

# Tecnologias para conservação do pescado amazônico

**Título Original:** desidratação osmótica e defumação líquida para a obtenção de piraíba seca com melhor qualidade sensorial

**Prêmio Benchimol:** 2008, Categoria Econômico-Tecnológica, Primeiro Lugar

## **Carmelita de Fátima Amaral Ribeiro**

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas, SP – Brasil. Professora e pesquisadora da Universidade do Estado do Pará (UEPA) – PA - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/7721870218745681>

E-mail: [carmelita@uepa.br](mailto:carmelita@uepa.br)

[carmelita.uepa@gmail.com](mailto:carmelita.uepa@gmail.com)

## **Kil Jin Park**

Livre-docência pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas, SP - Brasil. Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas, SP – Brasil. Professor e pesquisador da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas, SP - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/3265043927968066>

E-mail: [kil@feagri.unicamp.br](mailto:kil@feagri.unicamp.br)

## **Miriam Dupas Hubinger**

Livre-docência pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas, SP - Brasil. Pós-doutorado em Ciências Agrárias pela Universidade de Pau et Pays de L'Adour - França. Pós-doutorado pela Universidade do Porto - Portugal. Doutora em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) - Campinas, SP - Brasil. Professora e pesquisadora da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) - Campinas, SP - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/6133512943741265>

E-mail: [mhub@fea.unicamp.br](mailto:mhub@fea.unicamp.br)

## **Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro**

Doutora em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) -Campinas, SP - Brasil. Professora e pesquisadora da Universidade do Estado do Pará (UEPA) -PA - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/3519207052266437>

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

## **Eder Augusto Furtado Araújo**

Doutor em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas, SP – Brasil. Professor e pesquisador da Universidade Federal do Pará (UFPA) – PA - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/2252474296406344>

E-mail: [ederufpa@gmail.com](mailto:ederufpa@gmail.com)

## **RESUMO**

Apresenta diferentes métodos de conservação do pescado amazônico. Os peixes da espécie *Brachyplatystoma filamentosum* foram transportados para Campinas, onde foram realizados os estudos de desidratação osmótica, defumação líquida e secagem com intuito de encontrar melhores características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. Com a pesquisa foi possível realizar a otimização dos métodos de conservação para o pescado, tornado a pesquisa uma referência para outros estudos e para aplicação em diferentes espécies de peixes no país.

**Palavras-chave:** Métodos de conservação. Amazônia. *Brachyplatystoma filamentosum*.

## **Technologies for the conservation of amazon fish**

### **ABSTRACT**

*It presents different methods of conservation of Amazonian fish. The fish of *Brachyplatystoma filamentosum* were transported to Campinas, where studies of osmotic dehydration, liquid smoking and drying were carried out in order to find better physicochemical, microbiological and sensorial characteristics. With the research it was possible to perform the optimization of fish conservation methods, making the research a reference for other studies and for application in different species of fish in the country.*

**Keywords:** *Methods of conservation. Amazon. *Brachyplatystoma filamentosum*.*

## **Tecnologías para la conservación de amazon fish**

### **RESUMEN**

*Se presentan diferentes métodos de conservación de Amazonian fish. El pescado de *Brachyplatystoma filamentosum* fue transportado a Campinas, donde los estudios de la desmovilización de los desórdenes, la liquidación de los cigarrillos y la eliminación se realizaron en orden a encontrar mejor físico, microbiológico y sensorial. Con la investigación, fue posible realizar la optimización de los métodos de conservación de la conservación de la energía, formulando la investigación a referirse a otros estudios y para la aplicación en diferentes especies de pescado en el campo.*

**Palabras clave:** *Métodos de conservación. Amazonas. *Brachyplatystoma filamentosum*.*

## **INTRODUÇÃO**

Um dos grupos mais significativos da biodiversidade ictiofaunística na região amazônica é os grandes bagres migradores que pertencem à ordem dos Siluriformes da família Pimelodidae. Alguns dos pimelodídeos de maior valor comercial são dourada, piraíba, piramutaba, jaú, surubim e o caparari (RIBEIRO, 2013).

A piraíba ou filhote é uma espécie de peixe de couro muito encontrado na região amazônica. A espécie é comercializada na forma de filés em feiras livres e supermercados da região, sendo muito procurada pelo consumidor principalmente pelo agradável sabor e elevado rendimento em carne (RIBEIRO, 2009).

Segundo Soares e Gonçalves (2012), a carne de pescado possui uma constituição química que lhe confere riqueza nutricional, sendo uma das principais fontes de proteína, possui todos os aminoácidos essenciais ao homem, além de ser rica em ácidos graxos poli-insaturados do grupo ômega-3 e possuir baixo teor de colesterol, porém apresenta alto potencial de deterioração.

A vida útil dos produtos alimentícios refere-se ao intervalo de tempo em que o produto pode ser conservado em determinadas condições de temperatura, umidade relativa, luminosidade, oxigênio etc., de forma a garantir seus atributos sensoriais e nutricionais. No entanto, durante esse período ocorrem reações de deterioração da qualidade (GONÇALVES, 2011).

Segundo Azoubel et al. (2007), o processo de desidratação osmótica consiste na imersão do alimento sólido, inteiro ou fatiado, em soluções concentradas de sais ou açúcares, originando dois fluxos simultâneos e em contracorrente: uma saída de água do produto para a solução e uma migração de solutos para o produto. Para melhorar o aspecto do produto pode-se ainda utilizar o método de secagem, que poderá fornecer um produto atrativo ao consumo no que se refere a características sensoriais, tais como cor, textura e sabor do alimento.

A defumação líquida é um dos métodos de defumação mais promissores por ser um processo mais limpo, com menor poluição ambiental, possibilidade de grande variedade de fumaças, maior uniformidade de cor e sabor, alta deposição de substâncias antioxidantes e antimicrobianas e menor deposição de compostos cancerígenos como hidrocarbonetos e benzopirenos (COSTA et al., 2008). O processo de defumação líquida é um dos mais rápidos métodos de defumação, sendo um processo de imersão do pescado em soluções de extratos líquidos de fumaça.

