onde o tempo de retorno dos comportamentos espontâneos final foi de 179 a 360 s para o EQ, já o BO foi o primeiro a ser manifestado após a insensibilização, com tempo de retorno de 37 a 46 s e nesse meio houve o retorno da natação, com tempos de 140 a 154 s. Para as variáveis analisadas do filé, obteve-se influencia no pH devido a interação tempo\*tratamento, o qual aumentou com o decorrer dos dias de análise, e atingindo nível de rejeição a partir do dia 15, assim como as pontuações dos parâmetros do índice de qualidade (IQ), nesse verificou-se alta correlação entre tempo de armazenamento e IQ, com  $R^2$  entre 0,94 e 0,96, mas com IQ médio diferente ( $p < 0,05$ ) para CA 6 A. Com a relação a coloração não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os métodos de insensibilização, mostrando que a eletronarcode pode ser aplicada, utilizando CA de 3 a 6 A por 30 s, e tendo tempo para realizar a eutanásia entre 37 e 46 s.

**Palavras-chave:** Abate. Aquicultura. Insensibilização.

## Eletronarcosis of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and quality of the fillet

### **ABSTRACT**

The objective of the present study was to verify the application of eletronarcosis in Nile tilapias (*Oreochromis niloticus*), to obtain a humanitarian slaughter and a higher stunning time, keeping the steak characteristics. It was tested the time of exposition (5, 10, 20 and 30 seconds – s) of the fish in different electric currents (1,5 3,0, 4,5 and 6,0 Amperes – A) and in two types of tension (Alternating current – AC and Direct current – DC). For this, a total of 184 copies of tilapia weighting  $247,08 \pm 37,04\text{g}$  and length of  $23,93 \pm 1,09\text{cm}$  were used. In the first study it was used 128 fish, that were individually stunned, using a tension regulator (VARIAC), in which was connected two aluminum electrodes, that stayed immersed in a plastic box with water and the pre-determined time of exposition were controlled in a manual way. All the fish were filmed and later it was verified through the videos how much time each individual to return the behavioral reflexes (Opercular Rate – OR, Swimming – SW and Balance – BA). The second study analyzed variables corresponding to the cold steak quality, using the quality index method (QIM) and the pH in each 72 hours for 36 days, and the steak color was measured only on day 0. The steaks were obtained from tilapias stunned by eletronarcosis (AC 3 and 6A and DC 3A, with time of exposition of the fish for 30s) and ice was the control method. It was verified significant differences ( $p < 0,05$ ) in both studies, being the higher stunning time with the use of AC from 3 to 6A for 30s where the final return of spontaneous behaviors was from 179 to 360s to the BA, the OR was the first to be manifested after the stunning, with the time of returning from 37 to 46s and between this there was the swimming return, with time from 140 to 154s. For the analyzed variables of the steak, it was obtained influence on pH due to the interaction time\*treatment, which grew over the days of analysis, and reaching level of rejection from day 15, as well as the scores of quality index (QI) parameters, in this it was verified high correlation between the time of storage and QI, with  $R^2$  between 0,94 and 0,96, but with medium QI different ( $p < 0,05$ ) to AC 6A. And color did not differ ( $p < 0,05$ ) between the stunning methods, showing that the eletronarcosis can be applied, using AC from 3 to 6A for 30s, and having time to perform euthanasia between 37 and 46s.

**Key-words:** Stunning. Slaughter. Aquaculture.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica Aquaculture. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/journals/aquaculture/0044-8486/guide-for-authors#16000>>

## Sumário

Introdução.....	11
Referencial teórico.....	12
Espécie.....	12
Métodos de abate.....	12
Eletronarcose.....	13
Qualidade.....	14
Objetivo.....	15
Referências.....	16
Estudo 1.....	20
Eletronarcose em tilápias do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	20
Introdução.....	20
Material e Métodos.....	21
Eletronarcose.....	21
Parâmetros da água.....	22
Análise estatística.....	23
Comitê de Ética.....	23
Resultados e Discussão.....	23
Insensibilização por eletronarcose.....	23
Conclusão.....	28
Referências Bibliográficas.....	29
Estudo 2.....	31
Resumo.....	31
Qualidade do filé de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) insensibilizadas por eletronarcose....	32
Introdução.....	32
Material e Métodos.....	33
Coloração do músculo (L*, a*, b*).....	34
Potencial hidrogeniônico (pH).....	35
Parâmetros da água.....	35
Análise estatística.....	35
Resultados e Discussão.....	36
Qualidade dos filés (MIQ).....	38
Coloração.....	40

Conclusão.....	41
Considerações finais.....	42
Referências Bibliográficas.....	43

## Índice de figuras

Figura 1: Fluxo de elétrons através e ao redor do corpo do peixe. A: água do mar; B: água doce....	14
Figura 2: Curvas de contorno do tempo necessário para o retorno dos sinais de comportamento espontâneo da tilápia do Nilo após insensibilização em CA com diferentes correntes elétricas (A) e diferentes tempos de exposição.....	25
Figura 3: Superfície de resposta (A) e curvas de contorno (B) do tempo necessário para o retorno dos sinais de comportamento espontâneo da tilápia do Nilo após insensibilização em CC com diferentes correntes elétricas (A) e diferentes tempos de exposição.....	26
Figura 4: Mudança de coloração da Tilápia do Nilo, A) antes, B) durante e C) depois da insensibilização por eletronarcose.....	28
Figura 5: Espaço de cor CIELAB.....	35
Figura 6: Índice de qualidade de filés de tilápia armazenados em gelo após a insensibilização por diferentes métodos.....	36
Figura 7: A: Variação do índice de qualidade (IQ) com os dias de estocagem, B: Variação média do IQ nos diferentes métodos de insensibilização.....	37
Figura 8: Pontuações médias para cada atributo de qualidade avaliados nos filés pelo método do índice de qualidade (IQ).....	38

## Índice de tabelas

Tabela 1: Valor da tensão correspondente a corrente elétrica (A) e tipo de corrente utilizada no momento da eletronarcose de tilápias do Nilo.....	22
Tabela 2: Tempo de retorno (s) dos comportamentos espontâneos (BO, NA, EQ) de tilápias do Nilo após aplicação da eletronarcose em diferentes tempos de exposição e corrente elétrica (A), tanto para Corrente Alternada (CA) e Contínua (CC).....	24
Tabela 3: Peso dos peixes (tilápia do Nilo) utilizados em diferentes métodos de insensibilização e posterior obtenção do filé, para análise de índice de qualidade, pH e coloração.....	33
Tabela 4: Pontuação dos parâmetros sensoriais de filé de tilápia.....	34
Tabela 5: Valores médios de coloração ( $L^* = -100$ , preto a $+100$ , branco, $a^* = -100$ , verde a $+100$ , vermelho, $b^* = -100$ , azul a $+100$ , amarelo) de ambos os lados do filé de tilápia do Nilo.....	41

## Introdução

A produção de pescado no Brasil em 2011 foi de 170 milhões de toneladas, sendo que a produção de bovino e frangos foram de 56,8 e 89,3 milhões de toneladas, respectivamente (Anuário Brasileiro de Pesca e Aquicultura).

Entre as espécies criadas a tilápia é uma das principais, teve incremento médio de 14,2 % entre 2004 a 2014, isso se dá devido às boas características da espécie, como o rápido crescimento, reproduzem-se de forma natural, possibilitam a inversão sexual para obtenção de lotes monossexo, aceitam dietas artificiais e possui características organolépticas relevantes (Furuya, 2010; Kubitzka, 2015).

Para melhorar os resultados da tilapicultura, várias pesquisas são realizadas para o setor, como: exigência nutricional (Hayashi et al., 2002), desempenho (Silva, 2014), frequência de arraçamento (Santos et al., 2014), densidade de estocagem (Maeda et al., 2010), transporte (Oliveira et al., 2009), métodos de abate (Pedrazzani et al., 2009), entre outros.

Quanto ao abate não se tem lei específica para proteger os peixes nessa fase, diferente de outros animais (Viegas et al., 2012). Isso pode ocorrer devido a convergências sobre a interpretação das características que sugerem que peixes têm consciência, tal fato ocorre para outras espécies, mas as evidências demonstram a senciência em peixes, sugerindo que eles podem sentir dor e medo de forma parecida aos demais vertebrados (Pedrazzani et al., 2007). Ainda de acordo com Pedrazzani et al., (2007), as mesmas estruturas cerebrais responsáveis pela transmissão de dor em outros vertebrados também são encontrados nos peixes.

Portanto diferentes métodos para insensibilizar e eutanasiar peixes são pesquisados para tornar o abate humanitário, como a utilização de CO<sub>2</sub>, gelo, gelo e água, percussão na cabeça e choque elétrico, buscando evitar o sofrimento e a dor dos animais. Dentre os métodos de abate o choque elétrico (eletronarcole), pode ser utilizado de forma eficiente, tem menor custo e apresenta bons resultados quando aplicado em outros animais inclusive em peixes, com isso esse trabalho buscou determinar o tempo necessário de exposição do peixe para eletronarcole, a corrente elétrica e a tensão elétrica que permitiria a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) ficar mais tempo sem o retorno dos reflexos comportamentais (BO, NA e EQ) e sem alterar a características do filé.

## **Referencial teórico**

### **Espécie**

No Brasil as tilápias são as mais produzidas no setor aquícola, somente ela representa quase a metade (46,6%) da produção nacional (MPA, 2011). Sendo indispensável para a economia de países como o Brasil, podendo ser criada em viveiros e tanques-rede (Furuya, 2010).

Além das características positivas para criação e processamento dessa espécie, temos como exemplo a sua rusticidade, rápido crescimento, apresenta resistência ao manejo e doenças, controle do ciclo reprodutivo e a utilização de peixes do sexo masculino, grande capacidade de aproveitar alimentos naturais presentes no viveiro. Já para o processamento a tilápia do Nilo evidencia alta qualidade da carne, tendo boa aceitação do público consumidor, já que a carne é branca e firme, sabor pouco acentuado, não apresenta odor desagradável e espinha em “Y”, e a carcaça pode ser processada para obtenção de coprodutos (Leonhardt, 1997; Kubitzka e Kubitzka, 2000; Souza, 2002 ; Furuya, 2010 e Camargo, 2013).

Dentre as fases da cadeia produtiva várias pesquisas são realizadas a fim de determinar melhores parâmetros para o bem estar dos animais e melhorar a qualidade do produto final. Como pesquisas com transporte, alimentação, densidade de estocagem, frequência de arraçamento e diferentes métodos de abate (Silva et al., 2002; Viegas et al., 2012; Camargo, 2013; Santos et al., 2014 e Goes et al., 2015).

### **Métodos de abate**

No Brasil não se tem normas específicas para os procedimentos de pré-abate e abate de peixes, diferente dos animais de sangue quente, em que a eutanásia deve ocorrer através do processo de pré abate, o qual é aplicado de forma rápida, para que o animal não tenha tempo de perceber o estímulo doloroso e então ocorre a sangria de forma indolor, o que seria de interesse para indústria do pescado já que se tem indícios de que os peixes sofrem e tem percepção de dor (Chandroo et al., 2004; Dunlop e Laming, 2005; Ludtke, 2010; Viegas et al., 2012).

O método utilizado comercialmente e também estudados cientificamente consiste em imersão dos peixes em água e gelo na proporção de 1 : 1 respectivamente (Ashley, 2007;

Soares e Gonçalves, 2012a). Esse método reduz a temperatura corporal do animal, o consumo de oxigênio do peixe e também o metabolismo (Ross e Ross, 2008).

