

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EVANDRO BECKER

**SIMULAÇÃO DA DINÂMICA OPERACIONAL DO PROCESSO DE
PRODUÇÃO DE FILÉS DE TILÁPIA EM UM FRIGORÍFICO DE
PEIXES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA
2014

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

**SIMULAÇÃO DA DINÂMICA OPERACIONAL DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE
FILÉS DE TILÁPIA EM UM FRIGORÍFICO DE PEIXES**

Por

EVANDRO BECKER

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 15:50 hrs do dia 27 de novembro de 2014, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. José Airton dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Dra. Carla. A. P. Schmidt
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. MSc. Milton Soares
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Carlos Aparecido Fernandes
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

AGRADECIMENTOS

A minha família, por todo amor, apoio e compreensão, que com certeza fez toda a diferença para eu chegar até aqui.

Aos amigos que conquistei durante essa jornada.

Ao meu orientador Professor Dr. José Airton, e minha co-orientadora Prof^a. Dr^a. Carla Adriana Pizarro Schmidt, que não mediram esforços para auxiliar e sanar todas as minhas dúvidas, mesmo que a distância ou em finais de semana, sempre buscando atingir os melhores resultados.

A empresa que abriu as portas para o desenvolvimento do trabalho, aos funcionários que colaboraram, e principalmente a Elisiane e Sueli que estavam sempre dispostas a ajudar no que fosse necessário para atingir os objetivos em estudo.

Aos professores que ao longo desses anos, transmitiram seu conhecimento formando profissionais capacitados para o mercado de trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

*“O saber a gente aprende com os mestres
e os livros. A sabedoria se aprende é com
a vida e com os humildes”.*
(Cora Coralina)

EVANDRO BECKER

**SIMULAÇÃO DA DINÂMICA OPERACIONAL DO PROCESSO DE
PRODUÇÃO DE FILÉS DE TILÁPIA EM UM FRIGORÍFICO DE
PEIXES**

Projeto de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Medianeira, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carla A. P. Schmidt

MEDIANEIRA

2014

RESUMO

BECKER, Evandro. **Simulação da dinâmica operacional do processo de produção de filés de tilápia em um frigorífico de peixes**. 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A tomada de decisão na gestão do processo de produção em pequenas empresas baseia-se geralmente na experiência do funcionário responsável pela produção. Decisões baseadas somente em experiência geralmente resultam em gargalos, deficiências no dimensionamento, alocação ineficaz de funcionários e problemas operacionais. Atendendo a necessidade de melhorar o processo de tomada de decisão nas pequenas empresas, este trabalho teve como objetivo analisar por meio de técnicas de simulação, a dinâmica operacional do processo de produção de filés de tilápias em uma indústria alimentícia. Um modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software de simulação Arena®. Através da simulação do modelo computacional foi possível dimensionar o número de funcionários do processo de filetagem para uma produção futura de 10 toneladas por turno. No entanto, para se sobressair no mercado atual, as empresas além de buscar melhorias na produtividade, que resulta em um preço final mais acessível, devem satisfazer seus clientes que optam também pela qualidade. Se a variabilidade do produto é alta e as especificações não são atendidas, a qualidade é um alvo cada vez mais distante. Com isso, além da simulação, este trabalho buscou analisar a variabilidade de pesos da matéria-prima dos fornecedores, bem como seu rendimento, a fim de verificar se os mesmos estão dentro dos limites aceitáveis pelo mercado.

Palavras-chave: ARENA®. Simulação. Indústria Alimentícia. Qualidade.

ABSTRACT

BECKER, Evandro. **Simulação da dinâmica operacional do processo de produção de filés de tilápia em um frigorífico de peixes**. 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Decision making in the management of production process in small companies is generally based on the experience of the officer responsible for the production. Decisions based only on experience usually result in bottlenecks, design deficiency, ineffective staff allocation and operational problems. Given the need to improve the decision making process in small firms, this study aimed to examine, by means of simulation techniques, the operational dynamics of the production process of tilapia fillets in a food industry. A dynamic, stochastic and discrete model type was implemented in the Arena® simulation software. Through the simulation of the computational model was possible to measure the number of filleting process' employees for a future production of 10 tons per shift. However, to excel in today's market, companies in addition to seeking improvements in productivity, which results in a more affordable final price, should satisfy customers who also opt for quality. If the variability of the product is high and the specifications are not met, quality is an increasingly distant target. Thus, in addition to the simulation, this study aimed to analyze weight variability of suppliers' raw material as well as their performance in order to verify that they are within acceptable limits by the market.

Keywords: ARENA®. Simulation. Food Industry. Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Produção de tilápias no Brasil.....	20
Figura 2 - Principais polos de produção de tilápias no Brasil	21
Figura 3 - Módulos básicos de modelagem.....	27
Figura 4 - Distribuição estatística beta	28
Figura 5 - Lista por ordem de melhor distribuição estatística	29
Figura 6 - Intervalo de confiança para variável de desempenho	29
Figura 7 – Gráfico de controle	31
Figura 8 – Fluxogramado processo.....	35
Figura 9 – Análise exploratória dos dados – Tempos de chegada dos filés.....	40
Figura 10 – Análise exploratória dos dados – Tempos de formação de bandejas	40
Figura 11 – Testes estatísticos – Tempos de chegada dos filés	41
Figura 12 – Testes estatísticos – Tempos de formação das bandejas.....	42
Figura 13 – Distribuição de probabilidades – Tempos de chegada dos filés.....	42
Figura 14 – Distribuição de probabilidades – Tempos de formação das bandejas ...	43
Figura 15 – Modelo computacional	44
Figura 16 – Simulação de 21 carrinhos – 6 filetadores	46
Figura 17 – Simulação de 21 carrinhos – 8 filetadores	46
Figura 18 – Boxplot dos pesos das tilápias	48
Figura 19 – Gráfico estatístico de controle de processos com base nos pesos, juntamente com gráfico de amplitude.....	49
Figura 20 – Sequência das etapas utilizadas na indústria.....	50
Figura 21 – Tipos de corte de cabeça da tilápia-do-nilo.....	51
Figura 22 – Boxplot dos pesos de filés de tilápia	51
Figura 23 – Gráfico estatístico de controle de processos com base nos pesos de filés, juntamente com gráfico de amplitude	52
Figura 24 – Dispersão dos pesos dos peixes com o rendimento	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Investimento inicial e produtividade nos sistemas de produção em viveiros escavados e em tanques-rede	Erro! Indicador não definido.	17
Tabela 2 - Produção de tilápias em relação à produção aquícola total	Erro! Indicador não definido.	19
Tabela 3 - Vida útil de produtos de pescado		22
Tabela 4 – Distribuição de probabilidade realizadas no presente estudo.....		42
Tabela 5 – Dados do sistema real e do modelo		43
Tabela 6 – Resultados de simulação dos cenários 1 e 2		46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Característica das espécies de tilápias mais cultivadas **Erro! Indicador não definido.**13

Quadro 2 - Vantagens e desvantagens do sistema de cultivo em tanques-rede.. **Erro! Indicador não definido.**18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 TILAPICULTURA.....	13
2.1.1 Matéria-prima	13
2.1.1.1 Tilápia-do-Nilo	14
2.1.1.2 Reversão sexual.....	14
2.1.2 Sistemas de produção.....	15
2.1.2.1 Sistema extensivo	16
2.1.2.2 Semi-intensivo.....	16
2.1.2.3 Sistema intensivo	17
2.1.2.3.1 Tanques-rede	17
2.1.2.3.2 Raceway's	18
2.1.3 Mercado	19
2.1.3.1 Principais polos de produção	20
2.1.3.2 Industrias beneficiadoras.....	21
2.2 PESQUISA OPERACIONAL	23
2.3 SIMULAÇÃO	23
2.3.1 Etapas na formulação de um estudo envolvendo modelagem de simulação ...	24
2.4 <i>SOFTWARE ARENA</i>	26
2.5 CONTROLE DEQUALIDADE.....	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	32
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	32
3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO	33
3.4 METODOLOGIA DA SIMULAÇÃO	36
3.4.1 Coleta de dados	36
3.4.2 Número de replicações.....	36
3.4.3 Validação do modelo	37
3.5 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 TRATAMENTO DOS DADOS	40
4.2 VALIDAÇÃO DO MODELO	43
4.3 SIMULAÇÃO DO PROCESSO.....	44
4.4 CENÁRIOS.....	45
4.5 RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS PESOS DOS PEIXES.....	47
5 CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que possui uma das mais extensas costas do mundo, e com seus inúmeros rios, tem a biodiversidade perfeita para se tornar uma grande potência na produção de peixes. Visto isso, ações do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) juntamente com cooperativas e associações de aquicultores tem proporcionado o crescimento da atividade no país. Mas apesar desse grande potencial, a população brasileira ainda se restringe muito ao consumo de carnes bovinas, suínas e aves, por apresentarem um preço relativamente menor comparado com o de peixes.