Segundo Dionello et al.(2009), o conhecimento do efeito do pré-tratamento osmótico sobre a taxa de secagem por convecção pode auxiliar no estabelecimento das melhores condições operacionais desse sistema combinado de preservação de alimentos. Ademais, as características de secagem de qualquer produto, incluindo a avaliação dos modelos matemáticos que melhor descrevem o processo, são importantes na seleção e desenvolvimento de equipamentos e no cálculo dos custos operacionais.

No processo de secagem de alimentos, o calor é fornecido a determinado produto, que perde umidade até níveis adequados de conservação. Na obtenção de pescado seco, normalmente a secagem é a operação que segue à salga, obtendo-se o pescado seco e salgado (RIBEIRO, 2009).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo estudar diferentes métodos para conservação do pescado amazônico, visto que o pescado é um alimento altamente perecível. Para o estudo foi utilizada a espécie *Brachyplatystoma filamentosum*.

## **METODOLOGIA**

O peixe amazônico utilizado no experimento foi da espécie *Brachyplatystoma filamentosum*, adquiridos em Belém, Pará, e transportados até a Universidade Estadual de Campinas para realização dos experimentos.

No laboratório, os exemplares de peixes foram processados para retirada do filé e para análises físico-químicas (IAL, 2008).

As análises físico-químicas foram realizadas para matéria-prima e produtos desidratados. Para a realização das análises, as amostras foram trituradas e homogeneizadas, sendo utilizadas três amostras para a determinação da composição de umidade(estufa a vácuo 70°C por 24 h), cinzas (mufla a 500°C) e lipídios pelo método de Bligh e Dyer(1959), de acordo com a Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1995). O conteúdo de cloretos foi determinado pelo Método de Mohr (RANGANNA, 1977). A atividade de água foi medida com auxílio de aparelho Decagon (Aqualab Pawkit) modelo WA 99163, e as medidas de pH foram realizadas com auxílio de um potenciômetro.

Para o processamento do pescado amazônico, foram utilizados três métodos combinados de desidratação osmótica, defumação líquida e secagem.

Foram utilizadas amostras de peixes cortadas em geometria cúbica, com aresta de aproximadamente 1,4 cm, com o intuito de minimizar fissuras nas amostras durante o processo de desidratação osmótica.

## **MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO DO PESCADO**

### **DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA**

Na desidratação osmótica, foram utilizados dois delineamentos fatoriais de 2<sup>3</sup> com o objetivo de definir as condições ótimas de processo para cada variável estudada. O primeiro planejamento testou um modelo quadrático realizando 8 ensaios nos pontos fatoriais, 3 repetições no ponto central e 6 ensaios nos pontos axiais, totalizando 17 experimentos. O segundo planejamento testou um modelo linear com 3 repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios, conforme a tabela 1. Foram estudadas as variáveis de temperatura, concentração de NaCl e tempo de processo. Como variáveis dependentes, foram obtidas as respostas perda de peso (PP), perda de água (PA) e ganho de sal (Gsal).

Tabela 1 – Definição dos níveis das variáveis estudadas na desidratação osmótica do pescado *Brachyplatystoma filamentosum*

Variáveis independentes Planejamento 1	Níveis				
	-1,68	-1	0	+1	+1,68
Temperatura (°C)	22	25	30	35	38
Concentração de NaCl (mol/L)	0,03	0,1	0,2	0,3	0,37
Tempo (min)	199	240	300	360	401
Planejamento 2					
Temperatura (°C)	-	35	40	45	-
Concentração de NaCl (mol/L)	-	0,7	0,8	0,9	-
Tempo (min)	-	90	120	150	-

As amostras foram cortadas em geometria de cubos de  $\pm 1,4$  cm de aresta, pesadas, identificadas e colocadas em recipientes de vidro de 250 ml contendo a solução osmótica na proporção de 1:20 (amostra:solução) nas concentrações, temperaturas e tempos estabelecidos pelo planejamento experimental. Os recipientes foram colocados em banho-maria, com agitação constante. Após serem retiradas do banho-maria, as amostras foram lavadas com 20 ml de água destilada, para remover o excesso de solução desidratante, drenadas, secas e pesadas. Em cada ensaio, as determinações foram realizadas em triplicata. Os produtos desidratados obtidos foram submetidos a determinações de umidade e cloretos para determinação dos valores de perda de água e ganho de sal, respectivamente, atividade de água e pH para avaliar a influência de cada tratamento sobre a qualidade do produto final.

### DEFUMAÇÃO LÍQUIDA

A solução de aroma de fumaça ou Smoke<sup>®</sup> 1517 IC usada no processo de defumação líquida foi doada pela empresa BKG Adicon/ICL Brasil Ltda., de São Bernardo do Campo, SP.

Os ensaios de defumação líquida foram realizados de acordo com um delineamento experimental 2<sup>3</sup>, tendo como fatores temperatura de secagem, concentração da solução de fumaça e tempo de imersão. Na tabela 2 estão os níveis inferiores (-1) e superiores (+1) e o ponto central (0) das variáveis estudadas. Foi avaliada a influência dos fatores sobre a difusividade efetiva do processo.