Esse tipo de aplicação é ainda questionado por causar morte lenta dos peixes, e em alguns casos isso pode levar de 10 a 15 minutos (Pedrazzani et al., 2009). O método por asfixia também é lento, deixando de atender requisitos de abate humanitário, pois causam sofrimento intenso e prolongado (Pedrazzani et al., 2009; Viegas et al., 2012).

Também é utilizada a aplicação CO<sub>2</sub> na água, que permite a imobilização dos animais, mas não os deixa inconscientes e insensíveis (Roth *et al.*, 2006).

Já o método de percussão craniana tem eficiência questionável, pois depende da experiência do operador, tornando a aplicação inviável, já que não se sabe se o método é aplicado sempre da mesma forma (Lambooij et al., 2007).

Para reduzir possíveis erros no momento de pré-abate e abate de peixes, pesquisas com a aplicação de choque elétrico (eletroanestesia) vem sendo estudadas, uma vez que já é amplamente utilizado para o atordoamento de outros animais, como aves, suínos, ruminantes e coelhos para posterior eutanásia (Ministério da ciência, tecnologia e inovação, 2013).

Assim pesquisas são necessárias para a utilização de eletroanestesia em peixes, permitindo tornar o abate humanitário e prático, como no caso da Alemanha e Holanda, que adotaram o método de eletroanestesia para sacrificar enguias (*Anguilla anguilla*) (Lambooij et al., 2002).

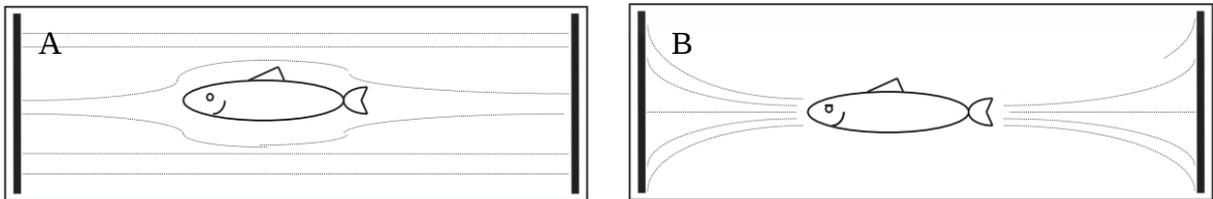
### **Eletroanestesia**

A insensibilização por eletroanestesia é utilizada em animais por ser viável economicamente, permitindo ser utilizada em escalas amplas de abate e possibilitando a automação do processo (Silveira, 1997). Essa forma de insensibilizar os animais busca passar uma corrente elétrica (Amperes - A) através do cérebro, causando a anestesia (Silveira, 1997).

A passagem da corrente elétrica (A) através do cérebro faz com que o animal fique inconsciente e insensível, para isso ao aplicar o choque elétrico o animal passa por estágios tônicos, clônicos e exaustão (Silveira, 1997). Quando o corpo fica rígido esta ocorrendo a tensão da musculatura, essa é a fase tônica (Lambooij et al., 2007; Torres et al., 2011). A fase clônica é quando o animal apresenta contrações musculares de forma descontrolada, posteriormente tem a exaustão, que é identificada pela flacidez muscular e por último o peixe

retoma o equilíbrio e a natação normal (Lambooij et al., 2007). Também se tem relatos de que antes da exaustão exista a fase denominada como quiescente, caracterizada pelo retorno da respiração do animal (Silveira, 1997).

Existem alguns estudos para peixes que buscam subsidiar novas informações para a área de abate utilizando a eletronarcose, como as pesquisas feitas para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Lines et al., 2003; Melo, 2015; Robb et al., 2002), bijupirá (*Rachycentron canadum*) (Melo, 2015), carpa (*Cyprinus carpio* L.) (Lambooij et al., 2007), matrinxã (Vargas et al., 2013), salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (Grimsbø et al., 2014; Robb e Roth, 2003; Roth et al., 2010), catfih (Lambooij et al., 2006), enguia Europeia (*Anguilla anguilla* L.) (Renault et al., 2011), entre outros, sendo que há diferenças na aplicação desse método para cada espécie. Para os peixes de água doce esse processo é facilitado, uma vez que a água marinha tem elevada condutividade e o peixe tem menor condutividade, já os de água doce são divergentes quanto a esses aspectos (Figura 1) (Ross e Ross, 2008).



Fonte: (Ross e Ross, 2008)

Figura 1: Fluxo de elétrons através e ao redor do corpo do peixe. A: água do mar; B: água doce.

Assim busca-se esclarecer o que tem mais influência no atordoamento, como o tempo e tensão adequada para expor o peixe, a forma e frequência da onda elétrica entre outros parâmetros e suas consequências no bem-estar animal e qualidade da carcaça (Lines et al., 2003).

## Qualidade

A qualidade da carcaça de peixes depende de vários fatores, dentre eles o método de abate, que tem mostrado influenciar no produto final (Robb et al., 2000). Para atestar a qualidade do produto pode ser utilizado o método do índice de qualidade (MIQ), o qual é eficiente, pois é rápido e confiável, baseando-se nas características do produto que permitem

avaliação sensorial, como a aparência, odor, textura, cor, formação de muco, entre outros (Bonilla et al., 2007; Soares e Gonçalves, 2012a).

Análises de pH mostra alterações consequentes do acúmulo do ácido lático derivado da degradação do glicogênio, esse ultimo atua durante as contrações do peixe até chegarem ao abate (Sánchez-cascado, 2005)

Após a morte a textura do músculo sofre alteração devido a fatores como a taxa de gordura, colágeno e densidade de fibras musculares e deformação de suas proteínas por ação microbiológica, tornando o músculo suave e pouco elástica (Ólafsdóttir et al., 2004). Além disso, reações microbiológicas e enzimáticas alteram a cor do produto, como o filé ou peixe inteiro (Melo, 2015).

Segundo Ólafsdóttir et al., (1997) o odor também é um parâmetro indispensável utilizado para verificar o frescor do peixe ou quanto o estado de deterioração, isso se da devido a liberação de compostos voláteis. Outros indicadores como mudanças na estrutura e cor condizem com a redução do frescor (Ólafsdóttir et al., 1997).

## **Objetivo**

Elaborar métodos de insensibilizar tilápias imersas em água através da eletronarcose.

## **Objetivos específicos**

- A) Quantificar o quanto tempo que os animais ficam inconscientes após os métodos de eletronarcose;
- B) Verificar a qualidade do filé pelo método de índice de qualidade (MIQ);
- C) Comparar os valores de pH de filés obtidos de peixes eutanasiados com gelo e por eletronarcose;
- D) Analisar a coloração do filé, e percentual de diferentes diâmetros de fibras musculares através da histologia, de peixes insensibilizados em gelo e eletronarcose.

## Referências

- Anuário de Pesca e Aquicultura, 1º Anuário de Pesca e Aquicultura, 2014. Disponível em: <[http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/16061/2489520\\_218117.pdf](http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/16061/2489520_218117.pdf)>. Acesso em: 04 Março 2016.
- Ashley, P.J., 2007. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Appl Anim Behav Sci* 104, 199–235. doi:10.1016/j.applanim.2006.09.001
- Bonilla, A.C., Sveinsdottir, K., Martinsdottir, E., 2007. Development of Quality Index Method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) filets and application in shelf life study. *Food Control* 18, 352–358. doi:10.1016/j.foodcont.2005.10.019
- Camargo, D. j de, 2013. Suplementação mineral e vitamínica para alevinos de tilápia do Nilo Dissertação. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ -.
- Chandroo, K., Duncan, I.J., Moccia, R., 2004. Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress. *Appl Anim Behav Sci* 86, 225–250. doi:10.1016/j.applanim.2004.02.004
- Dunlop, R., Laming, P., 2005. Mechanoreceptive and Nociceptive Responses in the Central Nervous System of Goldfish (*Carassius auratus*) and Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J Pain* 6, 561–568. doi:10.1016/j.jpain.2005.02.010
- Furuya, W.M., 2010. Tabelas Brasileira Para a Nutrição de Tilápias. Toledo.
- Goes, E.S.R., Lara, J.A.F., Gasparino, E., Vesco, A.P. Del, Goes, M.D., Filho, L.A., Ribeiro, R.P., 2015. Pre-Slaughter Stress Affects Ryanodine Receptor Protein Gene Expression and the Water-Holding Capacity in Fillets of the Nile Tilapia. *PLoS One* 10, 1–14. doi:10.1371/journal.pone.0129145
- Gomes, L.M., 2006. Influência das condições de manuseio e conservação na qualidade do pescado. INSTITUTO QUALITAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA.
- Grimsbø, E., Nortvedt, R., Hammer, E., Roth, B., 2014. Preventing injuries and recovery for electrically stunned Atlantic salmon (*Salmo salar*) using high frequency spectrum combined with a thermal shock. *Aquaculture* 434, 277–281. doi:10.1016/j.aquaculture.2014.07.018
- Hayashi, C., Boscolo, W.R., Soares, C.M., Meurer, F., 2002. Exigência de Proteína Digestível para Larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a Reversão Sexual. *Rev Bras Zootec* 2002, 823–828.
- Kubitza, F., Kubitza, L.M.M., 2000. Panorama da. *Panor da Aquicultura* 10, 44–53.
- Lambooi, E., Kloosterboer, R.J., Gerritzen, M.A., van de Vis, J.W., 2006. Assessment of

- electrical stunning in fresh water of African Catfish ( *Clarias gariepinus* ) and chilling in ice water for loss of consciousness and sensibility. *Aquaculture* 254, 388–395. doi:10.1016/j.aquaculture.2005.10.027
- Lambooij, E., Pilarczyk, M., Bialowas, H., van den Boogaart, J.G.M., van de Vis, J.W., 2007. Electrical and percussive stunning of the common carp (*Cyprinus carpio* L.): Neurological and behavioural assessment. *Aquac Eng* 37, 171–179. doi:10.1016/j.aquaeng.2007.04.004
- Lambooij, E., van de Vis, J.W., Kuhlmann, H., Munkner, W., Oehlenschläger, J., Kloosterboer, R.J., Pieterse, C., 2002. A feasible method for humane slaughter of eel (*Anguilla anguilla* L.): electrical stunning in fresh water prior to gutting. *Aquac Res* 33, 643–652. doi:10.1046/j.1365
- Lines, J.A., Robb, D.H., Kestin, S.C., Crook, S.C., Benson, T., 2003. Electric stunning: a humane slaughter method for trout. *Aquac Eng* 28, 141–154. doi:10.1016/S0144-8609(03)00021-9
- Ludtke, C., 2010. Os caminhos da suinocultura.
- Maeda, H., Filho, P.C., Oliveira, R.P. de C., Aguiar, M. da S., Pádua, D.M.C., Machado, N.P., Rodrigues, V., Silva, R.H. da, 2010. Densidade de estocagem na Alevinagem de tilápia-do-nilo em tanque-rede. *Ciência Anim Bras* 11, 471–476. doi:10.5216/cab.v11i3.1472
- Melo, F.V.S.T., 2015. Insensibilização do Bijupirá (*Rachycentron canadum*) com eletronarcose: efeitos sobre a qualidade da carne. Universidade de São Paulo.
- Ólafsdóttir, G., Martinsdóttir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I.M., Henahan, G., Nielsen, J., Nilsen, H., 1997. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends Food Sci Technol* 8, 258–265.
- Olafsdottir, G., Nesvadba, P., Natale, C. Di, Careche, M., Oehlenschläger, J., Tryggvadóttir, S. V., Schubring, R., Kroeger, M., Heia, K., Esaiassen, M., Macagnano, A., Jørgensen, B.M., 2004. Multisensor for fish quality determination. *Trends Food Sci Technol* 15, 86–93. doi:10.1016/j.tifs.2003.08.006
- Oliveira, J.R., Carmo, J.L. do, Oliveira, K.K.C., Soares, M. do C.F., 2009. Cloreto de sódio, benzocaína e óleo de cravo-da-índia na água de transporte de tilápia-do-nilo. *Rev Bras Zootec* 38, 1163–1169.
- Pedrazzani, A.S., Carneiro, P.C.F., KIRSCHNIK, P.G., MOLENTO, C.F.M., 2009. Impacto negativo de secção de medula e termonarcose no bem-estar e na qualidade da carne da tilápia-do-Nilo. *Rev Bras SAÚDE E PRODUÇÃO Anim* 188–197.
- Pedrazzani, A.S., Molento, C.F.M., Carneiro, P.C.F., Fernandes-de-Castilho, M., 2007. SENCIÊNCIA E BEM-ESTAR DE PEIXES: UMA VISÃO DE FUTURO DO MERCADO CONSUMIDOR. *Panor da Aqüicultura* 24–29.