Para se sobressair no mercado atual, as empresas estão cada vez mais buscando formas de melhorar a sua linha de produção, diminuindo os custos para transmitir ao consumidor um preço mais acessível e conseqüentemente absorver uma maior parcela do mercado.

A redução de custos operacionais e inovação tecnológica são aspectos importantes que afetam diretamente o valor do produto final, e que são essenciais para o sucesso da empresa devido à competitividade e os altos custos de investimento. Assim, é preciso que o processo produtivo seja organizado de modo que as perdas sejam mínimas, tanto de tempo como de produto. Para obter este resultado, diversas técnicas, ferramentas e instrumentos são disponibilizados aos dirigentes desses processos, muitos deles envolvem a tecnologia de gestão da informação. No entanto, qualquer processo de mudança precisa ser precedido de uma avaliação técnica que avalie as vantagens ou problemas que poderão decorrer. Muitas dessas avaliações são realizadas mediante o uso de softwares de simulação (PRADO, 2010).

Um dos fatores que deve ser observado para obter essas melhorias são os gargalos na produção, que acabam limitando o fluxo do produto. Andrade (2002) afirma que isso ocorre devido a irregularidades nas ocorrências de um determinado evento, prejudicando o desempenho de todo o sistema, o que acarreta em uma perda de qualidade e produtividade tendendo ao aumento descontrolado do custo total da operação.

A melhoria do fluxo de produção, diminuição dos gargalos, requer ferramentas de planejamentos mais avançadas e sofisticadas, em seu poder de suprir os gestores

de informações confiáveis para a tomada de decisões, assim sendo, a simulação computacional vem mostrando-se com uma ferramenta com grande potencial de apoio as decisões estratégicas.

Em paralelo a isso, a qualidade também vem sendo um fator essencial dentro das empresas, por ser um quesito assim como o preço, que leva a diferenciação do produto. Carvalho e Paladini (2005) definem qualidade analisando a variabilidade dos produtos e as especificações exigidas. Se a variabilidade é alta e as especificações não são atendidas, a qualidade é um alvo cada vez mais distante.

Sob este foco, este trabalho pretende aplicar a simulação computacional a fim de melhorar o fluxo de produção do frigorífico de peixes, auxiliando a empresa na tomada de decisão em uma ampliação do seu volume de produção, assim como verificar a variabilidade dos pesos das tilápias provenientes de diferentes produtores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TILAPICULTURA

2.1.1 Matéria-Prima

As tilápias têm sido consideradas muito importantes não só pela sua qualidade nutricional, mas também por terem um grande papel como agente biológico no combate a mosquitos e ervas daninhas aquáticas. (POLI et al., 2004)

Existem mais de 70 espécies de tilápias já conhecidas, sendo a grande maioria proveniente da África. Porém apenas quatro obtiveram um destaque na aquicultura mundial, e todas elas do gênero *Oreochromis*: a tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus*; a tilápia de Moçambique *Oreochromis mossambicus*; a tilápia azul ou tilápia áurea *Oreochromis aureus* e a tilápia de Zanzibar *Oreochromis urolepis hornorum*. (EL-SAYED, 1999; KUBITZA, 2000). No Quadro 1 apresenta-se as características das espécies de tilápias mais cultivadas.

	Tilápia do Nilo	Tilápia azul	Tilápia de Moçambique	Tilápia de Zanzibar
Crescimento	*****	****	***	***
Tolerância ao frio	****	*****	***	***
Tolerância à alta salinidade	***	****	*****	*****
Maturação sexual (meses)	5 a 6	4	3	3 a 4
Prolificidade	*****	****	***	***

Quadro 1 – Característica das espécies de tilápias mais cultivadas
Fonte: Kubitza, (2000).

O que parece ser uma qualidade de todas as espécies é a capacidade de sobreviver a baixas concentrações de oxigênio, podendo suportar até níveis de 1mg/l.

São peixes que possuem uma tolerância a altas salinidades, o que pode ser justificado por sua provável origem marinha. Porém, apesar de suportarem esses

níveis elevados de salinidade, a maioria das espécies é incapaz de se reproduzir nessas condições (POLI et al., 2004).

O autor ainda salienta outras características que tornam as tilápias recomendadas para a piscicultura, sendo elas: resistência a doenças e baixa qualidade de água; facilidade no manejo e cultivo; tolerância a amplas variações ambientais; apresentam boa taxa de crescimento; e que suportam bem o sistema intensivo de cultivo.

2.1.1.1 Tilápia-do-Nilo

Nativa de diversos países africanos, a tilápia-do-Nilo é a espécie de tilápia mais cultivada no mundo, se destacando principalmente pelo crescimento mais rápido, reprodução mais tardia (o que permite atingir um maior tamanho antes da primeira reprodução) e alta prolificidade (grande produção de alevinos) (KUBITZA, 2000).

A tilápia do Nilo é uma espécie tropical que vive preferencialmente em águas rasas. Ela sobrevive em temperaturas na faixa de 12 – 42 graus célsius, qualquer variação que esteja fora desses limites pode ser letal, mas procura viver entre 31 - 36 graus célsius.

A tilápia possui rastros branquiais bem desenvolvidos, o que permite fazer a filtragem da água para a retirada do plâncton ou outros alimentos em suspensão. Em cultivo, essa espécie captura com competência as partículas de adubo orgânico, aceita uma grande variedade de subprodutos agrícolas, e se adapta ao consumo de ração balanceada (POLI et al., 2004).

2.1.1.2 Reversão sexual

Segundo Kubitza (2000) o cultivo de tilápias monosexo é praticamente indispensável quando se fala em piscicultura comercial em que se objetiva peixes com um peso médio de 400 gramas. Isso acontece porque as tilápias atingem a maturidade

sexual entre o 4º e o 6º mês de vida, muitas vezes se reproduzindo antes mesmo de atingir o peso comercial, com isso a competição pelo alimento acarreta na estagnação dos pesos por conta da superpopulação.

Como as fêmeas utilizam grande parte de sua energia para as atividades reprodutivas e não se alimentam durante o processo de incubação oral dos ovos, os machos apresentam um melhor crescimento e desempenho na engorda (MEURER et al., 2005).

Devido a isso, foram desenvolvidas várias estratégias para a criação de populações masculinas como: a reversão hormonal do sexo; a separação manual ou mecânica de machos e fêmeas juvenis; o cruzamento com outras espécies de tilápias gerando alevinos com uma proporção de 70 a 100% machos.

A mais utilizada comercialmente é a reversão hormonal do sexo. Nesse método, as pós-larvas de tilápia (idade na qual o sexo ainda não está definido) são alimentadas por um hormônio masculinizante por períodos entre 21 e 28 dias. (KUBITZA, 2000)

2.1.2 Sistemas de produção

A diversidade dos sistemas de produção no cultivo de tilápias existe devido a fatores como: a disponibilidade de recursos financeiros e insumos; o acesso e a viabilidade do emprego de tecnologia; a disponibilidade de água; a disponibilidade de área; as condições climáticas; as particularidades do mercado consumidor; as características intrínsecas de cada empresa; entre outros (KUBITZA, 2000).

De modo geral, esses sistemas são divididos conforme o nível de interferência do criador no ambiente aquícola, da renovação de água na unidade de criação e da produtividade. Sendo assim, são classificados em extensivo, semi-intensivo e intensivos (ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004).

O sistema de produção mais utilizado no Brasil até o fim da década de 90 era o semi-intensivo, desenvolvido em viveiros escavados e em reservatórios. Mas a partir de 2000 os piscicultores passaram a adotar a criação em tanques-rede especialmente em águas da União – nos enormes reservatórios das hidrelétricas (SUSSEL, 2013).

2.1.2.1 Sistema extensivo

Quando a piscicultura é considerada uma atividade secundária, sendo praticada em lugares não construídos para o cultivo de peixes, como açudes naturais, reservatórios utilizados como bebedouros para animais ou irrigação de culturas. (SANTOS, 2005).

Segundo Pereira e Silva (2012) nesses sistemas o povoamento é feito com várias espécies, os alimentos consumidos são aqueles produzidos pela própria massa hídrica, e a captura dos peixes pode ser feita com redes de cerco ou até mesmo com linha de anzóis.

O criador praticamente não apresenta interferência, utilizando um nível mínimo de tecnologia (ZIMMERMANN e FITZSIMMONS, 2004).

A viabilidade econômica neste sistema é variável, pois essa atividade secundária pode ser transformada em oportunidade para a abertura de um pesque e pague nos finais de semana, ou mesmo ofertando seus produtos para pequenos restaurantes locais (PEREIRA; SILVA, 2012).