Tabela 2 – Definição dos níveis das variáveis estudadas na defumação líquida e secagem do pescado *Brachyplatystoma filamentosum*

Variáveis independentes	Nível		
	-1	0	+1
Temperatura de secagem (°C)	40	50	60
Concentração da solução % (p/p)	20	25	30
Tempo de imersão (s)	20	25	30

### SECAGEM

Para o processo de secagem convectiva, foi utilizado um secador para operar em fluxo paralelo ou perpendicular com bandejas, pertencente ao Laboratório de Secagem de Produtos Agrícolas da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

Os cubos de peixe foram imersos em solução de NaCl (sal de cozinha da marca Cisne) na concentração de 21% por 2 min. Em seguida foram pré-secos durante 30 min na temperatura de 40°C. As etapas de pré-salga e pré-secagem são necessárias para que as amostras apresentem uma superfície brilhante, redução da umidade superficial e maior uniformidade da coloração nas amostras após serem imersas no aroma natural de fumaça.

As amostras sem tratamento e defumadas, nas condições selecionadas (tabela 2) foram secas em secador de fluxo perpendicular e paralelo para verificar a influência da temperatura de secagem (40, 50 e 60°C) e velocidade do ar de 1,08 m/s.

A pesagem das amostras foi realizada através de uma balança semianalítica em intervalos de tempo predeterminados (15, 30 e 60 minutos), até que o equilíbrio dinâmico entre a amostra e o ar de secagem fosse alcançado. A temperatura e umidade relativa ambiente foram medidas com auxílio de um termo-higrômetro digital.

### ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos no processo de desidratação osmótica foram avaliados através da hierarquização dos efeitos e análise de variância, avaliando a regressão e a falta de ajuste dos modelos testados. O resultado das avaliações foi expresso através de curvas de superfície de resposta, para os modelos considerados preditivos e com falta de ajuste não significativa.

Os ajustes dos modelos aos dados experimentais da defumação líquida e secagem foram realizados através de regressão linear e não linear do programa Statistica, versão 6.0, através da análise de variância (ANOVA) e teste de Fischer (F). Para a escolha dos melhores ajustes foram utilizados como critérios o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) (BARROS NETO et al., 1995). De acordo com Lomauro et al. (1985), um modelo é considerado preditivo para valores de  $P < 10\%$ .

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MATÉRIA-PRIMA E PRODUTO FINAL

Os resultados da análise físico-química do peixe (*Brachyplatystoma filamentosum*) *in natura* e após

aplicação dos métodos de desidratação osmótica, defumação líquida e secagem estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Composição centesimal do pescado *in natura* e após aplicação dos métodos de conservação

Análises	In natura	Planejamento 1	Planejamento 2	Seco defumado
Umidade (%)*	82,4 ± 0,80	84,45 ± 1,61	71,89 ± 4,9	81,23 ± 5,83
Cinzas (%)	1,01 ± 0,05	3,08 ± 0,99	5,55 ± 0,30	16,17 ± 0,72
Proteínas (%)	16,63 ± 0,80	-	-	-
Lipídios (%)	14,55 ± 0,30	11,51 ± 1,24	9,78 ± 2,20	7,69 ± 0,10
pH	6,68 ± 0,04	6,60 ± 0,18	6,25 ± 0,11	-
aw	0,987 ± 0,006	0,939 ± 0,031	0,89 ± 0,01	-
Cloretos (g/100g)	0,44 ± 0,18	5,93 ± 2,50	19 ± 2,94	8,9 ± 3,0

\* base úmida

Os resultados encontrados para *Brachyplatystoma filamentosum* *natura* foram concordantes aos encontrados por Simões (2007), que estudando a composição centesimal de tilápia do Nilo observou valores médios de cloretos de 0,44 g/100g, pH de 6,68, atividade de água de 0,983, cinzas de 1,09% e proteína de 19,36%.

Observa-se, na tabela 3, que os produtos desidratados osmoticamente apresentaram teores de lipídios, pH e atividade de água menor que o produto seco sem tratamento. Ribeiro (2005) estudou a desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl e encontrou elevados teores de cloretos 20,4, 24,23 e 30,84 g/100g e baixos valores de atividade de água (0,78, 0,76 e 0,75) nas amostras pré-tratadas por desidratação osmótica (numa faixa de concentração de 20 a 26%) e secas na temperatura de 40, 50 e 60°C, respectivamente. Esses resultados foram superiores aos encontrados para a *Brachyplatystoma filamentosum* desidratada, em ambos os tratamentos.

Os resultados da análise de umidade (base úmida), cinzas e lipídios do peixe seco defumado foram discordantes aos encontrados por Gonçalves e Cezarini (2008), que realizaram a defumação de filés de jundiá em aroma de fumaça e encontram valores médios de umidade de 58,94%, cinzas de 3,58 % e lipídios de 2,73 %. O aumento dos teores médios de cinzas (16,17%) e cloretos (8,9 g/100g) nas amostras secas defumadas, provavelmente, ocorreu devido à presença de cloreto de sódio (sal de cozinha) e compostos da fumaça no músculo, durante o processo de pré-salga e defumação, sendo que o mesmo efeito (salga) foi observado por Souza (2004).

O pescado apresenta condições intrínsecas que propiciam a multiplicação microbiana, podendo reduzir a vida útil do produto, que passará a representar risco à saúde pública. A elevada atividade de água, a composição química, o teor de gorduras insaturadas facilmente oxidáveis e o pH próximo da neutralidade da carne de peixe são os fatores determinantes no crescimento microbiano (OLIVEIRA et al., 2008).

