

Desenvolvimento de modelo para simular o processamento de filé congelado de Dourado

AMANDA ALVES CORREA

(UFES, e-mail: correamanda@yahoo.com.br)

LUÍS CÉSAR DA SILVA

(UFES, e-mail: silvalc@cca.ufes.br)

GUILHERME LUIS DE OLIVEIRA

(ATUM DO BRASIL, e-mail: guilherme@atumdobrasil.com.br)

Resumo: Uma indústria de pescado pode ser contextualizada como um sistema em que são realizadas operações unitárias segundo uma lógica para a obtenção de produtos acabados, tais como: pescados resfriados, congelados, em conserva, salgados ou defumados; farinha ou carne moída. Diante das potencialidades da técnica de simulação e da necessidade de propor ferramentas para o gerenciamento, avaliação e planejamento foi desenvolvido um modelo estocástico, dinâmico e discreto para simular uma linha de processamento de filé congelado de dourado. Essa linha é constituída de nove estações de trabalho: esteira de recepção, serra fita, evisceração, filetagem, remoção de pele, acondicionamento para congelamento, congelamento e estocagem. Para tanto foi utilizado o programa EXTENDTM que é uma linguagem de simulação do tipo orientada objeto que propicia a estruturação de modelos contínuos ou discretos. Para demonstrar a aplicabilidade do modelo implementado foram simulados três cenários. Desse modo, ao simular o processamento de 900, 1.200 e 1.500 kg do pescado Dourado constatou-se a obtenção de 544,5; 726,0 e 907,6 kg de filé congelado; gerou-se 364,2; 485,7 e 607,1 kg de dejetos; e os tempos de operação foram 24,4, 29,3 e 34,0 horas, respectivamente.

Palavras-chave: Modelagem e Simulação; Filé de Dourado; Pesquisa Operacional.

1. Introdução

De acordo com o RIISPOA (Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal) classificam-se como pescado os peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, quelônios e mamíferos de água doce ou salgada usados na alimentação humana (SANCHEZ, 1989). Desse modo, com o crescimento da população mundial houve a necessidade de aprimorar as técnicas de captura. E segundo dados estatísticos da FAO, relativos a 1994, a captura mundial de pescados alcançou 102 milhões de toneladas, maior que as produções mundiais de carnes suína (66 milhões de toneladas), bovina (44 milhões de

toneladas) e de aves (40 milhões de toneladas). Esses dados enfatizam a necessidade de um melhor aproveitamento dos recursos pesqueiros.

Especificamente no Brasil a captura extrativista de pescado é de 780 mil toneladas por ano, com a seguinte distribuição região Sul, 49,1%; região Nordeste, 22,9%; região Sudeste, 18,9%; região Centro-Oeste, 5,0%; e, região Norte, 4,1% (ARANA, 2004). Desse montante, o estado do Espírito Santo participa com 18 mil toneladas, sendo que os pescados mais capturados são o dourado 2,4 mil toneladas e o atum 2,3 mil toneladas. O município que se destacou na produção pesqueira foi Itapemirim, registrando aproximadamente 4,0 mil toneladas (RONOMI, 2009).

A espécie *Coryphaena hippurus* conhecida popularmente por dourado-do-mar habita regiões tropicais e subtropicais do Oceano Atlântico, Pacífico e Índico, sendo encontrada por toda a costa brasileira. Águas quentes próximas às superfícies em mar aberto são áreas propícias para sua captura. Apresentam corpo alongado e dimorfismo sexual evidente após seis meses de idade: as fêmeas possuem a cabeça arredondada e os machos possuem perfil reto. Este tipo de pescado tem peso médio de 12 kg e comprimento médio de um metro, podendo alcançar até 40 kg e 2,1 m de comprimento. A coloração dourada com azul e verde brilhante dos lados e no dorso auxilia na identificação desse pescado.

O dourado possui grande aceitação no mercado de pescados interno e externo, uma vez que sua carne é saborosa e pode ser comercializado tanto fresco como congelado. Possui grande valor comercial e a pesca é bastante explorada na região Sul do país.

Em território Brasileiro, o estado do Espírito Santo alcançou a liderança da captura de dourado nos anos entre 2001 e 2005 totalizando 2.000t ano (IBAMA, 2005 citado por DALLAGNOLO e ANDRADE, 2008).