- Poli, B.M., Parisi, G., Scappini, F., Zampacavallo, G., 2005. Fish welfare and quality as affected by preslaughter and slaughter management. *Aquac Int* 13, 29–49.
- Renault, S., Daverat, F., Pierron, F., Gonzalez, P., Dufour, S., Lanceleur, L., Schäfer, J., Baudrimont, M., 2011. The use of Eugenol and electro-narcosis as anaesthetics: Transcriptional impacts on the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Ecotoxicol Environ Saf* 74, 1573–1577. doi:10.1016/j.ecoenv.2011.04.009
- Robb, D.H., Kestin, S., Warriss, P., 2000. Muscle activity at slaughter: I. Changes in flesh colour and gaping in rainbow trout. *Aquaculture* 182, 261–269. doi:10.1016/S0044-8486(99)00273-2
- Robb, D.H., Lines, J.A., Callaghan, M.O., Kestin, S.C., 2002. Electrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): factors that affect stun duration. *Aquaculture* 205, 359–371.
- Robb, D.H.F., Roth, B., 2003. Brain activity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) following electrical stunning using various field strengths and pulse durations. *Aquaculture* 216, 363–369.
- Ross, L.G., Ross, B., 2008. *Anaesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals* Anaesthetic, 3rd ed.
- Roth, B., Slinde, E. and Robb, D.H.F. 2006. Field evaluation of live chilling with CO<sub>2</sub> on stunning Atlantic salmon (*Salmo salar*) and the subsequent effect on quality. *Aquac Res*, 37: 799-804
- Roth, B., Nortvedt, R., Slinde, E., Foss, A., Grimsbø, E., Stien, L.H., 2010. Electrical stimulation of Atlantic salmon muscle and the effect on flesh quality. *Aquaculture* 301, 85–90. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.01.008
- Sánchez-Cascado, S.P., 2005. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA FRESCURA Y LA CALIDAD DEL BOQUERÓN (*Engraulis encrasicolus*) Y SUS DERIVADOS.
- Santos, E.L., Santos, Í.V.V. de S., Lira, R.C., Silva, C.F., Moura, S.C. de S., Ferreira, A.J. dos S., Silva, R.M., 2014. Frequência de arraçamento para alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev AGROTEC* 35, 171–177.
- Silva, L.E.S., 2014. Desempenho zootécnico e padrão de crescimento de três grupos genéticos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), em tanque- rede. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.
- Silva, P.C., Kronka, S.N., Tavares, L.H., Souza, V.L., 2002. Desempenho produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em diferentes densidades e trocas de água em “raceway.” *Acta Sci* 24, 935–941.

- Silveira, E.T.F., 1997. Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína. Universidade Estadual de Campinas.
- Soares, K.M.P., Gonçalves, A.A., 2012. Aplicação do método do índice de qualidade (MIQ) para o estudo da vida útil de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sem pele, armazenados em gelo. *Semin Ciências Agrárias* 33, 2289–2300. doi:10.5433/1679-0359.2012v33n6p2289
- Souza, M.L.R. de, 2002. Comparação de Seis Métodos de Filetagem, em Relação ao Rendimento de Filé e de Subprodutos do Processamento da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev Bras Zootec* 31, 1076–1084.
- TORRES, B.B.J., MARTINS, B.C., MELO, E.G., VOLK, H.A., 2011. Atualização em epilepsia canina - Parte I: Classificação, etiologia e diagnóstico. *Rev científica Med veterinária* 9, 682–690.
- Vargas, S.C., Oliveira Filho, P.R.C., Natori, M.M., Lima, C.G., Viegas, E.M.M., 2013. Evaluation of different stunning methods on aspects of animal welfare and meat quality of matrinxã (*BRYCON CEPHALUS*). *Ital J Food Sci* 25, 255–263.
- Viegas, E.M.M., Pimenta, F.A., Previero, T.C., Gonçalves, L.U., Durães, J.P., Ribeiro, M.A.R., Oliveira Filho, R.P.C., 2012. Métodos de abate e qualidade da carne de peixe. *Arch Zootec* 61, 41–50.

## Estudo 1

### Eletronarcose em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

#### Introdução

A produção de peixes em cativeiro tem crescido cada vez mais, em particular o Brasil produziu em 2011 um total de 628.704,3 t, mostrando aumento equivalente a 31,1% em relação à produção de 2010 (MPA, 2013).

Por sua vez a produção aquícola nacional de origem continental vem mostrando sua potencialidade, sendo que somente entre os anos de 2010 à 2011 o acréscimo produtivo chegou a 38%, a tilápia foi a espécie mais cultivada, representando aproximadamente 46,62% da produção aquícola continental (MPA, 2013).

Com o aumento de produção busca-se cada vez mais aprimorar os métodos aplicados durante a criação dos peixes, para o melhor bem-estar animal durante as fases de crescimento até o momento de serem levados para o frigorífico.

Existindo essa preocupação, pesquisadores têm buscado justificar cientificamente melhores metodologias para diferentes etapas da cadeia produtiva, como: a alimentação, o manejo, a qualidade da água, densidade de lotação, o transporte e o abate que são os principais pontos críticos (PEDRAZZANI, et al., 2007).

Esse último deve ser realizado de modo fácil, rápido, higiênico e manter as características da carne já que a questão da qualidade da carcaça é uma grande preocupação durante o método de abate dos peixes (CAGGINO; ROOB et al., 2002). Essas etapas devem ser seguidas para o bem-estar animal, assim diferentes métodos para a insensibilização e abate vem sendo estudados para os peixes, como a termonarcose (ROBB e KESTIN, 2000), imersão em água contendo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (KESTIN et al., 1995; LINES E KESTIN, 2005), eletronarcose (ROBB E KESTIN, 2000; LAMBOOIJ, 2002; BARHAM E SCHOONBEE, 1991), secção da medula, golpe letal na cabeça, morte por asfixia (PEDRAZZANI et al., 2007), sangria por via das brânquias (OLSEN, et al., 2006) e congelamento (imersão em nitrogênio líquido) (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2013).

Os métodos de insensibilização por asfixia e choque térmico não são eficientes, ou seja, não atendem o requisito de abate humanitário, pois causam sofrimento intenso e prolongado (ROBB et al., 2000; CONTE, 2004).

Para aves e suínos já se tem métodos de insensibilização estabelecidos, um desses é eletronarcose, amplamente utilizado para atordoamento desses animais, a qual também é aplicada a outros animais como ruminantes e coelhos para posterior eutanásia (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2013). Assim os requisitos para o abate humanitário de animais de sangue quente pode ser usado para propor um termo geral de referência para proteger os peixes na fase terminal, em que os animais devem estar inconscientes até a morte, sem excitação, dor ou sofrimento (VAN DE VIS et al., 2003). Dessa forma esse trabalho buscou verificar quanto tempo de exposição, tipo de tensão (Corrente Alternada (CA) ou Corrente Contínua (CC)) e nível de corrente elétrica (Amperes (A)) é necessário para deixar o animal mais tempo inconsciente.

### **Material e Métodos**

Foram utilizados 128 exemplares de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso de  $251,30 \pm 41,05$  g e comprimento de  $23,9 \pm 1,21$  cm, os quais foram adquiridos em piscicultura da região de Toledo-PR.

Os peixes foram capturados na piscicultura pelo período da manhã, acondicionados em caixa de transporte com aeração, e levados até o laboratório de instalações elétrica da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) *campus* de Toledo – PR.

### **Eletronarcose**

Utilizou-se dois tipos de tensão (Corrente alternada - CA e Corrente contínua – CC), para cada tensão foi utilizado 4 tempos de exposição (TE) diferentes (5, 10, 20 e 30 s) (ROBB et al., 2002 e LAMBOOIJ et al., 2002) e quatro correntes elétricas (CE), 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 A, com 4 repetições, formando fatorial  $2 \times 4 \times 4$ .

A insensibilização ocorreu no laboratório Instalações elétricas do curso de Engenharia Eletrônica da UTFPR, *campus* de Toledo. O equipamento utilizado para liberar as correntes contínuas e alternadas (VARIAC) foi regulado na corrente elétrica (A) desejada com auxílio de um multímetro, e um segundo multímetro para aferir os valores da tensão para CA e CC (Tabela 1), e de forma manual controlou-se os intervalos pré determinados de exposição de cada peixe.

Tabela 1: Valor da tensão correspondente a corrente elétrica (A) e tipo de corrente utilizada no momento da eletronarcose de tilápias do Nilo

Tipo de corrente	Corrente elétrica (A)				Hz
	1,5	3,0	4,5	6,0	
	Volts				
<b>Tensão CA</b>	45	82	131,7	178,2	60*
<b>Tensão CC</b>	49,5	89,5	126,5	188	0

A= Amperes; Hz= Hertz; CA= Corrente Alternada; CC= Corrente contínua, \*Hertz da rede local de abastecimento de energia elétrica

Foram utilizados dois eletrodos de alumínio com área de 288 cm<sup>2</sup>, esses foram instalados no interior de uma caixa plástica (55 x 24 x 36 cm) contendo 24,16 L de água. No centro da caixa foi adicionado um cesto (15 cm de raio e 20 cm de altura), o qual foi confeccionado com tela de plástico, esse foi utilizado para acondicionar o peixe e também para evitar contato direto com os eletrodos. Para melhorar a condutividade foi adicionado 0,03% de sal, que tornou a condutividade elétrica mais eficiente (VARGAS, 2011).

Para verificar quanto tempo os peixes ficaram inconscientes, foi utilizada uma câmera (SONY Cyber-shot DSC-W320 com 14.1 Megapixels) para gravar vídeos, após a gravação efetuou-se a análise das imagens, para verificar quantos segundos (s) cada peixe ficou insensibilizado. As gravações permitiram aplicar a metodologia de Kestin et al (2002), onde pode ser observado em quanto tempo após o atordoamento os peixes iniciariam o retorno normal de consciência, que pode ser verificado pelo retomada dos comportamentos espontâneos, envolvendo o comportamento natatório (NA), o equilíbrio (EQ) e batimento opercular (respiração) (BO).