## **EFEITOS DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES SOBRE AS RESPOSTAS NA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA**

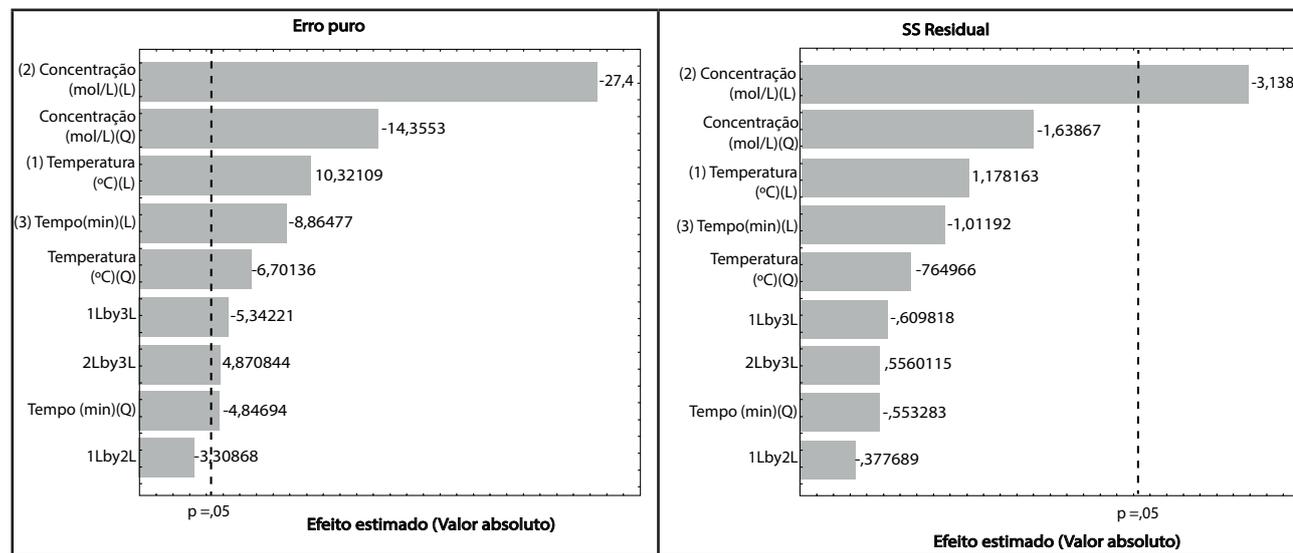
As figuras 1 e 2 mostram os gráficos de Pareto para a desidratação osmótica para planejamento 1 e 2, respectivamente.

Para perda de peso, verifica-se que o maior efeito foi encontrado para a variável concentração molar de NaCl, sendo essa resposta também negativa, ou seja, nessas condições ocorreu o efeito inverso (aumento de peso), o que pode estar relacionado às baixas concentrações molares de NaCl estudadas nesse tratamento.

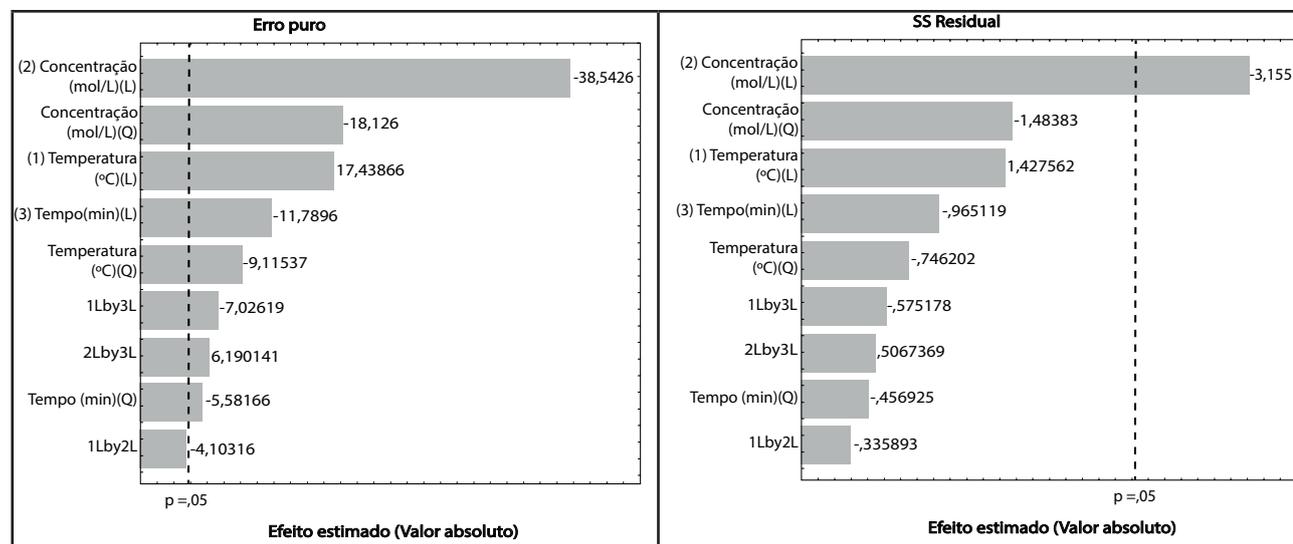
Verifica-se que o maior efeito das variáveis sobre a perda de água foi encontrado para a variável concentração molar de NaCl, seguido da variável temperatura, sendo essa resposta também negativa, ou seja, quanto maior a temperatura, menor a perda de água.

O maior efeito das variáveis sobre ganho de sal foi encontrado para a variável concentração molar de NaCl para o erro puro e SS residual, sendo que a resposta foi positiva, ou seja, nessas condições, o ganho de sal é maior.