2.1.2.2 Sistema semi-intensivo

Esse sistema é mais complexo, pois requer um acompanhamento da rotina de produção, interferindo quando necessário, em problemas que possam prejudicar a produtividade (PEREIRA; SILVA, 2012).

Utilizam-se tecnologias de criação para aumentar a produtividade, tais como, ração comercial, calagens, adubações e trocas de água entre 5% a 10% do volume total (ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004).

Na piscicultura semi-intensiva é necessário um maior planejamento, tendo estimativa de peso e engorda final, para assim encontrar um ponto de equilíbrio

financeiro entre a quantidade de ração fornecida e a biomassa final esperada, já que nessa atividade o alimento representa mais da metade dos custos de produção. (PEREIRA; SILVA, 2012).

2.1.2.3 Sistema intensivo

Com este sistema já é possível alcançar produtividades maiores com relação aos citados anteriormente, isso porque são utilizadas tecnologias mais sofisticadas. São tanques-rede e canais ou tanques de alto fluxo (*raceways*), onde a ração pode ser oferecida com maior frequência (mínimo de três vezes ao dia) (ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004).

2.1.2.3.1 Tanques-rede

O cultivo de tilápias do Nilo em tanques-rede é sem dúvida o que apresenta o melhor custo benefício no que diz respeito a investimento inicial por produção total (Tabela 1). Comparado com outros sistemas como o de viveiros escavados a diferença chega a ser de 75% do valor inicial requerido, pegando como base as mesmas produções anuais (FURUYA, 2004; GONTIJO et al., 2008).

Tabela 1 – Investimento inicial e produtividade nos sistemas de produção em viveiros escavados e em tanques-rede.

Sistemas de produção	Dimensão	Custo de implantação (R\$)	Produção anual esperada (t)	Investimento inicial (R\$/t)
Viveiros	5 ha	125.000	40	3.210
Tanques-rede	42 (2m ²)	30.000	40	750

Fonte: Gontijo et al., (2008)

Os tanques-rede são mecanismos flutuantes feitos de tela revestida ou redes, dispostos em ambientes aquáticos abertos, a fim de cultivar peixes de modo intensivo. Sendo que os de tela revestida também conhecidos como “gaiolas flutuantes” são mais utilizados quando existem predadores no local como lontras e piranhas (GONTIJO et al., 2008).

No Quadro 2 cita-se as principais vantagens e desvantagens desse sistema:

	Vantagens	Desvantagens
Sistema de tanques-rede	Menor tempo de implantação do projeto de produção.	Baixo nível de segurança.
	Menor custo operacional.	Impossibilidade do controle sanitário e do ambiente aquático.
	Ausência de alterações no sabor da carne dos peixes.	Acesso limitado dos peixes ao alimento natural.
	Permite o aproveitamento de recursos aquáticos já disponíveis.	Maior chance de ocorrência de problemas nutricionais e maior estresse.
	Assegura maior controle de estoque e melhor observação dos peixes do que o cultivo em viveiros.	

Quadro 2 – Vantagens e desvantagens do sistema de cultivo em tanques-rede
Fonte: Adaptado de Gontijo et al. (2008) e Kubitzka (2000).

2.1.2.3.2 Raceway's

Esse sistema baseia-se no princípio da alta troca de água dos tanques, permitindo realizar de uma a vinte trocas por hora, com adequados padrões de qualidade de água e máxima produção por área (KUBITZA, 2000).

Por ser um sistema com capacidade de produção e lucratividade alta, os riscos com prejuízos e perdas também são maiores.

Nesse tipo de criação, é importante estar atento com os gastos em eletricidade, pois são utilizados aeradores, bombas de recirculação de água, luz, entre outros equipamentos elétricos que consomem muita energia. (PEREIRA; SILVA, 2012).

2.1.3 Mercado

O cultivo de tilápias em cativeiro existe desde a Idade Antiga. Existem registros históricos do cultivo desses peixes em tanques para posterior consumo datado de dois mil antes de Cristo pelos antigos egípcios (FIGUEIREDO JÚNIOR; VALENTE JÚNIOR, 2008).

Segundo a FAO (2012), as tilápias já são o segundo grupo de peixes mais cultivados no mundo, com aproximadamente 3,5 milhões de toneladas produzidas em 2010, atrás apenas das carpas, que chegaram à marca de 24,2 milhões. A Ásia foi responsável por 72% da produção mundial de tilápias em 2010, seguida da África 19% e as Américas 9%.

Na Tabela 2 é possível observar a expressão da tilapicultura nos países latino-americanos com relação à produção aquícola total.

Tabela 2 - Produção de tilápias em relação à produção aquícola total

País	Produção aquícola em 2010 (mil toneladas)	Produção de tilápias em 2010 (mil toneladas)	% da produção de tilápias em relação a produção aquícola total em 2010
Brasil	479.399	155.451	32,43
Equador	271.399	47.733	17,55
Costa Rica	26.810	23.853	88,97
Honduras	27.509	8.227	29,90

Fonte FAO (2012)

No Brasil a tilápia foi inserida em caráter experimental pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) em 1950, através de um programa de produção de alevinos para peixamento dos reservatórios públicos da região nordeste (MOREIRA et al. 2007). Mas o cultivo se intensificou apenas em 1995, impulsionado pelo nível de aceitação da tilápia nos pesque-pagues das regiões Sul e Sudeste (KUBITZA; CAMPOS, 2005).

A aquíicultura no Brasil vem crescendo a cada ano, apoiada em tilápias e outras espécies nativas como o pintado e o pacu. Alcança o segundo lugar na América do Sul referente à produção, atrás apenas do Chile. O que torna esse cenário ainda mais motivador é o fato de que a liderança na produção tem passado por vários estados, mas em nenhuma região ele tem regredido. O que tem se observado nas visitas de campo é que quem já vem produzindo, continua ampliando, e com a ajuda da

tecnologia e novas áreas de cultivo outras regiões também passaram a produzir mais (SUSSEL, 2013).

A tilapicultura é a mais sólida criação de peixes no Brasil, apresentando um crescimento notável nos últimos dez anos, como pode ser observado no gráfico apresentado na Figura 1.

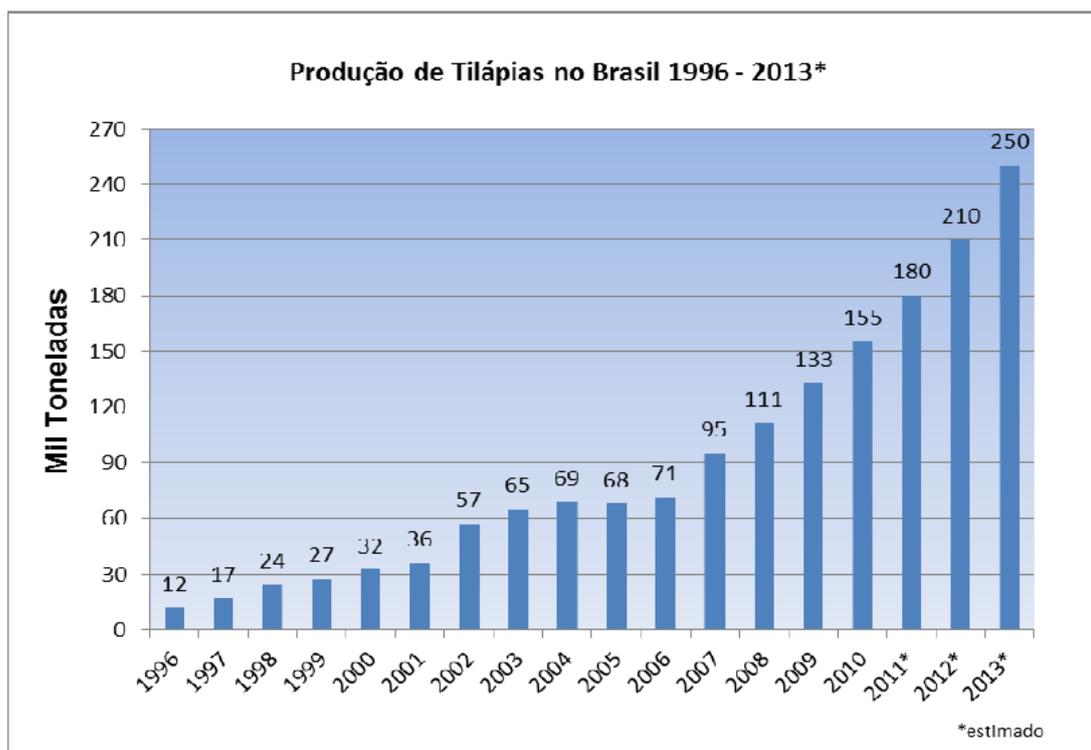


Figura 1: Produção de tilápias no Brasil: até 2007, IBAMA (2008); de 2008 a 2010, MPA; e de 2010 a 2013, estimativa Sussel, F.R.
Fonte: Sussel, (2013).