Após a avaliação desses sinais, os peixes foram transportados para tanques de criação localizados InpAA (Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental) da Unioeste.

### Parâmetros da água

Os parâmetros físicos e químicos da água utilizada continham as seguintes características após a adição do sal: condutividade elétrica 713  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , pH 7,19, temperatura 32°C e oxigênio dissolvido 3,32 mg L<sup>-1</sup>, esses foram aferidos com auxílio de equipamentos portáteis.

### **Análise estatística**

Foi realizado teste ANOVA para cada tensão elétrica (CA e CC), em caso de diferença ( $p < 0,05$ ) aplicou-se teste de Tukey. Também foi verificado através de ANOVA fatorial 2 x 4 x 4, qual tensão permitia insensibilizar o peixe por mais tempo em caso de significância ( $p < 0,05$ ) utilizou-se teste de Tukey, para isso foi utilizado o programa STATISTICA 7.0.

O mesmo programa foi utilizado para avaliar os resultados de CA, para isso os dados foram centrados para evitar multicolinearidade e posteriormente aplicou-se a análise de componentes principais (PCA), a qual sumarizou as variáveis dependentes (tempo de retorno de batimento opercular (BO), natação errática (NA) e equilíbrio (EQ) que foram altamente correlacionadas. Sobre o componente principal extraído avaliou-se o efeito do tempo (s) e corrente (A) por meio de superfície de resposta. O mesmo foi realizado com a CC, mas com dados transformados em  $\text{Log}_{10}(x + 1)$ .

$$CP1 = \alpha_0 + \alpha_1 T + \alpha_2 A, \text{ onde: } T = \text{Tempo de exposição e } A = \text{Amperes}$$

### **Comitê de Ética**

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de ética no uso de animais (CEUA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE).

## **Resultados e Discussão**

### **Insensibilização por eletronarcose**

Os métodos de eletronarcose utilizados nesse trabalho influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) no tempo de retorno dos reflexos comportamentais (BO, NA e EQ) (Tabela 2), da tilápia do Nilo (*O. niloticus*) após aplicação do choque elétrico. E pela superfície de resposta é possível verificar que o peixe fica mais tempo insensibilizado com aumento de A e TE (Figura 2 e 3).

Tabela 2: Tempo de retorno (s) dos comportamentos espontâneos (BO, NA, EQ) de tilápias do Nilo após aplicação da eletronarcose em diferentes tempos de exposição e corrente elétrica (A), tanto para Corrente Alternada (CA) e Contínua (CC).

Tratamentos		Correntes utilizadas e parâmetros avaliados (s)					
TE (s)	A	CA <sup>A</sup>	CC <sup>B</sup>	CA <sup>A</sup>	CC <sup>B</sup>	CA <sup>A</sup>	CC <sup>B</sup>
		BO		NA		EQ	
5	1,5	7,75±7,72 <sup>cd</sup>	0,00±0,00 <sup>f</sup>	23,75±24,28 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	27,75±24,39 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>
	3,0	18,25±2,21 <sup>bcd</sup>	12,25±8,26 <sup>cdef</sup>	54,25±22,91 <sup>cde</sup>	32,50±36,59 <sup>cd</sup>	60,50±23,10 <sup>cd</sup>	48,50±36,63 <sup>de</sup>
	4,5	34,50±7,14 <sup>abcd</sup>	17,25±3,40 <sup>bcdef</sup>	69,5±14,46 <sup>bcde</sup>	44,75±29,07 <sup>cd</sup>	80,50±22,22 <sup>bcd</sup>	66,50±12,58 <sup>cde</sup>
	6,0	36,50±8,10 <sup>abcd</sup>	21,75±3,10 <sup>abcd</sup>	94,25±15,00 <sup>abcde</sup>	36,00±16,27 <sup>cd</sup>	120,25±14,84 <sup>bcd</sup>	58,75±12,45 <sup>cde</sup>
10	1,5	6,25±6,24 <sup>d</sup>	2,50±5,00 <sup>ef</sup>	30,25±42,58 <sup>e</sup>	19,00±24,10 <sup>cd</sup>	48,50±44,78 <sup>d</sup>	21,50±24,28 <sup>e</sup>
	3,0	18,00±15,58 <sup>bcd</sup>	19,25±7,18 <sup>bcde</sup>	42,75±36,34 <sup>de</sup>	92,00±41,24 <sup>bcd</sup>	79,50±67,62 <sup>bcd</sup>	100,50±30,75 <sup>bcde</sup>
	4,5	39,50±11,90 <sup>abc</sup>	14,25±4,92 <sup>cdef</sup>	83,50±18,65 <sup>abcde</sup>	32,25±20,12 <sup>cd</sup>	118,75±28,18 <sup>bcd</sup>	44,50±28,03 <sup>de</sup>
	6,0	40,25±8,10 <sup>ab</sup>	23,00±4,24 <sup>abcd</sup>	134,00±47,56 <sup>abc</sup>	67,75±31,69 <sup>bcd</sup>	174,50±79,43 <sup>bcd</sup>	75,50±25,17 <sup>cde</sup>
20	1,5	21,50±24,10 <sup>bcd</sup>	6,25±5,32 <sup>def</sup>	64,00±26,46 <sup>bcde</sup>	13,75±14,68 <sup>cd</sup>	69,00±25,42 <sup>cd</sup>	53,50±13,18 <sup>de</sup>
	3,0	25,50±9,33 <sup>bcd</sup>	14,25±1,71 <sup>cdef</sup>	79,00±22,70 <sup>abcde</sup>	206,50±115,92 <sup>ab</sup>	131,00±67,99 <sup>bcd</sup>	214,00±114,01 <sup>ab</sup>
	4,5	40,75±11,67 <sup>ab</sup>	22,00±10,23 <sup>abcd</sup>	115,50±17,54 <sup>abcd</sup>	81,00±38,93 <sup>bcd</sup>	139,50±15,50 <sup>bcd</sup>	103,00±26,32 <sup>bcde</sup>
	6,0	64,25±27,90 <sup>a</sup>	30,50±4,93 <sup>abc</sup>	154,50±26,64 <sup>a</sup>	81,00±57,25 <sup>bcd</sup>	241,50±121,23 <sup>ab</sup>	99,00±50,09 <sup>bcde</sup>
30	1,5	14,25±2,5 <sup>bcd</sup>	7,75±2,50 <sup>def</sup>	47,25±15,59 <sup>de</sup>	15,25±9,39 <sup>cd</sup>	70,50±25,62 <sup>cd</sup>	40,50±15,59 <sup>de</sup>
	3,0	43,75±14,36 <sup>ab</sup>	38,75±21,06 <sup>a</sup>	140,75±55,80 <sup>ab</sup>	244,25±141,23 <sup>a</sup>	212,75±73,80 <sup>abc</sup>	251,00±136,57 <sup>a</sup>
	4,5	37,75±7,41 <sup>abcd</sup>	24,75±5,32 <sup>abcd</sup>	143,25±59,65 <sup>ab</sup>	125,25±82,03 <sup>abcd</sup>	179,25±41,73 <sup>bcd</sup>	196,25±72,04 <sup>abc</sup>
	6,0	41,25±4,03 <sup>ab</sup>	35,50±2,38 <sup>ab</sup>	154,50±27,96 <sup>a</sup>	150,75±47,48 <sup>abc</sup>	360,75±150,17 <sup>a</sup>	171,25±42,98 <sup>abcd</sup>
p							
A		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TE (s)		0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A*TE (s)		0,15	0,09	0,28	0,05	0,22	0,07

Dados apresentados pela média e desvio padrão. Letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos dentro do mesmo tipo de corrente (Tukey, 5%). TE (s): Tempo de exposição (segundos) dos peixes; CE (A): Corrente elétrica (Amperes); CA: Corrente Alternada; CC: Corrente contínua; BA: Batimento opercular; NA: Natação; EQ: Equilíbrio

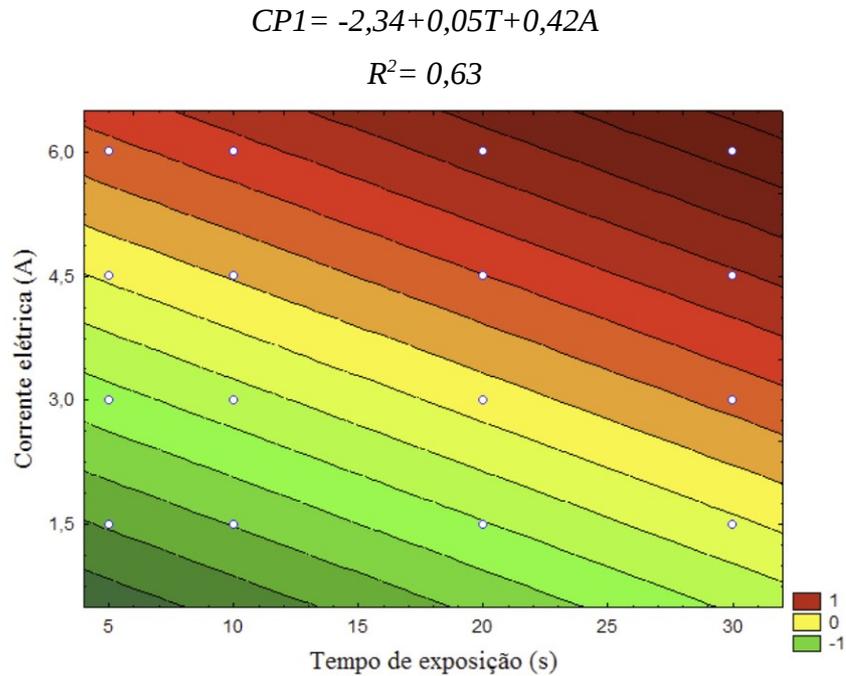


Figura 2: Curvas de contorno do tempo necessário para o retorno dos sinais de comportamento espontâneo da tilápia do Nilo após insensibilização em CA com diferentes correntes elétricas (A) e diferentes tempos de exposição.

Sendo que os peixes insensibilizados em CA (Figura 3) ficaram mais tempo inconscientes quando expostos ao tratamento de 30 s e corrente elétrica de 6 A, tendo apresentado como resposta os tempos para retorno dos sinais de consciência entre 37 a 43 s, 126 a 179 s e 299 a 327 s, até se ter início do batimento opercular, natação errática e equilíbrio, respectivamente.

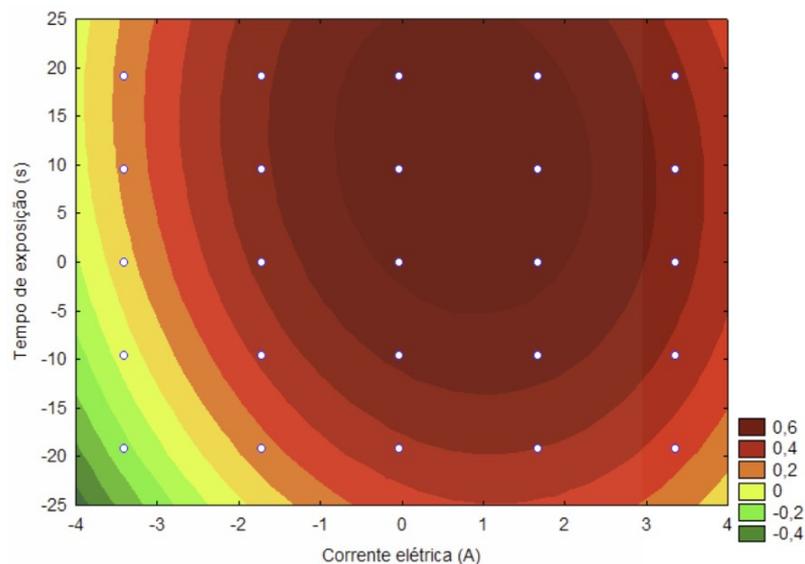
Robb e Rhot (2003) ao realizarem atordoamento elétrico (CA) em salmão do atlântico (*Salmo salar*) verificaram que o tempo de recuperação desse peixe dependia da combinação da duração da corrente e a força do campo elétrico, esta combinação também influenciou nos resultados deste estudo, sendo que na medida em que aumentava essa combinação, observava-se maior tempo de atordoamento dos peixes. No entanto, o fator tempo é o que mais tem influência nos resultados (Figura 2 e 3).