Para atualidade o setor de pescado no Brasil, como outros setores de processamento de alimentos, tem voltado para exportações e em razão das exigências cada vez maior dos mercados de destino faz demandar o emprego de ferramentais de gestão de cadeias produtivas e sistemas de logística que propiciem: analisar e otimizar fluxos operacionais; eliminar atividades que não agregam valor; reduzir custos; reduzir prazos de entrega; melhorar o fluxo de informação entre os componentes da cadeia produtiva; e ofertar produtos de qualidade (SILVA, 2007; FERNANDES, 2006).

Essas práticas traduzem em grandes desafios aos empreendedores, pois, antes estes tinham preocupações restritas aos mercados domésticos, e agora são instigados a buscar novas oportunidades em mercados externos. Sendo assim, surgiu à necessidade contínua da adoção de tecnologias relacionadas a temáticas, tais como: BFP - Boas Práticas de Fabricação; APPCC - Análise de Perigos em Pontos Críticos de Controle, PPHO – Procedimentos Padrão de Higiene Operacional; organização de cadeias produtivas; padrões de qualidade físico-químicos, nutricionais e sanitária para alimentos; rastreabilidade; logística; identidade preservada; e métodos de controle de processos.

Em uma indústria de pescado são conduzidas várias operações unitárias com a finalidade de obter um produto final de qualidade e que possa ser comercializado em diferentes regiões conservando-se características próprias para consumo. Ao estender os conceitos de pesquisa operacional (WINSTON, 1994) e de modelagem de sistemas (LAW e KELTON, 1991), para tecnologia de pescados, tem-se que uma indústria de pescado pode ser contextualizada como um sistema em que um conjunto de operações unitárias é realizado

segundo uma lógica para a obtenção de produtos acabados, tais como: pescados resfriados, congelados, em conserva, salgados e defumados; farinha de pescado; e carne moída de pescado.

Conhecendo a complexidade do sistema indústria de pescado, que é influenciada por fatores aleatórios, tem-se que a técnica de simulação apresenta-se como uma das ferramentas ideais para condução de estudos de avaliação, gerenciamento e planejamento. Pois, de acordo com SILVA (2002), a técnica de simulação é uma excelente ferramenta disponibilizada pela área de pesquisa operacional que propicia: projetar e analisar sistemas industriais; prever resultados na execução de uma determinada ação; reduzir os riscos na tomada de decisão; identificar problemas antes de suas ocorrências; eliminar procedimentos em arranjos industriais que não agregam valor à produção; realizar análises de sensibilidade; reduzir custos com o emprego de recursos (mão-de-obra, água e estrutura física); e revelar a integridade e viabilidade de um determinado projeto em termos técnicos e econômicos.

Segundo SILVA (2002) para utilizar a técnica de simulação faz-se necessário observar a seguintes fases: (i) formular o modelo conceitual; (ii) levantar os fluxogramas e dados operacionais do sistema em estudo; (iii) implementar o modelo computacional; (iv) verificar e validar o modelo computacional; (iv) definir as restrições quanto a aplicabilidade do modelo; e (v) conduzir experimentos tipo análise de sensibilidade, comparação de cenários, simulação de Monte Carlo e otimização.

Para a implementação de modelos computacionais pode ser empregado: (a) planilhas eletrônicas; (b) linguagens de programação, como: FORTRAN, Visual Basic, C e PASCAL, ou (c) linguagens de simulação, como: SLAM, GPSS, GASP, POWERSIM, ARENA e EXTENDTM (SILVA, 2002).

O EXTENDTM é um a linguagem de simulação do tipo orientada objeto, que trás grande apelo visual para o entendimento do funcionamento de sistemas. O usuário pode empregar essa linguagem sob três diferentes formas: (i) utilizando modelos implementados, (ii) criando seus próprios modelos a partir de blocos padrões disponibilizados pelo EXTENDTM e (iii) programando novos blocos ou modificando os códigos dos blocos existentes na implementação de seus modelos (RIVIERA, 1997; KRAHL, 2000).

Diante das potencialidades da técnica de simulação; e da necessidade de propor uma ferramenta que gere informações para o gerenciamento, avaliação e planejamento de indústrias de pescados; este trabalho foi conduzido com o objetivo de implementar um modelo computacional para simular as operações unitárias da linha de processamento de files de dourado congelados.

2. Material e métodos

Foi desenvolvido um modelo estocástico, dinâmico e discreto para simular a linha de processamento e congelamento de files de dourado, que se encontra na indústria de pescados Atum do Brasil, localizada na cidade de Itapemirim, Espírito Santo.