2.1.3.1 Principais polos de produção no Brasil

Basicamente a produção de tilápia se concentra em três polos (Figura 2): Noroeste Paulista, Região Nordeste brasileira e Oeste Paranaense. No nordeste abrange duas áreas: os reservatórios do Rio São Francisco e os grandes açudes cearenses de Castanhão. No Noroeste Paulista envolve a região de Santa Fé do Sul e os reservatórios do Rio Paraná, do Rio Grande e do baixo Rio Tietê. No oeste do Paraná o que prevalece são os tanques escavados (SUSSEL, 2013).



Figura 2 - Principais polos de produção de tilápias no Brasil
Fonte: Sussel, (2013).

2.1.3.2 Indústrias beneficiadoras

As condições típicas dos peixes mais aceitos pelo mercado consumidor como a carne branca de textura firme, o sabor delicado, de fácil filetagem e ausência de espinhas em “Y” tornam a tilápia uma das principais espécies cultivadas comercialmente (JORY; ALCESTE; CABRERA, 2000).

Esse comércio é capaz de gerar lucro tanto para os produtores, quanto para as indústrias que fazem o processamento do peixe, em uma visão sistêmica de cadeia produtiva (PINHEIRO et al, 2006).

Com o cultivo do peixe em seu auge, a oferta dos piscicultores começa a ultrapassar a demanda dos pesque-pagues, conduzindo a atividade a uma fase industrial (SILVA; ALVES; SANTOS, 2008).

No início esse processamento era realizado em pequena escala, por frigoríficos de pequeno porte, porém essas indústrias beneficiadoras vêm crescendo não apenas em número, mas também em tamanho nos últimos anos. O *mix* de produtos resultantes do processamento para a alimentação humana podem ser de: filés, postas, peixe inteiro eviscerado, hambúrgueres, espetinhos, petiscos, entre outras variações que atraem o consumidor (FIGUEIREDO JÚNIOR; VALENTE JÚNIOR, 2008).

Os produtos provenientes da industrialização podem ser comercializados de três formas possíveis: fresco (não sofre nenhum processo de conservação, apenas a ação do gelo), resfriado (mantido no gelo a uma temperatura entre -0,5 a -2°C), ou congelado (disposto em uma câmara de congelamento a uma temperatura de no máximo -25°C) (SILVA; ALVES; SANTOS, 2008).

Quando é preciso armazenar o pescado por muito tempo, recomenda-se o congelamento, para que todos os microorganismos deterioradores possam ser eliminados. Porém existem alguns limites de tempo para esse estoque, como pode ser visto na Tabela 3. Quase toda a água do pescado é solidificada a uma temperatura na faixa de -1°C a -5°C, porém o filé visto a estas temperaturas não pode ser considerado congelado, devido a retenção de uma porcentagem pequena de água, o suficiente para o crescimento microbiano (GONÇALVES, 2006).

Tabela 3 - Vida útil de produtos de pescado

PRODUTO	TEMPERATURA (°C)	VIDA ÚTIL
Peixe com gelo para consumo fresco	+1 a -1	10 a 12 dias
Filé de peixe para consumo fresco sem gelo	+1 a -1	2 dias
Peixes gordos congelados inteiros	-25 a -30	6 a 8 meses
Peixes gordos congelados (glazeados) com antioxidante	-15 a -18	6 a 8 meses
Peixes magros inteiros	-15 a -18	6 a 8 meses
Peixes magros em filé	-25 a -30	10 a 12 meses
Peixe salgado (52% de água)	-1 a -2	4 a 6 meses
Tirinhas empanadas e pré-fritas	-15 a -18	6 meses
Camarão congelado (individuais)	-15 a -18	6 meses

Fonte: Gonçalves, (2006).

2.2 PESQUISA OPERACIONAL

A pesquisa operacional é uma área multidisciplinar relacionada à Engenharia de Produção que incorpora métodos encontrados na programação matemática, ciências de gerenciamento, teoria de jogos, simulação discreta e até sistemas inteligentes (OLIVEIRA, 2008).

Teve sua origem durante a segunda guerra mundial, onde se tornou necessário o estudo de inúmeros fatores complexos que contribuíam para o sucesso na guerra, sendo eles de caráter logístico, tático e estratégico militar.

Para uma análise desses fatores foram criados grupos de cientistas que aplicando seus conhecimentos desenvolveram modelos matemáticos apoiados em dados e fatos para que pudessem compreender os problemas surgidos, e através de simulações obterem a melhor forma de resolvê-los (SOBRAPO, 2013).

Após o sucesso da PO na guerra, foi natural o interesse de sua aplicação na área industrial, visto que muitos dos problemas encontrados nas organizações eram similares aos enfrentados pelos militares, porém em cenários diferentes.

Com o desenvolvimento das organizações motivadas a partir da guerra, o sistema de trabalho começou a se tornar mais complexo, sendo dividido em vários segmentos, dando origem à áreas com funções cada vez mais específicas. Apesar do sucesso adquirido por essa evolução, alguns problemas acabaram se tornando constantes até mesmo nos dias de hoje.

As diferentes unidades dentro de uma organização tendem a buscar o sucesso individual, muitas vezes não condizente com as demais restantes, tornando prejudicial o funcionamento do sistema como um todo.

Buscando a solução para esses problemas é que a PO teve sua rápida disseminação (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

2.3 SIMULAÇÃO

Segundo Belfiore (2012) a simulação é uma prática que estuda o desempenho de um sistema real por meio de modelos. Através desses modelos é possível se fazer

comparações e projeções de outros cenários. Analisando como os parâmetros de entrada afetam os de saída, a fim de orientar uma tomada de decisão.

Para Prado (2010) a definição mais aceita é de que a simulação é uma ferramenta de solução de um problema, a partir da análise de um modelo usando um computador digital. Dessa forma pode se dizer que o computador é uma parte integrante do conceito de simulação, utilizado para se chegar aos resultados.

O motivo do uso do computador é devido ao fato dos modelos possuírem uma enorme quantidade de cálculos, certamente possíveis de serem resolvidos manualmente em sistemas discretos, cuja complexidade desses cálculos é razoavelmente baixa. Porém é um trabalho que exige muito tempo, já que está suscetível a erros causados pela interminável repetição dessas operações matemáticas PRADO (2010).

A simulação é uma técnica que tem sido muito bem aceita e utilizada por diversas áreas como: sistemas de produção, de transporte e administrativos. Não só pela facilidade de uso, mas também pela possibilidade de animação do processo, o que facilita ainda mais a compreensão do processo em estudo (FREITAS FILHO, 2008).

O autor ainda cita os principais motivos que levam a busca por um modelo de simulação, sendo eles:

- O sistema real ainda não existe: nessas situações o uso da simulação entra como uma maneira de planejar o ambiente que pretende ser construído, trazendo uma segurança com relação a custos e produtividade já esperados.

- Experimentar com o sistema real é dispendioso: é utilizado como a base de um investimento, informando se é viável ou não a implantação de uma nova máquina.

- Experimentar com o sistema real não é apropriado: é empregado em situações onde não se pode criar um sistema real, por depender de fatores externos fora de controle, como a logística de acionamento e atuação dos serviços prestados pela polícia e bombeiros em casos de emergência.

2.3.1 Etapas na formulação de um estudo envolvendo modelagem e simulação

Freitas Filho (2008) lista os passos empregados para solucionar um problema utilizando o processo de modelagem e simulação do sistema.

- Formulação e análise do problema: as finalidades e objetivos do estudo em questão devem ser claramente definidos.

- Planejamento do projeto: nesta etapa deve-se verificar se existem todos os recursos necessários para a execução do trabalho proposto e os seus respectivos custos, como: suporte, pessoal, gerência, hardware e software. Assim como, definir os vários cenários que serão explorados.

- Formulação do modelo conceitual: é feito um rascunho do projeto mostrando a sua sequência operacional e definindo seus componentes, podendo ser feito de forma gráfica ou algorítmica.

- Coleta de macro informações e dados: são os elementos fundamentais para a alimentação dos parâmetros do sistema modelado, ou seja, fatos, informações e estatísticas adquiridas através da observação e arquivos históricos.

- Tradução do modelo: codificar o modelo em uma linguagem de simulação adequada.

- Verificação e validação: admitir que o modelo está funcionando adequadamente e que os resultados condizem com o sistema real.

- Projeto experimental final: delinear um conjunto de testes que produza a informação requerida, buscando o máximo de informação com o mínimo de experimentações possíveis.

- Experimentação: executar as simulações para a obtenção dos dados e seguida análise de sensibilidade dos mesmos.