De acordo com outros autores, a utilização de correntes de alta frequência (50 – 100 Hz) são mais eficientes para insensibilizar o animal (Roth et al., 2004), como pode ser verificado nesse trabalho, que utilizou 60 Hz em CA.

Podemos observar a forma não-linear da superfície de resposta apresentada na figura 4, demonstrando efeitos de segunda ordem entre os parâmetros, obtendo-se uma ampla região de várias combinações entre tempo, corrente elétrica e resposta comportamental. Mas os melhores resultados apresentaram intervalos de -0,0403 a 19,096s de exposição e entre corrente elétrica (A) de -0,024 a 1,66, resultando em um tempo real de insensibilização entre 28-34, 98-113, 113-138s até que os peixes apresentassem retorno dos sinais de batimento opercular, natação errática e equilíbrio, respectivamente (Figura 3).

$$CP1=0,62+0,05*A+0,007*T-0,032*A^2-0,0007*A*T-0,0003*T^2$$

$$R^2=0,25$$



*Figura 3: Superfície de resposta (A) e curvas de contorno (B) do tempo necessário para o retorno dos sinais de comportamento espontâneo da tilápia do Nilo após insensibilização em CC com diferentes correntes elétricas (A) e diferentes tempos de exposição*

Embora tenha sido utilizadas correntes altas e tempos longos para a eletronarcore das tilápias, elas não chegaram ao ponto de eutanásia, apresentando maior resistência a eletronarcore quando comparado com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) de 300 - 400g, essas quando expostas de 20 até 30 s a 128 V apresentaram mortalidade parcial e total, respectivamente (ROOB et. al., 2002).

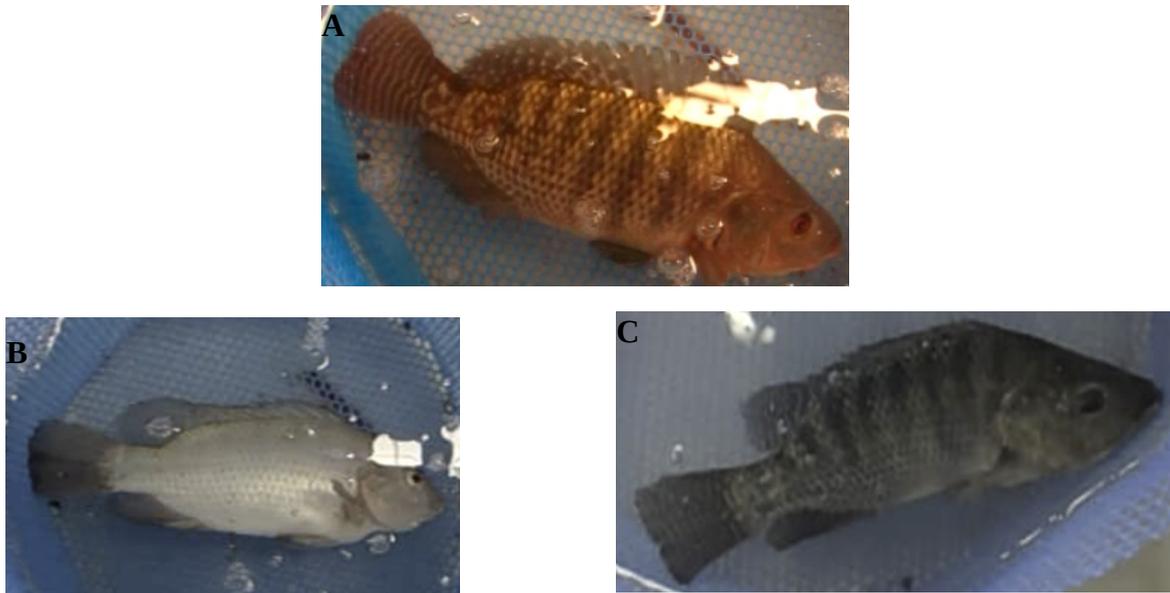
Segundo Lamboij et al., (2002), os efeitos da eletronarcore nos parâmetros comportamentais dos animais após o choque indicam que ele está insensível e inconsciente devido à exaustão provocada pela energia elétrica.

Ao expor os peixes aos diferentes tratamentos, foi possível observar sinais imediatos de crise epiléptica, o que segundo outros estudos significa a perda de consciência para mamíferos, o mesmo é relatado para peixes, onde o retorno do batimento opercular do salmão (*Salmo salar*) coincide com o retorno de consciência do animal (Robb e Roth, 2003; Raj, 1998). A reação epileptiforme ocorre devido à passagem da corrente elétrica através do cérebro, e assim ocorre os estágios tônicos, clônicos e exaustão (LAMBOIJ, et al., 2006).

Por conseguinte outro fato foi verificado, o de ausência tanto do equilíbrio e de batimento opercular nas tilápias, mostrando que o fluxo de corrente elétrica foi suficiente para o atordoamento, como o relatado para salmão do atlântico (*Salmo salar*) ao serem submetidos a eletroanestose por corrente alternada (LAMBOIJ, et al., 2006; ROBB e RHOT, 2003).

Em todos os tratamentos os peixes ficaram sem equilíbrio (de cabeça para baixo) e sem respirar como já descrito, o que sugere a perda de consciência e também da sensibilidade, de acordo com Lamboij e colaboradores (2002). E logo após o fim de cada tratamento os peixes apresentaram relaxamento muscular, retorno dos batimentos do opérculo, natação errática e por último retomavam o equilíbrio, o que segundo Robb e colaboradores (2002) já é esperado.

Outras alterações foram quanto à coloração do tecido epitelial, pois os peixes ficaram com tonalidade mais clara durante o processo de insensibilização (Figura 5), o mesmo foi observado por Melo (2015) ao insensibilizar bijupirá (*Rachycentron canadum*) com 100; 150 e 200 Volts.



*Figura 4: Mudança de coloração da Tilápia do Nilo, A) antes, B) durante e C) depois da insensibilização por eletronarcolese.*

Ainda esse último autor relata que houve propulsão da musculatura bucal do bijupirá, esse efeito ocorreu nas tilápias, mas não de forma generalizada, tanto para CA e CC, quando os métodos eram mais onerosos (tratamentos de 30 s e 6 A em CC e CA).

Outros fatores como lesões na coluna vertebral e hematomas, não foram observadas nos peixes filetados, esses resultados corroboram com os dados de Roth et al. (2007).

### **Conclusão**

Conclui-se que ambas as correntes elétricas utilizadas (CA e CC) são capazes de deixar a tilápia do Nilo (*O. niloticus*) inconscientes por um determinado período de tempo, mas o melhor método foi a aplicação utilizando CA de 3 e 6 A por 30 segundos.

Para melhorar o método de abate pesquisas e outros aprimoramentos devem ser feitos, como automação do processo e análises quanto a qualidade e estresse desses animais.

## Referências Bibliográficas

BARHAM, W. T., SCHOONBEE, H. J. A comparison of the effect of alternating current electronarcosis, rectified current electronarcosis and chemical anaesthesia on the blood physiology of the freshwater bream *oreochromis mossambicus* (Peters)---iii. the effect on the plasma electrolytes  $Ca^{2+}$ ,  $Na^{+}$  and  $K^{+}$  and on the osmotic pressure of the blood. *Camp. Biochem. Physiol.* Vol. 100A, N° 2, p. 357-360, 1991.

CAGGIANO, M. Quality in harvesting and post-harvesting procedures –influence on quality. Fish freshness and quality assessment for sea bass and sea bream. FILE NAME MEGEFORMAT, 2002.

KESTIN, S., WOTTON, S., ADAMS, S., 1995. The effect of  $CO_2$ , concussion or electrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on fish welfare. *Quality in Aquaculture*. European Aquaculture Society, Special Publication 23, Gent, Belgium, pp. 380 – 381.

KESTIN, S.C.; VAN DE VIS, J.W.; ROOB, D.H.F. Protocol for assessing brain function I fish and the effectiveness of methods used to stun and kill them. *Veterinary Record*, v. 150, p. 302-307, 2002.

LAMBOOIJ E., VAN DE VIS J.W., KUHLMANN H., MUÈNKNER W., OEHLenschlÄGER J., KLOOSTERBOER R.J. & PIETERSE C. 2002, A feasible method for humane slaughter of eel (*Anguilla anguilla* L.): electrical stunning in fresh water prior to gutting. *Aquaculture Research* 33, 643-652.

LAMBOOIJ, B., KLOOSTERBOER, K., GERRITZEN, M.A., ANDRE, G., VELDMAN, M., VAN DE VIS, H., 2006. Electrical stunning followed by decapitation or chilling of African catfish (*Clarias gariepinus*): assessment of behavioural and neural parameters and product quality. *Aquac. Res.* 37, 61–70

LAMBOOIJ, E., VAN DE VIS, J.W., KUHLMANN, H., MÜNKNER, W., OEHLenschlÄGER, J., KLOOSTERBOER, R.J., PIETERSE, C., 2002. A feasible method for humane slaughter of eel (*Anguilla anguilla* L.): electrical stunning in fresh water prior to gutting. *Aquaculture Research* 33, 643–652.

LINES, J., KESTIN, S., Electric stunning of trout: power reduction using a two-stage stun. *Aquacultural Engineering* 32 (2005) 483–491.

MELO, F.V.S.T. Insensibilização do bijupirá (*Rachycentron canadum*) com eletronarcose: efeitos sobre a qualidade da carne. 2014. 105 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Resolução normativa nº 13, de 20 de setembro de 2013. Diário Oficial da União. < <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?journal=1&pagina=5&data=26/09/2013&captchafield=firistAccess>>. Acesso em: 22 maio 2013.

MPA, Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim estatístico de pesca e aquicultura, 2013.

Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/imprensa/noticias/2140-mpa-lanca-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2011>>. Acesso em: 02 outubro 2013.

PEDRAZZANI, A. S. Reconhecimento da sciência e proposta de método alternativo de abate. 2007. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PEDRAZZANI, A. S., MOLENTO, C. F. M., CARNEIRO, P. C. F., FERNANDES-DE-CASTILHO, M. Senciência e bem-estar de peixes: Uma visão de futuro do mercado consumidor. Panorama da Aquicultura, p. 24-29, 2007.

RAJ, M., 1998. Welfare during stunning and slaughter of poultry. Poultry Sci. 77, 1815 – 1819.

ROBB, D. H. F.; ROTH, B. Brain activity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) following electrical stunning using various field strengths and pulse durations. Aquaculture, p. 363-369, 2003.