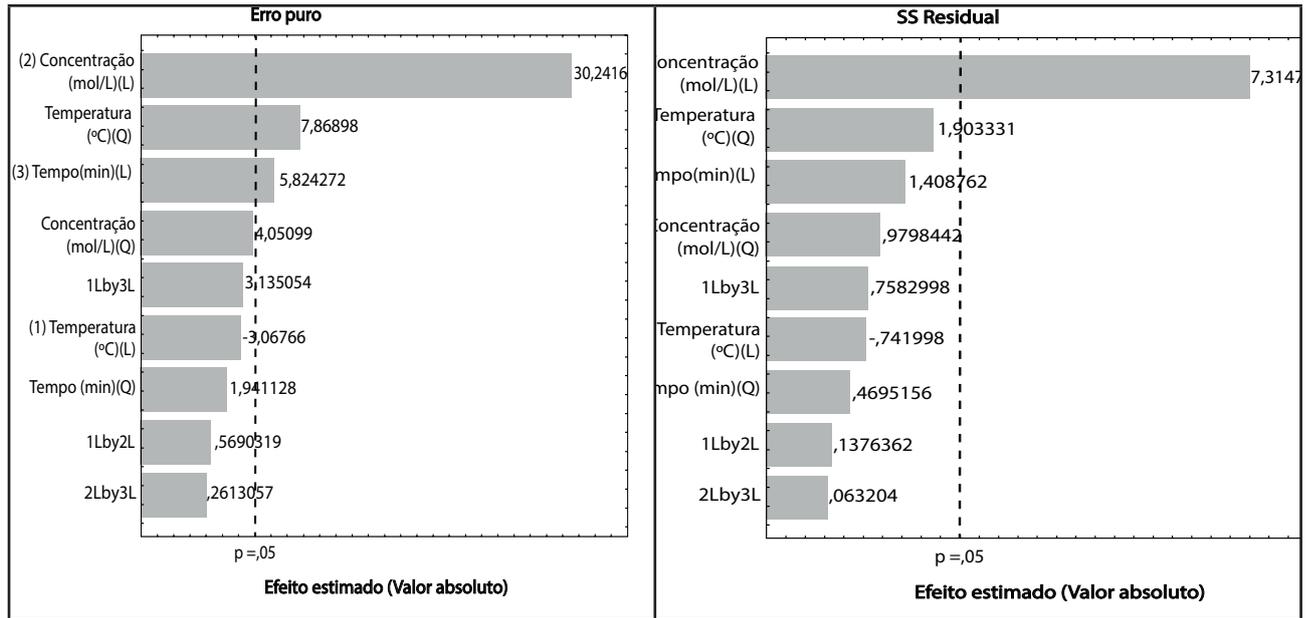
Figura 1 – Efeitos estimados sobre a resposta de perda de peso (a), perda de água (b) e ganho de sal (c) na desidratação osmótica de *Brachyplatystoma filamentosum*, para planejamento 1



(a)

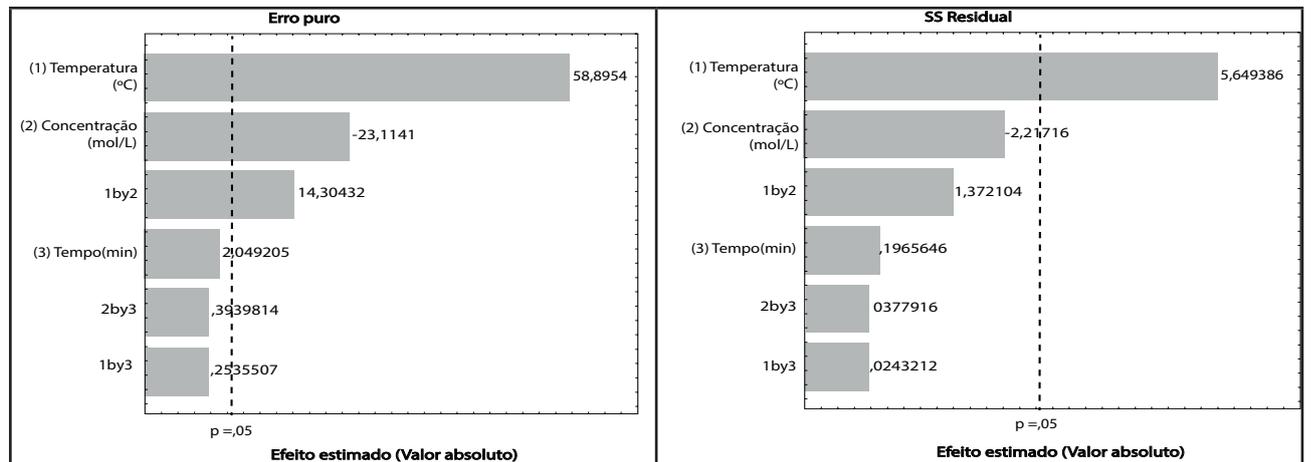


(b)

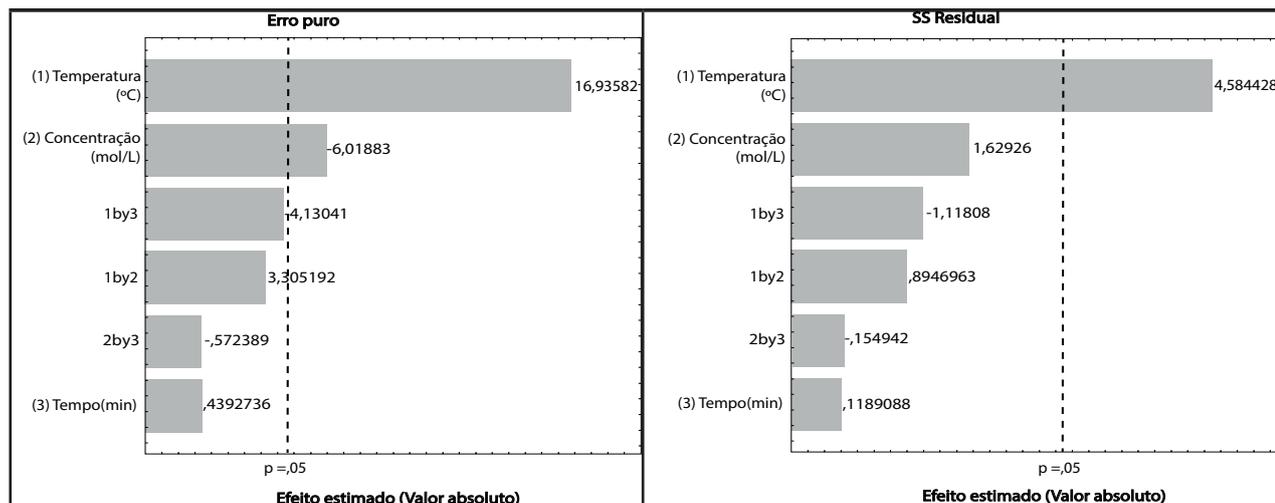


(c)