- Interpretação e análise estatística dos resultados: traçar inferência sobre os resultados obtidos e verificar se há necessidade de mais replicações do modelo a fim de alcançar a precisão estatística desejada.

- Comparação de sistemas e identificação das melhores soluções: em certas ocasiões o objetivo da simulação é de comparar o sistema já existente com opções alternativas. Já em outras é de analisar todas as propostas entre si para encontrar a mais adequada para determinada situação.

- Documentação: a documentação do modelo é indispensável. É utilizada como base para que pessoas com pouco conhecimento do assunto possam entender e utilizar os resultados já obtidos. Também como uma forma de auxiliar em uma futura modificação do modelo.

- Apresentação dos resultados e implementação.

2.4 SOFTWARE ARENA®

Existem inúmeros *softwares* que são utilizados para a simulação. Prado (2010) destaca que a diferenciação entre um e outro se dá pela forma como o *software* vê um sistema a ser simulado, sendo consequência da particularidade de como os dados são abastecidos, gerando relatórios completamente distintos.

O ARENA surgiu em 1993 sendo o sucessor de outros dois programas desenvolvidos também pela empresa americana Systems Modeling. O SIMAN (primeiro software de simulação para PC) foi uma evolução da arquitetura do GPSS lançado pela IBM, que em 1984 recebeu um complemento que adicionava técnicas de animação gráfica chamado de CINEMA. Da unificação e constantes aperfeiçoamentos desses programas criou-se o ARENA (PRADO, 2010).

Todo o processo de elaboração do modelo é feito a partir de fluxogramas em um ambiente gráfico integrado, facilitando muito o trabalho, pois não é necessário escrever nenhuma linha de código. O grande diferencial do programa é um conjunto de ferramentas denominado *templates*, que permitem descrever o processo em análise de maneira interativa (PARAGON, 2013).

Basicamente os modelos são reduzidos a um conjunto de estações de trabalho que prestam serviços a entidades. Essas estações são interconectadas seguindo uma sequência lógica por onde as entidades se locomovem. Um exemplo de fácil compreensão seria de uma fábrica automobilística, onde o automóvel (entidade) é montado percorrendo as diversas seções (estações).

A construção dos modelos é feita através dos módulos básicos de modelagem (Figura 3), que podem ser de dois tipos distintos: módulos de fluxograma e módulos de dados, sendo os mais utilizados descritos a seguir: (LIMA et al., 2006)

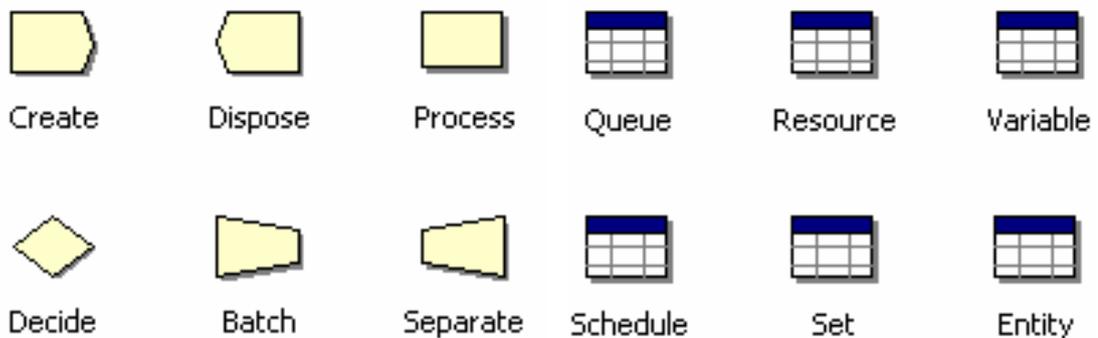


Figura 3 – Módulos básicos de modelagem
Fonte: Adaptado de (Lima et al., 2006)

Create: É o ponto inicial de todo o modelo, onde as entidades são criadas a partir de intervalos de tempo definidos e se movem pelo sistema, fazendo os processos funcionar.

Process: tem a função de representar as ações que as entidades passam, envolvendo algum intervalo de tempo.

Dispose: é onde as entidades desaparecem do sistema, sendo portanto o bloco final do processo de simulação.

Batch: tem o poder de agrupar as entidades, esperando em uma fila até o número requerido para o agrupamento seja atingido.

Decide: serve como uma ramificação do processo, alterando o rumo das entidades feito através de uma tomada de decisão do tipo binária ou de um percentual probabilístico.

Separate: tem o objetivo de desfazer o agrupamento feito pelo *batch*, quando este é utilizado apenas para um momento temporário.

Entity: nesse bloco é possível modificar todos os parâmetros relevantes das entidades criadas para o sistema.

Resource: permite a alteração das características dos recursos utilizados pelos processos. (LIMA et al., 2006)

Segundo Prado (2010), além de proporcionar a criação de modelos de simulação, o programa ainda possui ferramentas muito úteis:

- Analisador de dados de entrada (*Input Analyser*)
- Analisador de resultados (*Output Analyser*)

O *Input Analyser* analisa os dados reais de entrada do funcionamento do processo, e proporciona a escolha da melhor distribuição estatística para eles, podendo ser incorporada diretamente ao modelo.

Essa ferramenta possui várias opções para o tratamento de dados, sendo que as principais são: normal, beta, uniforme, triangular, exponencial, erlang, gamma, log normal e weibull.

A Figura 4 apresenta um exemplo da distribuição beta gerada pela ferramenta:

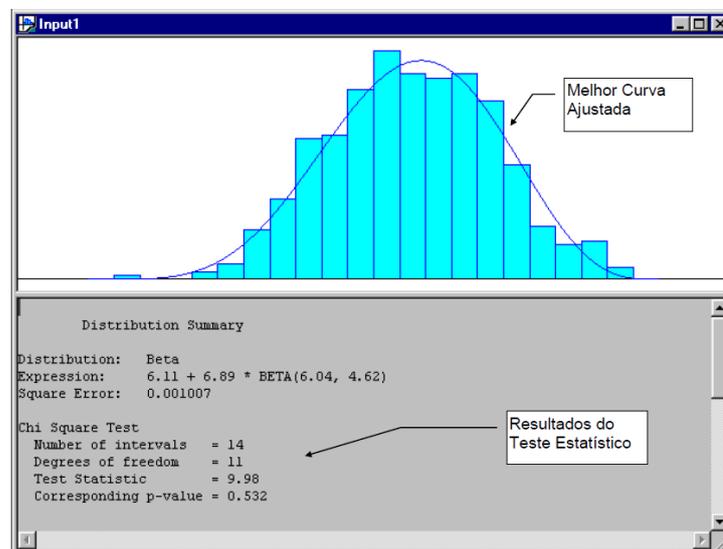


Figura 4 – Distribuição estatística beta
Fonte: (PARAGON)

O *Input Analyser* também gera a lista em ordem por melhor ajuste, demonstrada na figura a seguir:

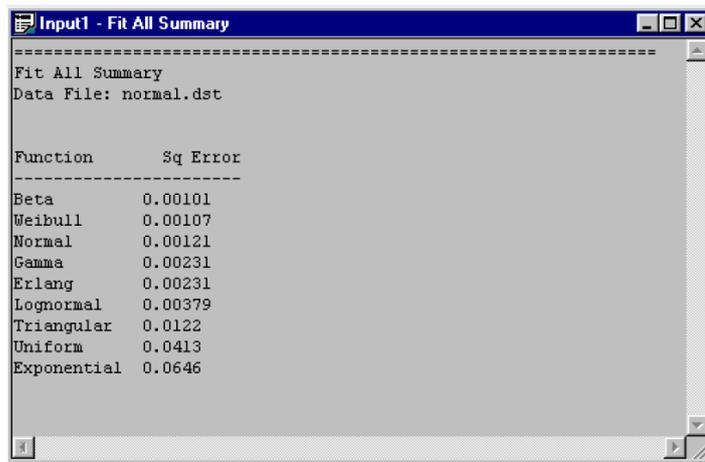


Figura 5 – Lista por ordem de melhor distribuição estatística
Fonte: (PARAGON)

O *Output Analyser* (Figura 6) é uma ferramenta com vários recursos que proporciona analisar os dados recolhidos durante a simulação (PRADO, 2010). Dentre esses recursos estão o gráfico de barras, histogramas e gráfico de linhas, podendo também ser utilizado para o alcance do intervalo de confiança para a comparação das medidas de amostras pareadas:

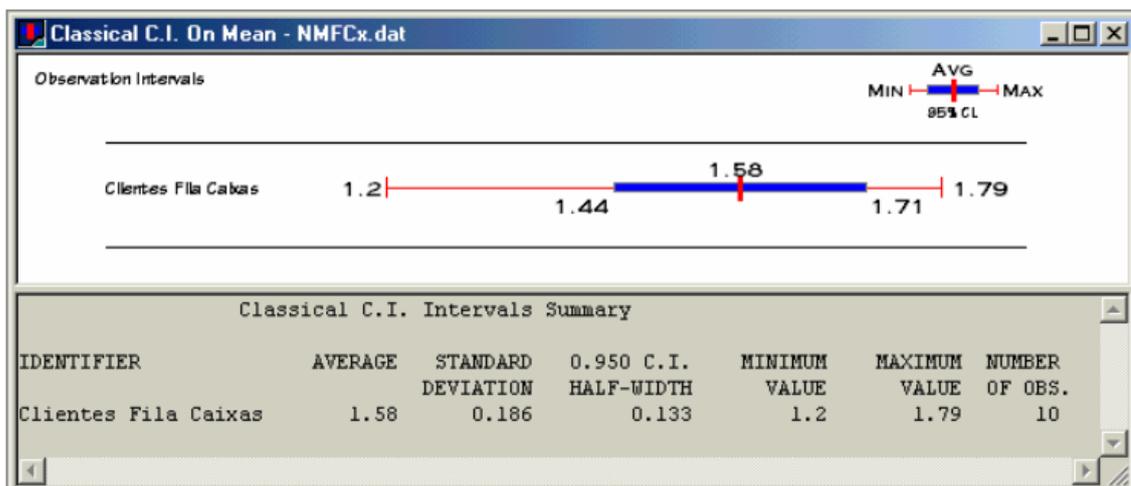


Figura 6: Intervalo de confiança para variável de desempenho- Fila dos caixas.
Fonte: (FREITAS FILHO, 2008)

2.5 CONTROLE DE QUALIDADE

Por ser um requisito essencial, a qualidade tornou-se uma preocupação constante para as empresas garantirem um diferencial no mercado. Um produto ou

serviço de qualidade é aquele atendido de forma confiável, acessível, seguro e no tempo certo às necessidades do cliente (CAMPOS, 1992). Carvalho e Paladini (2005) definem qualidade analisando a variabilidade dos produtos e as especificações exigidas. Se a variabilidade é alta e as especificações não são atendidas, a qualidade é um alvo cada vez mais distante.

Quando as organizações investem em programas de qualidade, criam um diferencial nos produtos, serviços, na eficiência dos colaboradores, principalmente, no que tange à satisfação do cliente, sendo estas as atribuições que o cliente faz ao produto ou serviço. A falta de qualidade resulta em sérias complicações, podendo ser observada no desperdício de mão de obra, de materiais, de tempo, fatores que contribuem para elevar custos de produção (MOURA, *et. al*, 2010).

Segundo Miguel (2006) as ferramentas da qualidade tem um grande potencial quando utilizadas na identificação das causas raízes ou ao apoio à decisão na análise de determinado problema no processo para solução de insuficiência no quesito qualidade.

Qualquer processo de produção está sujeito à variação. No controle estatístico de qualidade, a variabilidade tem causas aleatórias, inerentes ao processo, e causas especiais, que podem ser identificadas. Quando o processo é dito sob controle estatístico, ele opera apenas sob as causas inerentes, que são causas essencialmente inevitáveis, as quais pouco ou nada se pode fazer para eliminar. Quando o processo é dito estar fora de controle estatístico, ele opera sob causas especiais. Estas causas devem ser descobertas e corrigidas para que o processo volte ao controle. As causas especiais podem ocorrer devido a: mão de obra, método de trabalho, matéria prima, máquinas, meio ambiente e meios de medição, o qual foi conhecido como 6M. A falta de treinamento de funcionários, a falta de ajuste ou lubrificação da máquina são exemplos de causas especiais. Convém ressaltar que existe o erro de afirmar-se que o processo está sob controle, quando ele não está e vice-versa.

Um dos objetivos principais do controle estatístico de qualidade é detectar as causas especiais, investigar e aplicar ações para correção, para que o processo não produza produtos fora das especificações acima do previsto. O objetivo é a eliminação da variabilidade (ou de quase toda) no processo. Para detectar causas especiais utiliza-se a carta de controle. As cartas de controle são compostas de três linhas

paralelas, a linha central (LC), o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC). Estes limites devem estar dentro dos limites de especificação de engenharia. Os limites das cartas de controle são determinados com base na média e no desvio padrão da distribuição da característica de qualidade da variável quando o processo está isento de causas especiais, isto é, as medidas individuais são provenientes de uma mesma população (DAL CORTIVO, 2005).

A teoria estatística desenvolvida por Shewhart para cálculos do limites de controle, para uma estatística W qualquer, com distribuição normal, é calculada a partir dos valores amostrais, e que tenha média \bar{w} e desvio padrão $\sigma(w)$ conhecidos, terá uma probabilidade próxima a um de estar no intervalo de $\bar{w} \pm 3\sigma(w)$, segundo Ramos (1995). Consequentemente, tem-se:

$$LSC = \mu(w) + 3s(w)$$

$$LC = \mu(w)$$

$$LIC = \mu(w) - 3s(w)$$

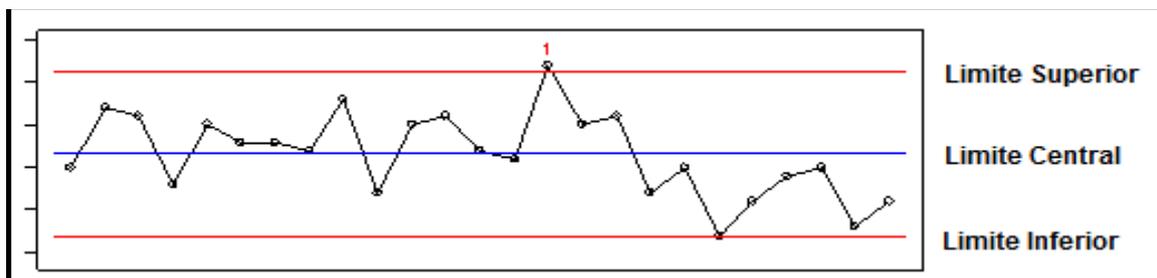


Figura 7 - Gráfico de Controle

Fonte - Portal Action, 2011

Na Figura 7 é possível visualizar o Gráfico de Controle que representa as sucessivas amostras do processo produtivo (pontos e linhas) conjuntamente com o nível desejado/especificado de qualidade (linha azul) e os limites superior e inferior de controle (linha vermelha). Enquanto a informação extraída das amostras se encontrar entre os limites, pode-se considerar que o processo está controlado, ou seja, a produção está com a qualidade média pretendida.

Segundo Portal Action (2011) estes gráficos representam uma técnica estatística que mostram evidências de variações em um processo, bem como se o processo está ou não sob controle estatístico. Apresentam informações para que se consiga tomar ações preventivas e medidas corretivas apropriadas, em busca da melhoria do processo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 TIPO DE PESQUISA

Segundo Gil (2009) a classificação das pesquisas pode ser feita com base em seus objetivos gerais, podendo então ser: exploratória, descritiva ou explicativa.

A pesquisa exploratória tem por objetivo proporcionar uma maior interação com o problema, tornando-o mais explícito ou proporcionando a construção de hipóteses. A descritiva como o nome já diz, busca descrever as características de um determinado fato, ou então, estabelecer relações entre variáveis. Já a explicativa visa identificar as causas que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

Portando, a pesquisa que mais se encaixou com esse trabalho foi a exploratória, pois buscou compreender melhor todo o processo através da construção de um modelo de simulação.

Como foram utilizados dados numéricos para a análise computacional, e esta mesma também gerou relatórios baseados em números, o presente estudo é classificado como pesquisa quantitativa (SILVA; MENEZES, 2001).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O frigorífico de peixes em estudo é caracterizado como de pequeno porte, localizado na cidade de São Miguel do Iguaçu, Paraná. Na indústria é produzido filé de tilápia congelado para abastecimento dos mercados locais. Atualmente, a indústria processa aproximadamente seis toneladas de peixes por dia. A grande parte da matéria-prima é proveniente de outras cidades da região, devido à insuficiência da mesma na cidade onde está localizada.