Para modelagem foi empregada a linguagem de simulação EXTENDTM.

2.1 Caracterização do sistema modelado

A linha de processamento modelada é constituída de nove estações de trabalho: esteira de recepção, serra fita, evisceração, filetagem, remoção de pele, acondicionamento para congelamento, congelamento e estocagem.

A esteira de recepção é utilizada para o transporte dos peixes da plataforma de recepção até o salão de evisceração. Durante o transporte é realizada a lavagem automática dos pescados sendo eliminados em média 1,0 % de sujidades.

A segunda operação no processamento é a remoção da cabeça, cauda e barbatanas, que totaliza aproximadamente 12,0% de dejetos em relação à massa inicial dos peixes. Essa etapa é realizada por meio do equipamento serra fita, sendo constatado apenas um para o fluxograma operacional avaliado.

A próxima operação é a evisceração em que são removidas as vísceras e ovas. No processo analisado, esta operação é realizada manualmente por quatro evisceradores, com a produtividade média de 60 kg.h⁻¹. Os dejetos gerados correspondem em média cerca de 5,0% em relação ao peso inicial do pescado.

Após a evisceração é realizada a filetagem que consiste em remover a coluna vertebral e músculos abdominais, e modelar os filés. Essa etapa é realizada manualmente por funcionários cuja produtividade média é de 30 kg.h⁻¹, sendo que para o fluxograma estudado constatou-se o emprego de quatro filetadores e geração de resíduos equivalente a 20,0 % da massa inicial de pescado em processamento.

A remoção da pele é feita mecanicamente, sendo a produtividade média estabelecida em 50 kg.h⁻¹. Essa operação é realizada apenas quando o objetivo do processo é a produção do filé sem pele. No processo analisado existia apenas uma máquina, e os resíduos provenientes dessa operação correspondem a 2,5% da massa inicial do pescado.

Depois das etapas de preparo dos files tem-se o acondicionamento para congelamento, que consiste em acondicionar as peças obtidas em bandejas com capacidade de 30 kg. Em seguida essas bandejas são organizadas no interior do túnel de congelamento. No fluxograma operacional avaliado, normalmente, emprega-se quatro funcionários e a produtividade média de cada um é de 200 kg.h⁻¹.

O congelamento é realizado em batelada, ou seja, somente depois de organizar toda a carga desejada e, ou, alcançada a capacidade máxima do túnel é iniciado o processo. O tempo de operação varia de 10 a 12 horas. Entretanto, para a liberação do descarregamento do produto, é primordial que a equipe do controle de qualidade verifique se os peixes alcançaram a temperatura de congelamento.

A operação de estocagem é realizada com a retirada dos pescados das bandejas, o glaciamento e a montagem das embalagens para comercialização. Neste processo o peixe absorve cerca de 2,0% de sua massa em água. A produtividade média da equipe desse setor é de 200 kg.h⁻¹, sendo que a equipe é formada por seis funcionários.

O glaciamento visa proteger o file congelado do ressecamento e da oxidação causada pelo contato dos tecidos com o oxigênio que leva à alteração da aparência do produto e, conseqüentemente, a redução do seu valor de venda. Com o glaciamento é formado uma fina camada de gelo sobre o produto congelado.

Os pescados congelados e embalados seguem para a câmara de estocagem até que seja emitida ordem de expedição. A equipe que realiza a disposição do produto nas câmaras de estocagem é composta por seis funcionários e possui uma produtividade média de 500 kg.h⁻¹.

2.3 Modelagem

O modelo implementado foi tipificado como: (i) estocástico - por considerar variáveis de entrada e parâmetros do sistema com comportamento aleatório; (ii) dinâmico – por possibilitar reconstituir a operação do sistema ao longo de um período de tempo; e (iii) discreto – por permitir caracterizar a movimentação da matéria prima em processamento por entre as nove estações de trabalho.

Para condução do trabalho de implementação, inicialmente foi proposto o modelo conceitual apresentado na Figura 1. Para tanto, foram feitas incursões no sistema real com o objetivo de constatar as operações unitárias realizada, a lógica dos procedimentos operacionais, os maquinários utilizados, e o emprego de mão-de-obra, energia elétrica e água.