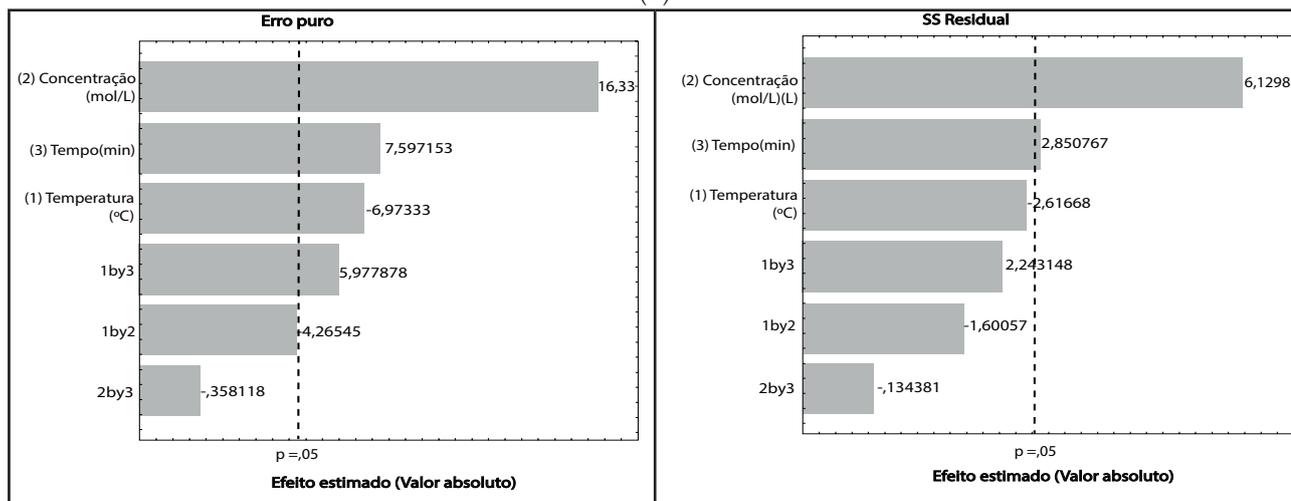
Figura 2. Efeitos estimados sobre a resposta de perda de peso (a), perda de água (b) e ganho de sal (c) na desidratação osmótica de *Brachyplatystoma filamentosum*, para planejamento



(a)



(b)



(c)

Verifica-se na figura 2a que o efeito estimado na perda de peso foi negativo apenas para a concentração de NaCl, indicando que ao passar de um valor mínimo a um valor máximo dessa variável, menores serão as respostas de perda de peso. Observa-se que a temperatura foi o parâmetro com maior efeito sobre a resposta de perda de água. Pode-se visualizar na figura 2c que a concentração molar de NaCl foi o parâmetro com maior efeito sobre a resposta de ganho de sal.

Após a eliminação dos parâmetros não significativos, verificou-se através da análise de variância a significância da regressão e falta de ajuste ao nível de 95% de confiança, conforme tabelas 4 e 5, para planejamento 1 e 2, respectivamente.

Tabela 4 – Resultado da ANOVA do modelo ajustado na desidratação osmótica de peixe, para planejamento 1

Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado (p≤0,05)</sub>	R <sup>2</sup>
<b>Perda de peso</b>						
Regressão	8	1515,135	189,392	2,20	3,44	0,69
Resíduo	8	688,621	86,077			
Falta de ajuste	6	686,108	114,351	91,03	19,33	
Erro puro	2	2,513	1,256			
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>2203,756</b>	<b>-</b>			
<b>Perda de água</b>						
Regressão	8	1474,532	184,3165	2,22	3,44	0,69
Resíduo	8	662,897	82,86206			
Falta de ajuste	6	661,647	110,2746	176,57	19,33	
Erro puro	2	1,249	0,624551			
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>2137,429</b>				
<b>Ganho de sal</b>						
Regressão	3	0,338	0,11259	27,65	3,41	0,86
Resíduo	13	0,053	0,00407			
Falta de ajuste	11	0,05225	0,00475	14,03	19,40	
Erro puro	2	0,00067	0,00034			
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>0,39071</b>				

GL: grau de liberdade

SQ: soma quadrática

MQ: média quadrática

Os modelos ajustados para a perda de peso e perda de água não podem ser considerados preditivos (F calculado menor que o F tabelado).

O F calculado da falta de ajuste foi muito elevado devido ao baixo valor apresentado na MQ do erro puro. O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) foi de 0,69, para ambos, ou seja, a porcentagem da variação explicada pelo modelo foi de apenas 69% da variação dos dados experimentais. Esse coeficiente muito baixo não permite que seja tirado o modelo estatístico e as suas superfícies.

Já para ganho de sal, observa-se que o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) foi de 0,86, indicando que o modelo explicou 86% da variação dos dados experimentais.

O valor do F calculado para regressão foi superior ao F tabelado e falta de ajuste (F calculado inferior ao F tabelado) no mesmo nível de confiança, fazendo com que o modelo seja significativo e preditivo (equação 1).

$$G_{sal}(\%) = 0,276 + 0,071T^2 + 0,301C + 0,058t \quad (1)$$

Onde: *T*: temperatura (°C); *C*: concentração de NaCl (mol/L); *t*: tempo (min).