3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Após a despesca, o pescado é transportado em caminhões adequados, possuindo caixas com volume de 2.400 litros, capacidade aproximada de 1000 quilos de pescado vivo (cada), contendo água e sistema de oxigenação. Na recepção do pescado são recebidos os documentos de transporte (Check list produtor, GTA e inspeção sanitária quando necessária). Se estiver tudo de acordo com o procedimento de auto controle, o pescado será descarregado nos tanques de depuração. Após o período de depuração, os animais são insensibilizados através de choque térmico por imersão em uma solução contendo água e gelo proporção de 2:1 quilos de gelo para litros de água. Após insensibilização ocorre o processo de sangria que consiste em corte das brânquias e imersão em água corrente, depois são levados a máquina de lavagem de pescados onde são limpos e descamados com água hiperclorada (5ppm), sendo posteriormente introduzidos na planta onde se inicia o processo de filetagem. Este processo é realizado através de cortes longo das costas do peixe (lombar) partindo da espinha dorsal até o rabo; com a faca deitada corta-se ao longo das espinhas para retirar a carne em um só pedaço separando-o posteriormente da cabeça; então vira-se o peixe e repete-se o processo do outro lado. Após o procedimento acima, a pele é retirada com ajuda de uma máquina elétrica que faz o processo puxando-se da parte frontal para a parte final. Os resíduos gerados após filetagem são enviados a área suja através de rosca sem fim, sendo armazenados até que seja realizada a destinação adequada. Após a retirada da pele, são lavados com água clorada (mínimo de 0,5 ppm e máximo 2 ppm de cloro residual livre), e é feito o toalete onde se retira os espinhos residuais do processo de filetagem. O produto permanece em uma bacia com gelo, posteriormente são então levados para a o processo de enformagem que consiste em dispor os filés lado a lado, sendo os mesmo separados com folhas de plástico para não grudarem, condicionados em formas próprias com espaço mínimo de 01 centímetro entre os filés. As formas são acondicionadas em carrinhos apropriados e enviados ao túnel de congelamento à temperatura de -25°C propiciando assim a passagem da zona de temperatura máxima de formação de cristais de gelo (-0,5°C a -5°C) em tempo inferior a 2 horas. Após

congelamento é feito o glazeamento, que consiste em retirar as formas do túnel de congelamento e, uma a uma, ir despejando o peixe em mesa apropriada e posteriormente alocado em caixas vazadas sendo estas submersas em com água gelada. Depois de escorrido o excesso de água os filés são devolvidos à bandeja e estas são dispostas adequadamente no carrinho e retornam ao túnel de congelamento. Após este processo, o filé é armazenado em câmara fria a -18 °C até o mesmo ser embalado.

No ato da embalagem é feito controle seguindo a portaria do INMETRO 38 de 11 de julho de 2010, a qual é realizada seguindo um plano de amostragem conforme a portaria orienta, para que haja garantia que em cada pacote exista pelo menos o mínimo de peso líquido indicado na embalagem, no caso até 6 kg embalagem primária e 20 kg embalagem secundária. Neste processo os filés são colocados em embalagem de polietileno conforme o peso sendo as mesmas devidamente identificadas com Fabricação/Validade/Lote, e termo selados com seladora elétrica.

Após embalagem primária, os pacotes são acondicionados em caixas de papelão, ou caixas plásticas com o peso identificado na caixa em kg sendo armazenados em câmara fria de estocagem com temp. de -18 °C.

Para comercialização o produto é transportado em veículos adequados, afim de que se assegurem as condições de higiene e também sanitárias para o consumo humano.

Na Figura 8 apresenta-se o fluxograma do processo.

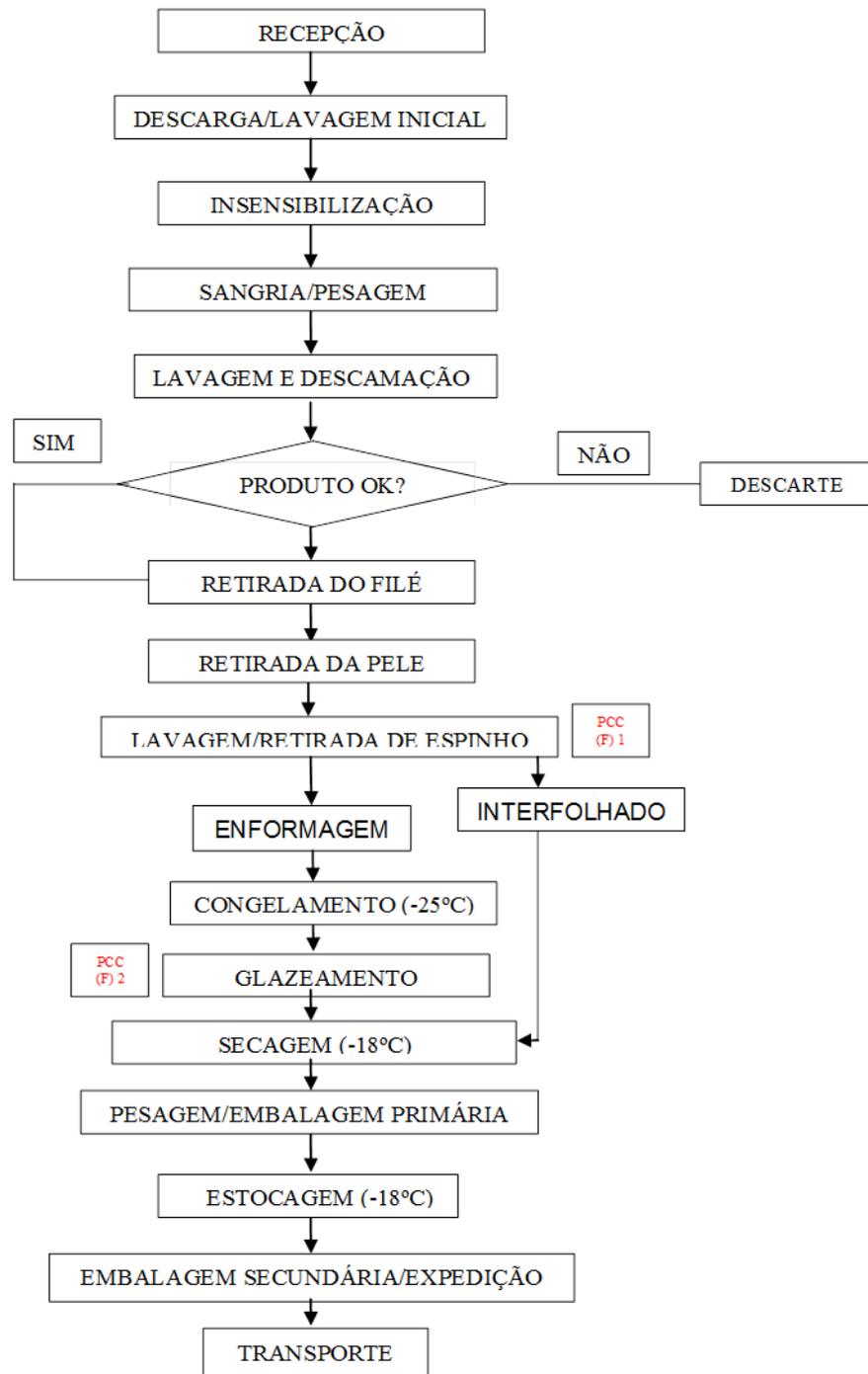


Figura 8 – Fluxograma do processo
Fonte: Pescados São Miguel, (2014)

Neste trabalho foi simulado apenas o processo de enformagem dos filés de peixe, levando em consideração todo o processo anterior como o de chegada de filés.

3.4 METODOLOGIA DA SIMULAÇÃO

3.4.1 Coleta De Dados

A coleta de dados é um elemento essencial para o desenvolvimento da simulação, por isso foi feita de maneira cautelosa, pois qualquer erro compromete todo o trabalho. No planejamento, da coleta de dados, concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis: Tempos de Chegada dos Filés (TCF) no processo de enformagem e os Tempos do processo de Formação das Bandejas (TFB).

Informações sobre o sistema foram coletadas por meio de observação direta e de entrevista com o responsável pela produção, enquanto que as informações sobre a produção diária foram obtidas de registros históricos da empresa. A coleta de dados foi realizada durante os meses de setembro e outubro de 2014.

Para fazer as devidas cronometragens dos tempos, foi utilizado um cronômetro Technos YP2151 com memória para 150 tempos, registrando os dados em pranchetas com folhas A4. Após as tomadas de tempo os dados foram compilados e organizados em uma planilha do aplicativo *MS Excel*.

Os dados foram analisados com a ferramenta Input analyzer (analisador de dados de entrada) do software Arena®. Segundo Prado (2010) esta ferramenta permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles.

A simulação da dinâmica operacional do processo de enformagem foi realizada no software Arena®, e os resultados analisados nas ferramentas Output Analyzer e Process Analyzer.

3.4.2 Número de Replicações

Neste trabalho, o número de replicações (n^*) foi obtido através da Equação (1) (CHIFF; MEDINA, 2007):

$$n^* = n \times \left(\frac{h}{h^*}\right)^2 \quad (1)$$

onde:

n: número de replicações já realizadas;

h: semi-intervalo de confiança já obtido;

h*: semi-intervalo de confiança desejado.