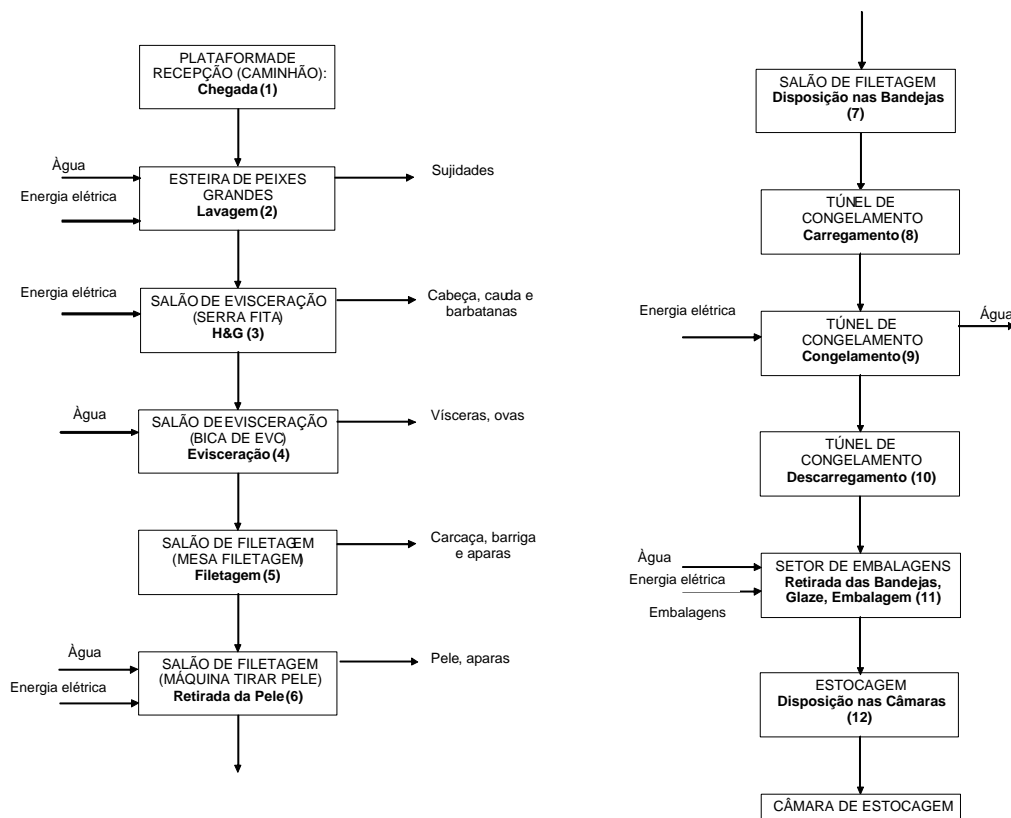


FIGURA 1 – Fluxograma operacional da linha de produção de files de pescado congelados.

Quanto ao desenvolvimento do modelo computacional foram utilizados 56 blocos. Destes, vinte blocos foram desenvolvidos especificamente para modelar operações e procedimentos relacionados à indústria de pescado. Desse modo, foi desenvolvida a biblioteca “Pescado”. Os demais blocos pertencem às bibliotecas “Discrete Event”, “Manufacturing” e “Generic”, que são disponibilizadas pelo EXTENDTM.

4. Resultados e discussão

Na Figura 2 é apresentado à janela principal do modelodesenvolvido. Foram criados quatorze botões que ao serem acionados abrem janelas em blocos específicos possibilitando ao usuário fazer a introdução de dados e, ou acessar os resultados gerados durante e ao final da simulação.

Do lado superior direito da janela é apresentada à hora relativa ao momento que está sendo simulado. E se o usuário ou o programador desejar acessar a estrutura do modelo basta acessar a opção “*Clique aqui para acessar o modelo*”.