ROBB, D.; KESTIN, S.; LINES, J. Progress with humane slaughter. Fish Farmer. November/December 2000, 44p.

ROOB, D. CALLAGHAN, M. O. LINES, J. A. KESTIN, S. E. Eletrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): factors that effect stun dutation. Aquaculture, p. 359-371, 2002.

ROTH, B., MOELLER, D., SLINDE, E., 2004. Ability of electric field strength, frequency, and current duration to stun farmed Atlantic salmon and pollock and relations to observed injuries using sinusoidal and square wave alternating current. N. Am. J. Aquac. 66, 208–216.

ROTH, B. et al. Slaughter quality and rigor contraction in farmed turbot (*Scophthalmus maximus*); a comparison between different stunnig methods. Aquaculture, Amsterdam, v. 272, p. 754-761, 2007.

ROTH, B.; IMSLAND, A.; GUNNARSSON, S.;FOSS, A.; SCHEVIS-SMIT, R.; Slaughter quality and rigor contraction in farmed turbot (*Scophthalmus maximus*); a comparision between different stunning methods. Aquaculture v.272, p. 754 a 761, 2007.

VAN DE VIS, H. KESTIN, S. ROOB, D. OEHLENSCHLÄGER, J. LAMBOUIJ, B. MÜNKNER, W. KUHLMANN, H. KLOOSTERBOER, K. TEJADA, M. HUIDOBRO, A. OTTERÅ, H. ROTH, B. SØRENSEN, N. K. AKSE, L. BYRNE, H. NESVADBA, P. Is humane slaughter of fish possible for industry?. Aquaculture Research 34, p. 211-220, 2003.

VARGAS, S. C. 2011. Avaliação de métodos de abate sobre a qualidade da carne de matrinxã (*Brycon cephalus*), armazenados em gelo 85f. Dissertação Mestrado em Zootecnia - Qualidade e Produtividade Animal - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.

## Estudo 2

### Resumo

Esse estudo teve como objetivo aferir se a aplicação da eletronarcose em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) manteriam ou não as características do filé fresco. Para a insensibilização por eletronarcose foi utilizado três métodos, a aplicação de corrente alternada (CA) em 3 e 6 amperes (A) e corrente contínua (CC) em 3 A, para cada método utilizou-se 14 peixes, todos insensibilizados de forma individual por um período de exposição de 30 segundos (s). Também foi utilizado um método controle, que consistiu em eutanasiar 14 peixes em gelo e água (2 : 1). Os filés foram mantidos em caixa isotérmica, com camadas alternadas de gelo e filé, e então a caixa foi armazenada em refrigerador para manter a temperatura próximo de 0 °C. Para verificar mudanças na coloração os filés dos peixes foram fotografados, tanto o lado externo quanto o interno, logo após a filetagem. As demais análises ocorreram em intervalos de 72 horas (h) por um período de 36 dias, onde foi aferido o pH e o índice de qualidade (MIQ). Os métodos utilizados para eletronarcose não alteraram ( $p > 0,05$ ) as características do filé ao comparar as variáveis mensuradas com o método de controle. A avaliação MIQ apresentou grande correlação ( $R^2$  de 0,94 a 0,96) com os dias de avaliação, mostrando que os filés apresentavam características aceitáveis até o dia 9, não sendo influenciada pelo método de insensibilização. Também não foi influenciado pelo método de insensibilização o pH, sendo correlacionado somente com a variável tempo, apresentando valor aceitável próximo de 6,8 no dia 9. E a coloração do filé (brilho ( $L^*$ ), vermelho ( $a^*$ ) e amarelo ( $b^*$ )) não foi alterado pelos métodos de insensibilização utilizados nesse estudo, tanto para o lado interno quanto o externo do filé. Assim os métodos de eletronarcose em CA ou CC podem ser utilizados para a insensibilização de tilápias com peso de  $224,68 \pm 50,51$ g e comprimento médio de  $23,49 \pm 1,76$  cm, sem alterar as características do filé.

## Qualidade do filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) insensibilizadas por eletronarcose

### Introdução

As características genéticas e aceitação do mercado consumidor, contribuíram para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) ser a espécie mais produzida na aquicultura (Monteiro, 2013). A sua carne possui características indispensáveis para o consumidor, como textura firme, sabor pouco acentuado, não possui espinha em “Y” e carne de coloração branca (Souza, 2002).

Segundo Lambooij et al., (2008), as variações na coloração  $a^*$  (-100, verde e +100 vermelho),  $b^*$  (-100, azul e +100, amarelo) e brilho ( $L^*$ ) (- 100, preto e +100, branco), são significativamente dependentes do método de atordoamento e de abate, como no caso do robalo (*Dicentrarchus labrax*). Para manter as características do peixe o abate deve ocorrer o mais rápido possível após a captura, evitando a fadiga dos animais.

Diferente de alguns métodos utilizados, como inserir o peixe em gelo, aplicação na qual é questionada por causar morte lenta dos peixes, e em alguns casos isso pode levar de 10 a 15 minutos (Pedrazzani et al., 2009).

Em situação de muito estresse se tem grande perda de glicogênio e menos ácido lático no músculo, isso deixa o pH próximo ao neutro, dando início a degradação da carne devido a ação de enzimas e desenvolvimento bacteriano (Monteiro, 2013).

Além dos fatores de pré-abate, que comprometem a qualidade do pescado, tem as condições de armazenamento (temperatura, umidade relativa, luminosidade, oxigênio, entre outros) que interferem no tempo de vida útil do produto (Soares and Gonçalves, 2012a). Para propiciar maior tempo de prateleira tenta-se evitar ou ao menos retardar a autólise, utiliza-se o resfriamento logo após o abate, reduzindo a temperatura, fazendo com que se mantenha as características do produto, como maciez, cor e capacidade de retenção de água (Gomes, 2006; Siqueira, 2001).

Afim de verificar possíveis diferenças quanto as características de filés de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) foram realizadas insensibilizações utilizando gelo e eletronarcose, com o objetivo de verificar as possíveis alterações de cor interna e externa do filé, e por um período de 36 dias as variações de pH e índice de qualidade (MIQ).

## Material e Métodos

Com base nos resultados de retorno comportamental dos peixes no primeiro estudo (Estudo 1), os testes com CA em 3 e 6A por 30s, CC em 3A e 30s provocaram maior tempo de insensibilização, assim utilizamos esses parâmetros para o segundo estudo.

A segunda avaliação buscou verificar a qualidade de 14 filés para cada método de atordoamento (Tabela 3), a mesma quantidade foi utilizada para o controle, que foram filés extraídos de peixes insensibilizados em gelo.

*Tabela 3: Peso dos peixes (tilápia do Nilo) utilizados em diferentes métodos de insensibilização e posterior obtenção do filé, para análise de índice de qualidade, pH e coloração*

Método de insensibilização	Peso médio e desvio padrão (g)	
	Peixe	Filé
Gelo	215,94 ± 80,1	63,6 ± 26,02
CC 3A	249,21 ± 33,6	74,52 ± 12,64
CA 6A	227,5 ± 33,1	69,82 ± 13,27
CA 3A	206,1 ± 32,4	61,64 ± 12,57

Os 56 peixes com peso de  $224,68 \pm 50,51$ g e comprimento médio de  $23,49 \pm 1,76$  cm, foram insensibilizados no laboratório de Instalações Elétricas anexo a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) *campus* de Toledo – PR. Posteriormente foram identificados e estocados em gelo para o transporte, e então filetados no laboratório de Tecnologia do Pescado anexo ao Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura (GEMAg) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – *Campus* de Toledo – PR. os filés foram estocados em caixa isotérmica com gelo (aproximadamente 0°C) e acondicionada em um refrigerador para manter a temperatura, e a troca de gelo ocorreu a cada 72h.

As análises foram realizadas logo após a filetagem (Tempo 0) e posteriormente a cada 72 horas por um período de 36 dias, utilizando-se três filés de cada tratamento codificados com números de três dígitos, sendo os mesmos pontuados e analisados de forma individual por cada um dos cinco avaliadores. Para a aplicação do método de índice de qualidade (MIQ) foi utilizada a metodologia de Soares e Gonçalves (2012) para filés de tilápia do Nilo (*O. Niloticus*) (Tabela 4).

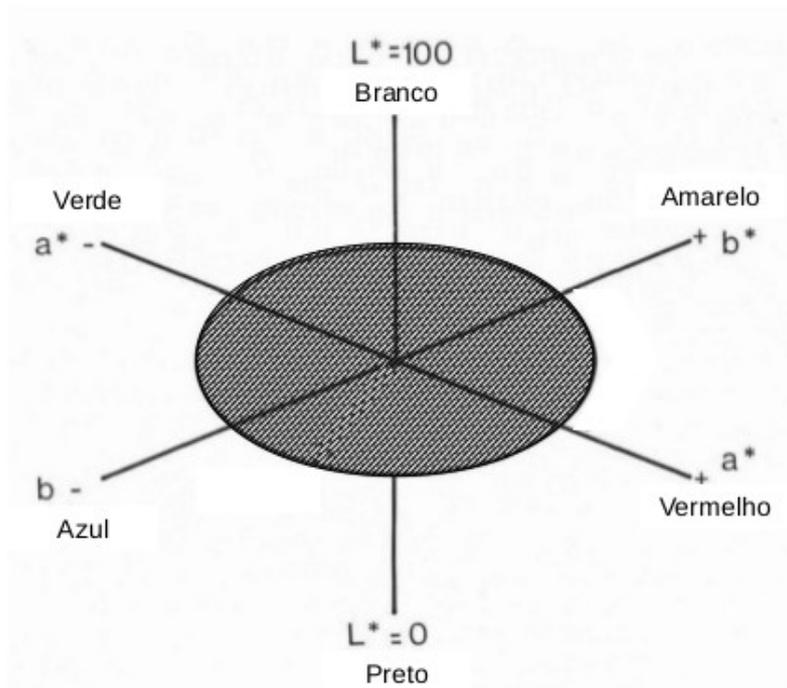
Tabela 4: Pontuação dos parâmetros sensoriais de filé de tilápia

Parâmetros	Características	Nota
Cor	Brilhante, bege a rosa claro	0 ( )
	Ligeiramente opaca, bege mais escurecido	1 ( )
	Bege opaca, intercalada com manchas rosadas escurecidas	2 ( )
Muco	Transparente e fino	0 ( )
	Ligeiramente viscoso	1 ( )
	Muito viscoso	2 ( )
Odor	Fresco	0 ( )
	Não fresco, mas neutro	1 ( )
	Amoniacal	2 ( )
	Pútrido	3 ( )
Textura	Firme	0 ( )
	Ligeiramente mole	1 ( )
	Mole	2 ( )
	Completamente <u>autolisado</u> , desfragmentando-se ao toque	3 ( )
Sangue	Vermelho brilhante	0 ( )
	Rubro a vinho	1 ( )
	Amarronzado	2 ( )
Disposição das fibras musculares	Sem abertura, poucas aberturas	0 ( )
	Com abertura em menos de 25% do filé	1 ( )
	Com abertura em mais de 75% do filé	2 ( )
Índice de Qualidade		0 - 14

*Adaptado de Soares e Gonçalves (2012)*

### Coloração do músculo (L\*, a\*, b\*)

A musculatura foi fotografada no dia zero e aplicado a metodologia de análise de coloração elaborada por (Rezende et al., 2012), a fim de determinar qual tipo de corrente elétrica seria menos prejudicial a musculatura do animal quanto a coloração (Figura 5) a\* (-100, verde e +100 vermelho) e b\* (-100, azul e +100 amarelo), e se tem diferença quando no brilho (L\*) (-100, preto e +100, branco) quando essas variáveis são comparadas com o método de insensibilização tradicional que é realizado em gelo.