Tabela 5 – Resultado da ANOVA do modelo ajustado na desidratação osmótica de peixe, para planejamento 2

Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub> (p≤0,05)	R <sup>2</sup>
<b>Perda de peso</b>						
Regressão	3	1465,208	488,4028	22,36	4,35	0,91
Resíduo	7	152,927	21,8467			
Falta de ajuste	5	152,230	30,4460	87,43	19,30	
Erro puro	2	0,696	0,3482			
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>1618,135</b>				
<b>Perda de água</b>						
Regressão	2	1289,833	644,9167	15,55	4,46	0,80
Resíduo	8	331,768	41,4710			
Falta de ajuste	6	323,783	53,9638	13,52	19,33	
Erro puro	2	7,985	3,9927			
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>1621,602</b>				
<b>Ganho de sal</b>						
Regressão	4	0,272	0,06796	13,13	4,53	0,90
Resíduo	6	0,031	0,00517			
Falta de ajuste	4	0,0297	0,00743	11,18	19,25	
Erro puro	2	0,0013	0,00066			
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>0,3029</b>				

GL: grau de liberdade      SQ: soma quadrática      MQ: média quadrática

Os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) foram de 0,91, 0,80 e 0,90, indicando que a porcentagem de variação explicada pelo modelo é de 91, 80 e 90%. Os modelos para perda de peso, perda de água e ganho de sal na desidratação osmótica foram considerados preditivos, apresentando regressão significativa com 95% de confiança (F calculado superior ao F tabelado) e falta de ajuste (F calculado inferior ao F tabelado). Os modelos codificados propostos na desidratação osmótica utilizando o planejamento 2 encontram-se nas equações 2,3,4.

$$PP(\%) = -15,70 + 12,28T - 4,822C + 2,984TC \quad (2)$$

$$WL(\%) = 11,964T - 4,252C \quad (3)$$

$$G_{sal}(\%) = 0,811 - 0,063T + 0,148C + 0,069t + 0,054T \quad (4)$$

Onde: T temperatura (°C); concentração de NaCl (mol/L); tempo (min).

### DIFUSIVIDADE EFETIVA

Os valores de difusividade efetiva (baseada no modelo de Fick) da água para um cubo e resultados da análise estatística na secagem de peixe defumado de acordo com o planejamento fatorial de 2<sup>3</sup> estão apresentados na tabela 6. Verifica-se que, quanto maior a temperatura de processo, maior o valor de difusividade efetiva da água.

Tabela 6 – Valores da difusividade efetiva obtidos na secagem de peixe defumado

Ensaio	Variáveis independentes			Respostas		
	T (°C)	C (%)	t(seg)	$D_{ef} \cdot 10^{10}$ (m <sup>2</sup> /s)	P(%)	R <sup>2</sup>
1	40(-1)	20 (-1)	20 (-1)	2,89	0,0819	0,965
2	60(+1)	20(-1)	20(-1)	5,33	0,3077	0,981
3	40(-1)	30(+1)	20 (-1)	2,39	0,0706	0,969
4	60(+1)	30(+1)	20(-1)	4,76	0,3819	0,982
5	40(-1)	20 (-1)	30(+1)	2,71	0,0594	0,972
6	60(+1)	20(-1)	30(+1)	8,54	0,0810	0,981
7	40(-1)	30(+1)	30(+1)	3,82	0,0619	0,972
8	60(+1)	30(+1)	30(+1)	5,32	0,3110	0,981
9	50(0)	25(0)	25(0)	3,26	0,1780	0,979
10	50(0)	25(0)	25(0)	2,87	0,0641	0,975
11	50(0)	25(0)	25(0)	3,46	0,0786	0,971
12	50(0)	25(0)	25(0)	3,28	0,0786	0,972

Os valores da difusividade efetiva obtidos na secagem de peixe defumado foram superiores aos encontrados na literatura. Simões (2007) encontrou para tilápia seca defumada valores máximos de difusividade efetiva de 2,60, 3,07 e 3,27.10<sup>-10</sup>m<sup>2</sup>/s para o processo de secagem convectiva na temperatura de 40, 50 e 60°C, respectivamente.

Ribeiro (2000) realizou a secagem convectiva de matrinhã defumada e encontrou valores de difusividade efetiva de 2,36 a 3,32.10<sup>-10</sup>m<sup>2</sup>/s, 3,79 a 4,44.10<sup>-10</sup>m<sup>2</sup>/s e 3,91 a 5,79.10<sup>-10</sup>m<sup>2</sup>/s para o processo de secagem na temperatura de 40, 50 e 60°C, respectivamente.

Na figura 3 estão apresentados os gráficos de Pareto que dispõem das informações de frequência dos efeitos estimados calculados pelo erro puro e SS residual. Verifica-se que o maior efeito calculado pelo erro puro foi a temperatura, seguida do tempo de imersão em aroma de fumaça.

Figura 3 – Efeito estimado sobre a resposta da difusividade efetiva na secagem de peixe defumado