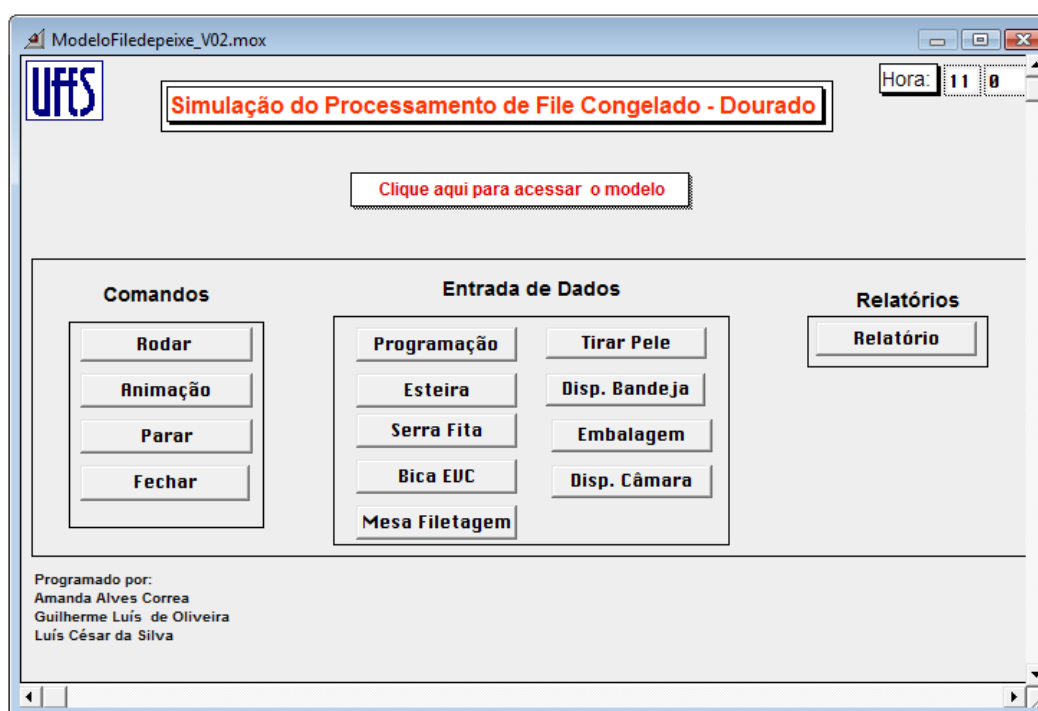


FIGURA 2 – Janela principal do modelo que simula o processamento de file de dourado congelado.

Para demonstrar a aplicabilidade do modelo implementado é apresentado na Tabela 1 os resultados simulados para três cenários que referem ao processamento de 900, 1.200 e 1.500 kg do pescado dourado. Para cada um dos cenários é reportada a quantidade de produto obtida, o tempo de realização e a quantidade de dejetos gerada, isso para cada operação. E por fim o tempo necessário para execução do processo.

Para o cenário relativo ao processamento de 900 kg de pescado foi obtido ao final 544,5 kg de file congelados, gerado 364,2 kg de dejetos e o tempo de operação da linha foi de 24,4 horas. De maneira semelhante, para os cenários relativos aos processamentos de 1.200 e 1500 kg de pescado foram obtidos 726,0 e 907,6 kg de file congelado, gerados 485,7 e 607,1 kg de dejetos e demandados 29,3 e 34,0 horas de funcionamento da linha de processamento, respectivamente.

De acordo com os dados obtidos a seção responsável pela maior geração de dejetos é a de filetagem correspondendo em média por 48,5% da quantidade total. Normalmente, esse tipo

de dejetos cabe reaproveitamento na elaboração de derivados, desde que a empresa possua estrutura para essa finalidade. Caso contrário o material deverá ser devidamente descartado para não ocorrer geração de impacto ambiental negativo.

No que se refere ao tempo de operação da linha de processamento, ao considerar que o tempo necessário para proceder ao congelamento foi de 10 horas, implica que as demais operações foram executadas em 14,4; 19,2 e 24,0 horas, respectivamente, para os cenários definidos. Se for considerado turnos de trabalho com duração de 8,0 horas fica definido que serão necessários 1,8; 2,4 e 3,0 turnos.

TABELA 1 – Levantamento de produtividade da linha de processamento de filé congelado de dourado