*Fonte: adaptado de Weatherall e Coombs (1992)*

*Figura 5: Espaço de cor CIELAB*

### **Potencial hidrogeniônico (pH)**

O pH dos filés foram determinados em triplicata utilizando-se três filés de cada tratamento, os quais foram triturados e homogeneizados. Foram homogeneizados 10g da amostra em 40 ml de água destilada e mensurou-se o pH com o emprego de um peagâmetro de imersão (BRASIL 1981; SANTOS, 2013).

### **Parâmetros da água**

Os parâmetros físicos e químicos da água (pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ), do sistema foram aferidos com auxílio de equipamentos portáteis.

### **Análise estatística**

A análise estatística foi realizada utilizando o software Statistica (versão 7.0). Foram aplicados testes para verificar se os dados atendem os pressupostos de normalidade e homogeneidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, nos casos em que os pressupostos não

foram atendidos houve transformação dos dados (Log, raiz quadrada ou rank). Para os dados, que mesmo depois de transformados, não atenderam aos pressupostos utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Para o índice de qualidade foi aplicado regressão linear simples para cada método de atordoamento e também foi extraído o coeficiente de correlação ( $R^2$ ).

Para análise estatística do pH e índice de qualidade foi aplicado ANOVA de medidas repetidas, quando observado variações significativas aplicou-se teste de médias Tukey. Já para os dados de coloração dos filés (lado interno e externo) foram feitos teste de ANOVA, quando necessário foi aplicado teste de Tukey.

## Resultados e Discussão

O método de avaliação do índice de qualidade do filé (IQ) teve alta correlação ( $R^2$  entre 0,94 e 0,96) com o tempo de estocagem dos filés (Figura 6), sendo que houve interação do tempo ( $p < 0,05$ ) com IQ (Figura 8 A) e o método de insensibilização ( $p < 0,05$ ) com IQ (Figura 7 B), não havendo interação entre as variáveis predictoras ( $p > 0,05$ ).

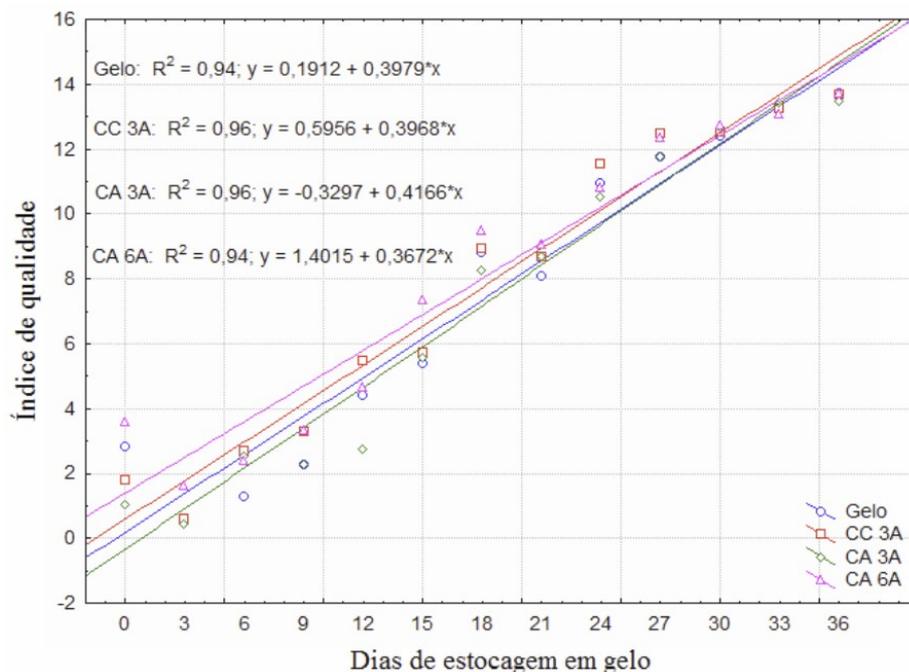


Figura 6: Índice de qualidade de filés de tilápia armazenados em gelo após a insensibilização por diferentes métodos

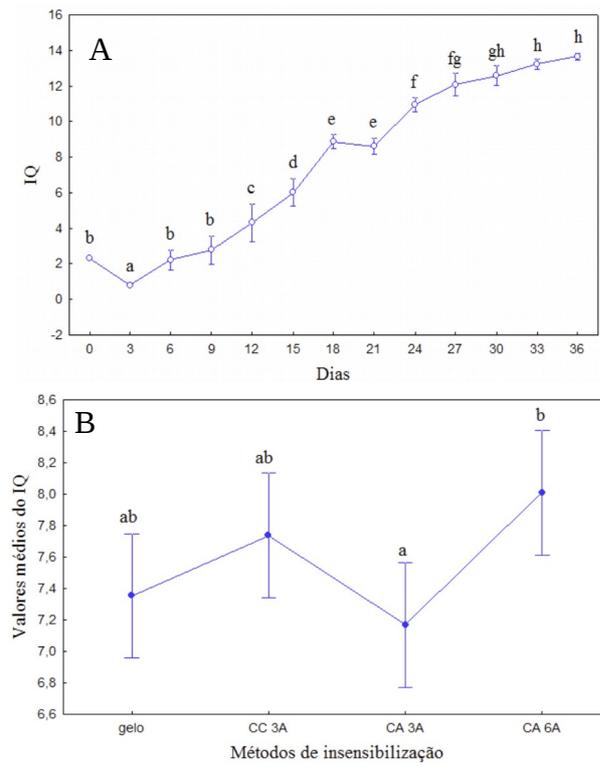


Figura 7: A: Variação do índice de qualidade (IQ) com os dias de estocagem, B: Variação média do IQ nos diferentes métodos de insensibilização

### Qualidade dos filés (MIQ)

A pontuação de todos os parâmetros de frescor aumentou com o decorrer do tempo de estocagem (Figura 8), sendo próximos a 0 nos primeiros dias. Isso também é verificado em outros trabalhos que utilizam o IQ, como pesquisas com sardinha e bacalhau, mostrando que o

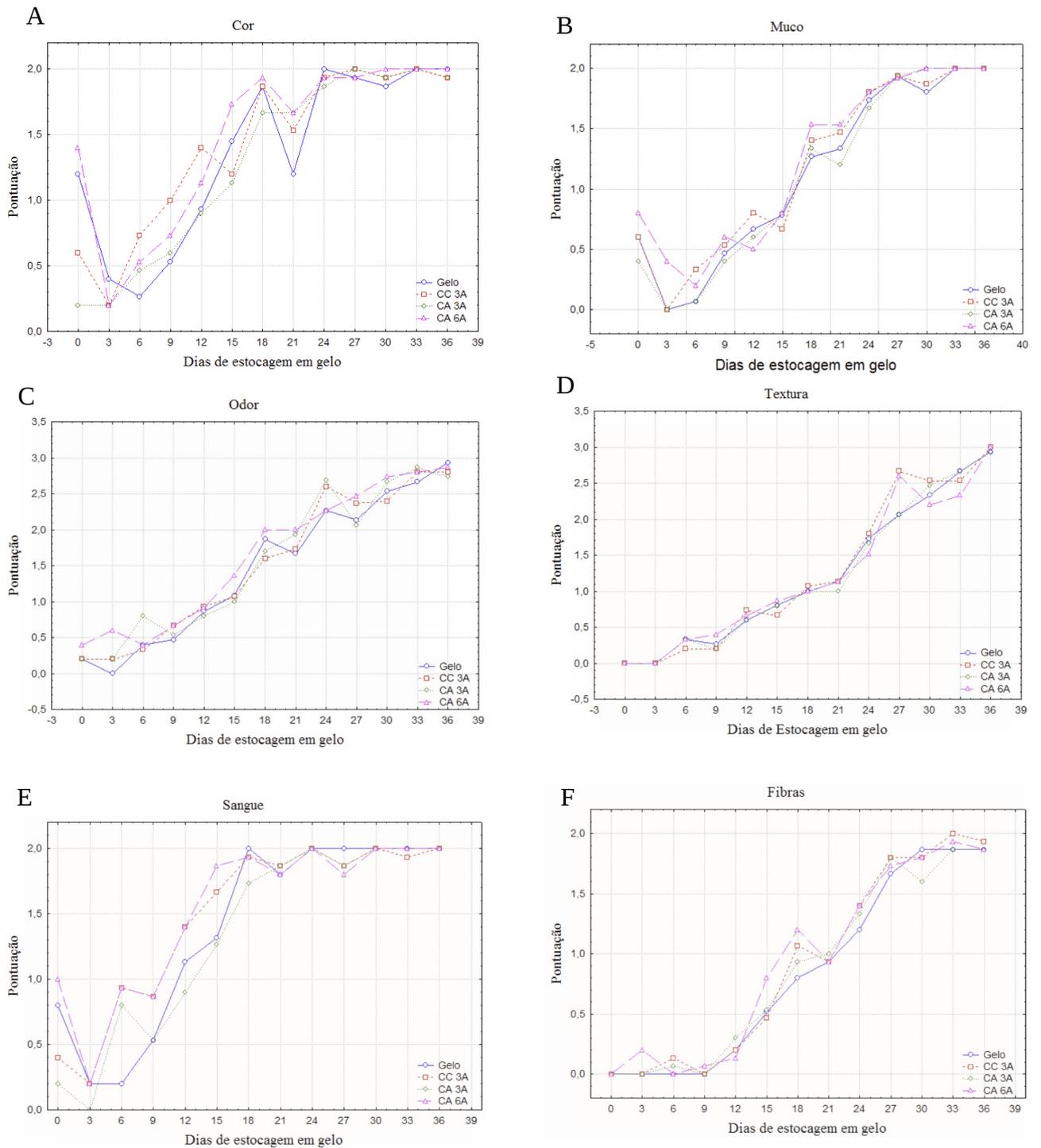


Figura 8: Pontuações médias para cada atributo de qualidade avaliados nos filés pelo método do índice de qualidade (IQ)

aumento na pontuação ocorre devido ao grande tempo de armazenamento (Figura 7), e quanto mais dias estocado maiores são as atividades microbiológicas e físico-químicas, mudando as características do produto (Bonilla et al., 2007; Ritter et al., 2016)

As pontuações para odor, textura e fibras (Figura 8) tiveram crescimento linear a cada análise realizada, já os demais apresentaram maior oscilação.

Os filés obtidos de peixes insensibilizados em gelo e CA 6 A apresentaram coloração bege escurecido, e para o ensaio com CA e CC em 3 A obteve-se cor tendendo do bege ao rosa mais claro, no dia 0 (Figura 8 A). E a cor bege ficou mais escurecida nos dias 15 e 18.

O muco ficou transparente e fino até o dia 9, apresentando pontuações igual a 0, significando que estava fresco, posterior a isso houve aumento nas notas (Figura 8 B). Quanto ao odor, todos os filés apresentaram características de frescor (pontuação 0) até o dia 9, e do dia 12 à 18 essa característica estava neutra (pontuação 1), posteriormente entre os dias 18 e 24 a pontuação dos filés ficaram em torno de 2, significando odor amoniacal (Figura 8 C).