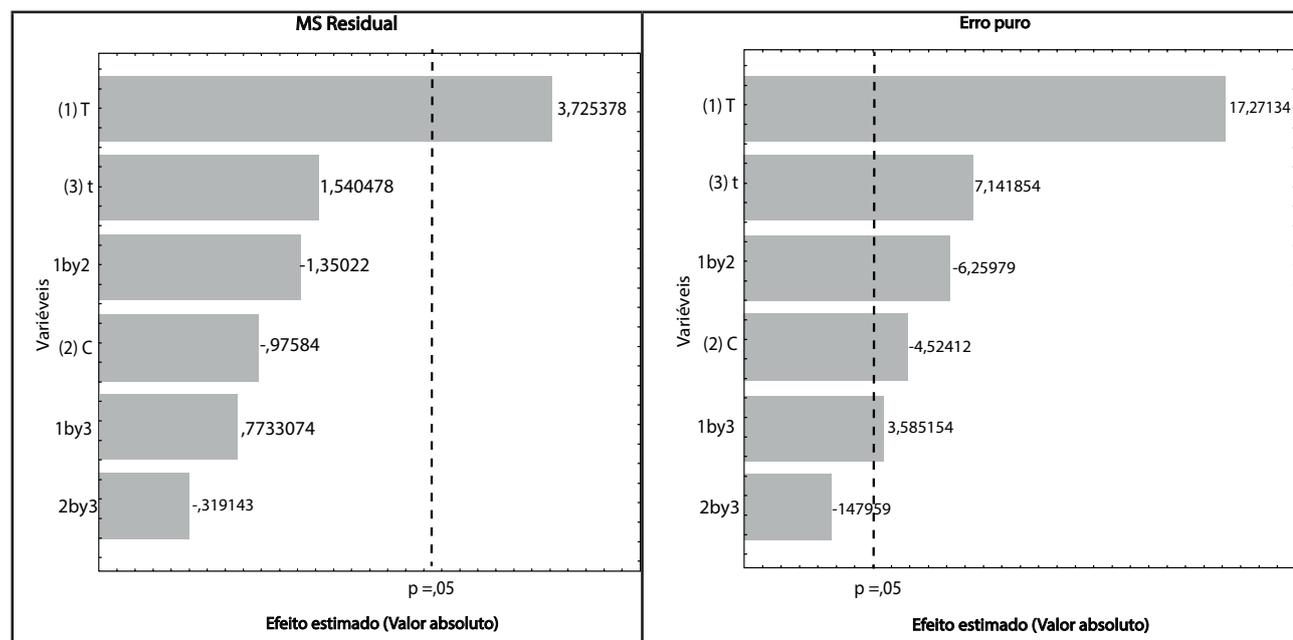


Tabela 7 – Resultado da ANOVA do modelo ajustado para difusividade efetiva na secagem de peixe defumado

Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub> (p≤0,05)	R <sup>2</sup>
<b>Regressão</b>	5	26,050	5,2100	4,62	4,39	0,79
<b>Resíduo</b>	6	6,772	1,12871			
<b>Falta de ajuste</b>	3	6,5870	2,19566	35,55	9,28	
<b>Erro puro</b>	3	0,1852	0,06175			
<b>Total</b>	11	32,8226				

GL: grau de liberdade    SQ: soma quadrática    MQ: média quadrática

O modelo apresentado na tabela 7 para difusividade efetiva da água no processo de secagem de piraíba defumada apresentou regressão e falta de ajuste, significativa (com F calculado maior que o F tabelado). O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) explica somente 79% das respostas de difusividade efetiva.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concentração molar da solução osmótica e a temperatura de secagem foram os fatores de maior influência nas respostas de perda de água e ganho de sal na desidratação osmótica do pescado em ambos os tratamentos.

A defumação líquida pode vir a ser um substituto ao método tradicional de defumação de pescados, por proporcionar melhores características sensoriais do pescado.

Os métodos utilizados foram de suma importância para conservação do pescado amazônico. Com a desidratação osmótica, defumação utilizando fumaça líquida e secagem, foi possível melhorar as características físico-químicas e sensoriais do produto final.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro e pela Bolsa de Pesquisa concedida. Ao Prêmio Samuel Benchimol, pelo apoio financeiro nas pesquisas.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official Methods of Analysis*. 14. ed. Arlington, 1995.
- AZOUBEL, P. M. et al. Processo agroindustrial: obtenção de um produto seco de caju por desidratação osmótica e secagem. Embrapa Semi-Árido. *Comunicado técnico*, n. 131, 4p, 2007. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36707/1/COT131.pdf>>. Acessado em: 16. set. 2018.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R.E. *Como fazer experimentos-pesquisas e desenvolvimento na ciência e na indústria*. Campinas: Editora da UNICAMP, 2001. 401p.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A. Rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemistry and Physiology*, v. 37, p.911-917, 1959.
- CENGEL, Y. A. *Transferência de calor e massa: uma abordagem pratica*. 3.ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 2009. 902p.
- COSTA, A.P.R. et al. Defumação de filés de piau-vermelho (*Leporinus copelandii*) com o uso de fumaça líquida. *Revista Ceres*, v. 55, n.4, p.251-257, 2008. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3319/1216>>. Acessado em: 16 set. 2018.
- DIONELLO, R. G. et al. Secagem de fatias de abacaxi in natura e pré-desidratadas por imersão-impregnação: cinética e avaliação de modelos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.29, n.1, p. 232-240, 2009.
- GONÇALVES, A. A.; CEZARINI, R. Agregando valor ao pescado de água doce: defumação de filés de jundiá (*Rhamdia quelen*). *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v.3, n.2, 2008.
- GONÇALVES A. A. *Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação*. São Paulo: Atheneu, 2011.
- RANGANNA, S. *Manual of analysis of fruit and vegetable products*. New Delhi, India: McGraw-Hill Publishing Company Limited, 1977.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. *Química de Alimentos*. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2004.

RIBEIRO, S. C. A. *Secagem e Defumação de File de Peixe Matrinchá (Bryconcephalus)*. 2000. 111p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2000.

RIBEIRO, S. C. A. *Estudo do Processo de Desidratação Osmótica e Secagem de Fíles de Mapará (Hypophthalmusedentatus)*. 2005. 278p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

RIBEIRO, S. C. A.; TOBINAGA, S. Avaliação sensorial de filés de matrinhã (Bryconcephalus) processados por métodos combinados. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.4, n.2, p.101-106, 2002.

RIBEIRO, S. C. A. et al. Otimização da desidratação osmótica de filés de mapará (Hypophthalmusedentatus) através da metodologia de superfície de resposta. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, n.2, p. 485-492, 2008.

SIMÕES, M. R. *Desidratação osmótica, secagem e defumação líquida de filés de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus), variedade Tailandesa*. 2007. 184p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

SOARES, K. M. P.; GONCALVES, A. A. Qualidade e segurança do pescado. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v, 71, n.1, p.1-10, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v71n1/v71n1a01.pdf>>. Acessado em: 16 set. 2018.