Processamento de 900 kg de pescado			
Estações de trabalho	Produção (kg)	Dejetos (kg)	Tempo de operação das estações de trabalho (h)
Esteira de recepção	891,0	9,0	4,4
Serra fita	783,9	107,9	4,3
Evisceração	737,9	45,0	13,0
Filetagem	557,9	180,0	24,5
Remoção de pele	535,6	22,3	11,2
Acondicionamento para congelamento	535,6	0	2,6
Congelamento	526,6	0	10
Embalagem	544,5	0	2,6
Estocagem	544,5	0	1,0
Total	544,5	364,2	24,4
Processamento de 1200 kg de pescado			
Estações de trabalho	Produção (kg)	Dejetos (kg)	Tempo de operação das estações de trabalho (h)
Esteira de recepção	1.188,0	12	5,8
Serra fita	1.044,1	143,9	5,8
Evisceração	983,9	60,0	17,4
Filetagem	743,8	240,1	32,8
Remoção de pele	714,1	29,7	14,9
Acondicionamento para congelamento	714,1	0	3,6
Congelamento	702,1	0	10
Embalagem	726,0	0	3,5
Estocagem	726,0	0	1,4
Total	726,0	485,7	29,3
Processamento de 1500 kg de pescado			
Estações de trabalho	Produção (kg)	Dejetos (kg)	Tempo de operação das estações de trabalho (h)
Esteira de recepção	1.485,0	15	7,3
Serra fita	1.305,0	179,9	7,3
Evisceração	1.229,9	75,03	21,7
Filetagem	929,8	300,1	40,9
Remoção de pele	892,6	37,1	18,6
Acondicionamento para congelamento	892,6	0	4,5
Congelamento	877,6	0	10
Embalagem	907,6	0	4,4
Estocagem	907,6	0	1,8
Total	907,6	607,1	34,0

Observação, o tempo de execução de cada operação trata do somatório de horas dedicada à execução da mesma. Além disso, essas operações podem ser executadas por mais de um funcionário e, ou equipamento, e algumas operações são executadas ao mesmo tempo.

Dentre as estações de trabalho, a de filetagem é a que mais demandou horas para execução, sendo normalmente utilizados quadro filetadores. Desse modo, os tempos apresentados referem ao somatório das horas de trabalho de cada um dos funcionários.

5. Conclusões

O modelo desenvolvido presta a simulação das operações da linha de processamento de files do pescado dourado no que se refere à produção, geração de dejetos e tempo de operação. Isso, segundo observações conduzidas no ambiente industrial.

No entanto, para aprimorar o nível de credibilidade do modelo faz-se necessário a condução de trabalhos de validação para diferentes cenários. Faz-se também a sugestão de incluir na simulação o emprego de recursos, tais como: água, energia elétrica, gelo e mão-de-obra.

Referências

ARANA, L. A. V. *Fundamentos de aqüicultura*. Florianópolis: Editora da UFSC. 2004.

BOSTWICK, J. *Animal Diversity Web: Coryphaena hippurus*. University of Michigan Museum of Zoology. Michigan, 2010. Disponível em: <http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Coryphaena_hippurus.html> Acesso em 24 mar 2010.

DIAS, Manuel Afonso. *Breves notas sobre a história da pesca*. Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente, 2007. Disponível em: <http://w3.ualg.pt/~madias/docencia/paq/BrevesNotasHistoriaPesca.pdf>. Acesso: 16.05.09

DALLAGNOLO, R.; ANDRADE, H. A. *Observações a respeito da pescaria sazonal de Dourado (Coryphaena hippurus) com espinhel-de-superfície no sul do Brasil*. Boletim do Instituto de Pesca. São Paulo, v. 34, n.2, 2008. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/34_2_331-335.pdf> Acesso em 24 mar 2010.

EBERT, D. C. *Simulação da dinâmica operacional de um processo de abate de aves*. (Dissertação de mestrado), UNIOESTE, Cascavel: PR, 2007. 64p.

FAO. *Freezing in Fisheries*. Tech. Pap., Rome: FAO. 1997.

FERNANDES, C. A., SILVA, L. C., PEREIRA, J. O., YAMAGUCHI, M. M. *Simulação da dinâmica operacional de uma linha industrial de abate de suínos*. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas: SP, v. 26, n. 1, p.166-170. 2006.

OGAWA, Masayoshi. *Manual de Pesca*. São Paulo: Editora: Varela. 1999.

LAW, A. M., W. D. KELTON. *Simulation Modeling & Analysis*. 2nd Edition. New York: McGraw Hill, Inc. 1991

RONOMI, J. R. *Indústria de Pescado*. Disponível em: <http://vix.sebraees.com.br/arquivos/biblioteca> Acesso: 20 de maio de 2009.



SANCHEZ, Luiz. *Pescado matéria prima e processamento*. São Paulo: Fundação Cargill, 1989. 61p.

SILVA, L. C. *Stochastic simulation of the dynamic behavior of grain storage facilities*. (Tese Doutorado). UFV, Viçosa: MG. 2002

WINSTON, W. L. *Operations Research: Applications and Algorithms*. Duxbrury Press, Belmont: California, 1994.

SZPILMAN, M. *Peixes marinhos do Brasil: guia prático de identificação*. Rio de Janeiro: Mauad, 2000. 288 p.