Os filés apresentaram textura firme até o dia 15, e nos dias 18 ao 24 ligeiramente mole, para todas as amostras (Figura 8 D). Quanto ao sangue houve características de frescor no dia 0 (vermelho brilhante) para os filés de peixes que passaram por CA e CC em 3A, diferente dos demais que chegaram à pontuação mais próxima de um, significando que a cor estava de rubro a vinho, e posteriormente todos apresentaram essa ultima característica até o dia 15 (Figura 8 E). Já a disposição das fibras musculares apresentou poucas ou nenhuma abertura até o dia 15, e a partir desse ao dia 24 tinha-se em torno de 25% de abertura das fibras (Figura 8 F).

Assim as pontuações dos aspectos avaliados nos filés que representavam o estado de filé fresco a degradado, esse último foi observado a partir do dia 18, sendo que a formação de muco e o odor da musculatura atingiu a pontuação máxima aceitável próximo ao dia 24, a textura e fibras chegou ao máximo no dia 36 e o sangue e a coloração apresentou pontuação máxima a partir do dia 18.

Quanto a disposição das fibras elas representam fendas presentes entre os blocos musculares, podendo romper o tecido conjuntivo, e assim quebrar os blocos de miotomas (Pittman et al., 2013; Robb et al., 2000).

Os valores de pH, não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) devido a interação tempo e tratamento. Essa variável influenciada ( $p < 0,05$ ) pelo tempo mostrou que a partir do 9º dia chegou próximo do limite de 6,8 o qual não é ideal segundo Scherer et al.,

(2006). Os filés retirados de tilápias que passaram por eletronarcose apresentaram valores de  $6,32 \pm 0,27$  CC 3A,  $6,26 \pm 0,28$  CA 3A,  $6,09 \pm 0,36$  CA 6A e o gelo com valor de  $6,49 \pm 0,46$ .

Esse aumento do pH ocorre pelo fato das proteínas sofrerem hidrólise, facilitando a atividade de microrganismos e o amolecimento da carne, isso foi notado no presente trabalho, onde as pontuações para textura ligeiramente mole coincidiram com resultados de pH mais elevados, por volta do dia 15, e a partir desse dia o pH chega a mais de 7, e a textura ficou com característica mole com desfragmentação ao toque.

Em estudos realizados por (Soares and Gonçalves, 2012b), o método de índice de qualidade (IQ) pode confirmar o ponto de rejeição dos filés, corroborando com o ponto de rejeição do pH. Esses autores tiveram resultados para tempo de estocagem de filés de tilápia (*O. niloticus*) de 15 dias, ao compararem resultados de pH do músculo com o IQ, obtendo pontuação para IQ de 12 pontos totais.

Já as pontuações de IQ do presente estudo no dia 15 ficaram baixas, menos da metade do total que poderia ser atingido, esse aspecto também foi constatado em trabalhos com sardinhas (*Sardinops sagax*), em que obtiveram pontuação máxima de 12,5 dos 20 pontos possíveis de serem atingidos pelo IQ (Musgrove et al., 2007). Isso também pode ocorrer devido a dificuldade encontrada para determinar alguns aspectos, como a textura e disposição das fibras, o que também foi descrito por (Bonilla et al., 2007), que relatam dificuldade ao verificar a textura de filés de bacalhau (*Gadus morhua*), pois havia variações nesse aspecto conforme o local avaliado de cada amostra. Assim pode ser indicado 15 dias de estocagem em gelo para os filés de tilápia obtidos de diferentes métodos de insensibilização.

### **Coloração**

Não foram observadas diferenças ( $p > 0,05$ ) na coloração dos lados internos e externos dos filés ( $L^* = -100$ , preto à  $+100$ , branco,  $a^* = -100$ , verde à  $+100$ , vermelho,  $b^* = -100$ , azul à  $+100$ , amarelo, C = Ciano, M = Magenta, Y = Amarelo e K = Preto) (Tabela 5), mostrando que o método de eletronarcose aplicado nesse estudo não alterou a cor do filé, ficando igual ao método tradicional ( uso de água e gelo).

Tabela 5: Valores médios de coloração ( $L^* = -100$ , preto a  $+100$ , branco,  $a^* = -100$ , verde a  $+100$ , vermelho,  $b^* = -100$ , azul a  $+100$ , amarelo) de ambos os lados do filé de tilápia do Nilo

Método de insensibilização	Interno		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$
CA (3A)	18,64 ± 7,3	6,14 ± 4,6	7,92 ± 2,8
CC (3A)	20,16 ± 5,6	7,86 ± 4,4	8,53 ± 1,6
CA (6A)	19,43 ± 9,4	7,04 ± 4,6	8,30 ± 2,9
GELO	24,64 ± 8,7	4,46 ± 4,0	8,36 ± 3,1
Externo			
CA (3A)	15,87 ± 5,1	15,13 ± 5,4	9,59 ± 3,5
CC (3A)	15,1 ± 3,1	18,17 ± 4,5	11,3 ± 2,4
CA (6A)	17,39 ± 6,6	17,17 ± 5,3	11,49 ± 4,0
GELO	17,99 ± 3,3	18,99 ± 4,5	12,46 ± 4,0

Em estudos com bijupirá (*Rachycentron canadum*) também não se teve diferença estatística ( $p > 0,05$ ) nas variáveis  $L^*$ ,  $b^*$ , ao realizar métodos de insensibilização por eletronarcose,  $CO_2$  e hipotermia, mas quanto à cor  $a^*$  que corresponde ao vermelho, foi mais intensa em peixes que passaram por eletronarcose (Vargas, 2015). Isso pode ocorrer devido à insensibilização por choque elétrico induzir a estenose das veias e o sangue acaba acumulando nos tecidos e muda as características do filé (Morzel and van de Vis, 2003). Esse último fato não pode ser definido nesse estudo uma vez que não observou-se diferenças na coloração, mas isso pode ter ocorrido no estudo de Vargas (2015) devido a insensibilização, a qual foi mais intensa, utilizando 155 V e 7,3 A, e tempo de exposição de 3min, diferente do presente estudo, em que a maior corrente elétrica foi de 6 A e o tempo de exposição máximo foi de 30 s.

## Conclusão

Os métodos de insensibilização utilizados nesse trabalho não afetaram a coloração dos filés, o IQ médio foi igual para todos os testes, exceto para método de insensibilização CA 6 A. Em nenhum dos ensaios foi verificado quebra da coluna vertebral e manchas de sangue. Desta forma, os métodos de eletronarcose utilizados nesse trabalho podem ser aplicadas em peixes, garantindo a qualidade da carcaça e o bem-estar animal.

**Considerações finais**

Estudos com maior detalhamento devem ser realizados, verificando parâmetros sanguíneos, buscando avaliar o estresse dos animais que são submetidos a eletronarcose e avaliações microscópicas quanto a possíveis hematomas na carcaça.

## Referências Bibliográficas

- Almeida, F.L.A., Carvalho, R.F., Pinhal, D., Padovani, C.R., Martins, C., Dal Pai-Silva, M., 2008. Differential expression of myogenic regulatory factor MyoD in pacu skeletal muscle (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887: Serrasalminae, Characidae, Teleostei) during juvenile and adult growth phases. *Micron* 39, 1306–11. doi:10.1016/j.micron.2008.02.011
- Bonilla, A.C., Sveinsdottir, K., Martinsdottir, E., 2007. Development of Quality Index Method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) filets and application in shelf life study. *Food Control* 18, 352–358. doi:10.1016/j.foodcont.2005.10.019
- Gomes, L.M., 2006. Influência das condições de manuseio e conservação na qualidade do pescado. INSTITUTO QUALITAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA.
- Lambooij, B., Gerritzen, M.A., Reimert, H., Burggraaf, D., Andre, G., DeVis, H. van, 2008. Evaluation of electrical stunning of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in seawater and killing by chilling: welfare aspects, product quality and possibilities for implementation. *Aquac Res* 39, 50–58. doi:10.1111/j.1365-2109.2007.01860.x
- Monteiro, M.L.G., 2013. Aproveitamento de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) para elaboração de novos produtos com valor agregado. Universidade Federal Fluminense.
- Morzel, M., van de Vis, H., 2003. Effect of the slaughter method on the quality of raw and smoked eels (*Anguilla anguilla* L.). *Aquac Res* 34, 1–11.
- Musgrove, R., Carragher, J., Mathews, C., Slattery, S., 2007. Value-adding Australian sardines: Factors affecting rates of deterioration in sardine (*Sardinops sagax*) quality during post-harvest handling. *Food Control* 18, 1372–1382. doi:10.1016/j.foodcont.2006.09.009
- Pittman, K., Merkin, G. V, Brandebourg, T., 2013. Bridging the Gap to Sustainable Salmon Farming: Overcoming the Gaping Problem. *J Fish Livest Prod* 1, 1–6. doi:10.4172/jflp.1000104
- Rezende, F.P., Júnior, M.V.V., Andrade, D.R. de, Mendonça, P.P., Santos, M.V.B. dos, 2012. Characterization of a New Methodology Based on the Intensity of Skin Staining of Ornamental Fish with Applications in Nutrition. *J Agric Sci Technol* 606–613.
- Ritter, D.O., Lanzarin, M., Novaes, S.F., Monteiro, M.L.G., Almeida Filho, E.S., Márisco, E.T., Franco, R.M., Conte-Junior, C.A., Freitas, M.Q., 2016. Quality Index Method (QIM) for gutted ice-stored hybrid tambatinga (*Colossoma macropomum*?*Piaractus brachypomum*) and study of shelf life. *LWT - Food Sci Technol* 67, 55–61. doi:10.1016/j.lwt.2015.10.041

- Robb, D.H., Kestin, S., Warriss, P., 2000. Muscle activity at slaughter: I. Changes in flesh colour and gaping in rainbow trout. *Aquaculture* 182, 261–269. doi:10.1016/S0044-8486(99)00273-2
- Siqueira, A.A.Z.C. de, 2001. Efeitos da irradiação e refrigeração na qualidade e no valor nutritivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*). Universidade de São Paulo.
- Soares, K.M.P., Gonçalves, A.A., 2012a. Qualidade e segurança do pescado. *Rev Inst Adolfo Lutz* 71, 1–10.
- Soares, K.M.P., Gonçalves, A.A., 2012b. Aplicação do método do índice de qualidade (MIQ) para o estudo da vida útil de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sem pele, armazenados em gelo. *Semin Ciências Agrárias* 33, 2289–2300. doi:10.5433/1679-0359.2012v33n6p2289
- Souza, M.L.R. de, 2002. Comparação de Seis Métodos de Filetagem, em Relação ao Rendimento de Filé e de Subprodutos do Processamento da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev Bras Zootec* 31, 1076–1084.
- Vargas, S.C., 2015. Influência de diferentes métodos de insensibilização pré-abate sobre parâmetros físicos, químicos e sensoriais da carne refrigerada e congelada de bijupirá (*Rachycentron canadum*).
- Ian L. Weatherall and Bernard D. Coombs. Skin Color Measurements in Terms of CIELAB Color Space Values *THE JOURNAL OF INVESTIGATIVE DERMATOLOGY* VOL. 99, NO.4 OCTOBER 1992, 468-473p.
- Pedrazzani, A.S., Carneiro, P.C.F., KIRSCHNIK, P.G., MOLENTO, C.F.M., 2009. Impacto negativo de secção de medula e termonarcose no bem-estar e na qualidade da carne da tilápia-do-Nilo. *Rev Bras SAÚDE E PRODUÇÃO Anim* 188–197.