3.4.3 Validação do Modelo

Segundo Sargent (1998), a validação do modelo computacional é definida como a determinação de que o comportamento do modelo simulado detém precisão suficiente para representar o modelo real para a aplicabilidade a qual se destina. Desta forma se o modelo não é uma aproximação bastante próxima do sistema real, todas as conclusões derivadas deste estarão susceptíveis a erros e poderão resultar em decisões incorretas. Sendo assim a validação pode e deve ser feita para todos os modelos, independentemente do sistema modelado (LAW; KELTON, 2000).

Na execução do procedimento de validação, para o sistema em estudo, utilizou-se o erro médio estimado (Equação 3) (MONTGOMERY, 2005):

$$SE = \sqrt{\frac{(SR-MD)^2}{GLR}} \quad (2)$$

onde:

SE – erro médio estimado;

SR – valor obtido a partir do sistema real;

MD – média dos valores gerados pelo modelo;

GLR – grau de liberdade considerando o número de replicações do modelo.

3.5 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

Para avaliação dos pesos dos peixes e dos filés, foram selecionados aleatoriamente 50 unidades de peixes pertencentes a um mesmo lote. Essas Tilápias

foram pesadas na entrada do processo em balança da marca TOLEDO, com precisão de 0,01g e seus pesos foram anotados, a seguir esses mesmos peixes foram acompanhados ao longo do processo e os pesos de seus filés foram anotados.

A seguir foram realizadas as avaliações estatísticas de cálculo de rendimento, bem como gráficos de box plot e de controle estatístico do processo com o auxílio dos softwares Excell e Action 2.7.

Devido à dificuldade de acompanhar os peixes individualmente dentro do processo foram coletadas apenas amostras de apenas um dia de produção, isso assemelhou-se a situações onde o tamanho amostral usado para o controle do processo é $n = 1$. Nesses casos o controle do processo é realizado retirando-se amostras de uma mesma unidade, no caso do presente estudo tirou-se os valores dos pesos individuais dos peixes e dos respectivos filés dentro de um mesmo dia de produção, pois esse processo interfere no funcionamento da empresa e atrasa o processo produtivo, sendo que para tanto foi necessário se adequar a um dia no qual houvesse condição de atrasar um pouco o processo produtivo. Diferentemente da simulação esse tipo de estudo interfere na realidade do processo produtivo e tem que ser bem planejado para não prejudicar a empresa.

Como nesses casos não é possível estimar a variabilidade através da amplitude ou do desvio padrão de cada lote, representado por diferentes dias de produção, porque nesse caso se utiliza apenas um mesmo dia para coleta, utilizou-se como estimativa da variabilidade a amplitude móvel de duas observações sucessivas.

Dessa forma para o Cálculo dos Limites de Controle utilizou-se as fórmulas 3 a 8. Sendo as fórmulas 3 a 5, foram empregadas para gerar os gráficos de controle para Valores Individuais de Peso dos Peixes e dos Filés.

$$LSC = \bar{X} + \left(\frac{3 * \overline{MR}}{d_2} \right) = \bar{X} + (E_2 * \overline{MR}) \quad (3)$$

$$LC = \bar{X} \quad (4)$$

$$LIC = \bar{X} - \left(\frac{3 * \overline{MR}}{d_2} \right) = \bar{X} - (E_2 * \overline{MR}) \quad (5)$$

E, para as amplitudes móveis (MR), foram utilizadas as Fórmulas 6 a 8.

$$LSC = D_4 * \overline{MR} \quad (6)$$

$$LC = \overline{MR} \quad (7)$$

$$LIC = D_3 * \overline{MR} \quad (8)$$

Em que:

$$\overline{MR} = \text{Média das Amplitudes Móveis} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m MR_i$$

$$MR_i = |x_i - x_{i-1}| \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m$$

$$E_2 = \frac{3}{d_2}.$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TRATAMENTO DOS DADOS

Inicialmente, foi realizada uma avaliação dos dados coletados no frigorífico.

As tabelas apresentadas nas Figuras 8 e 9 representam os Tempos de Chegada dos Filés (TCF) no processo de enformagem, e os tempos do processo de formação das bandejas (TFB).

descriptive statistics	
data points	125
minimum	25
maximum	40
mean	33.3696
median	34
mode	35.0549
standard deviation	3.34948
variance	11.219
coefficient of variation	10.0375
skewness	-0.45093
kurtosis	-0.440126

Figura 9 – Análise exploratória dos dados – Tempos de Chegada dos filés.
Fonte: Autor

descriptive statistics	
data points	127
minimum	1.3
maximum	3.35
mean	2.0064
median	1.98332
mode	1.54154
standard deviation	0.433833
variance	0.188211
coefficient of variation	21.6224
skewness	0.538809
kurtosis	-0.0894069

Figura 10 – Análise exploratória dos dados – Tempos de formação das bandejas
Fonte: Autor

Após a realização da análise descritiva, o passo seguinte foi determinar as curvas de distribuição teórica de probabilidades que melhor representem o

comportamento estocástico do sistema em estudo, através da ferramenta Input Analyzer do Arena®. Como os p-values dos testes de aderência: teste Chi Square e do teste Kolmogorov-Smirnov são maiores que o nível de significância adotado (0,1) (CHWIF & MEDINA, 2007) – Figuras 10 e 11, concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 1, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

Triangular	
minimum	= 24 [fixed]
maximum	= 40.458
mode	= 34.9281
Chi Squared	
total classes	7
interval type	equal probable
net bins	7
chi**2	5.09
degrees of freedom	6
alpha	0.05
chi**2(6,0.05)	12.6
p-value	0.533
result	DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov	
data points	125
ks stat	0.076
alpha	0.05
ks stat(125,0.05)	0.12
p-value	0.435
result	DO NOT REJECT

Figura 11 – Testes estatísticos – Tempos de Chegada dos filés.
Fonte: Autor

```

Weibull
  minimum = 1 [fixed]
  alpha   = 2.50127
  beta    = 1.13677
Chi Squared
  total classes          7
  interval type         equal probable
  net bins              7
  chi**2                1.37
  degrees of freedom    6
  alpha                 0.05
  chi**2(6,0.05)       12.6
  p-value               0.968
  result                DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov
  data points          127
  ks stat              0.0493
  alpha                0.05
  ks stat(127,0.05)   0.119
  p-value              0.902
  result              DO NOT REJECT

```

Figura 12 – Testes estatísticos – Tempos de formação das bandejas.
 Fonte: Autor

Tabela 4: Distribuições de probabilidade realizadas no presente estudo.

Itens	Distribuição	Chi Square	Kolmogorov-Smirnov
TCF	TRIA(24,35,40)	<i>p-value</i> =0,533	<i>p-value</i> =0,435
TFB	WEIB(1.14,2.5)	<i>p-value</i> =0,968	<i>p-value</i> =0,902

Fonte: Autor

Nas Figuras 12 e 13 apresentam-se as curvas das distribuições de probabilidade.

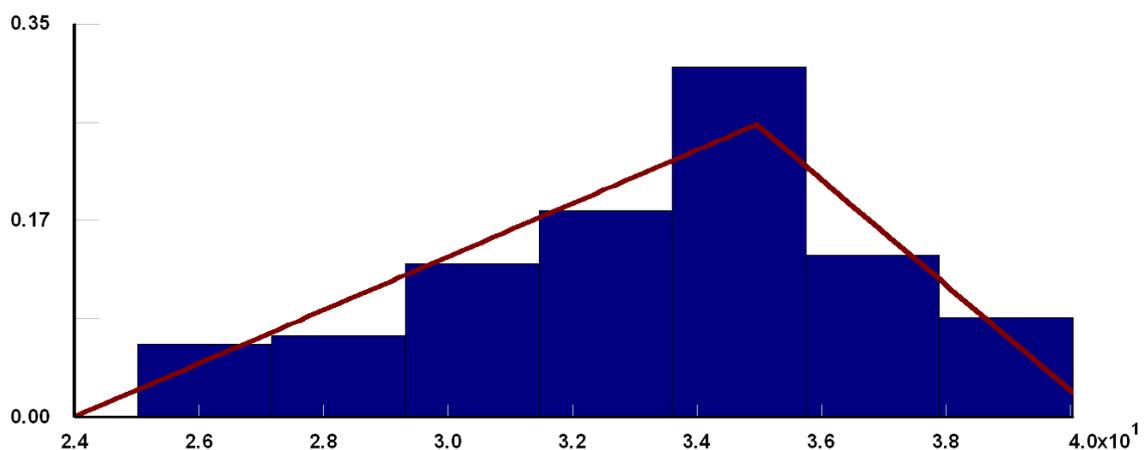


Figura 13 – Distribuição de Probabilidades– Tempos de Chegada dos filés.

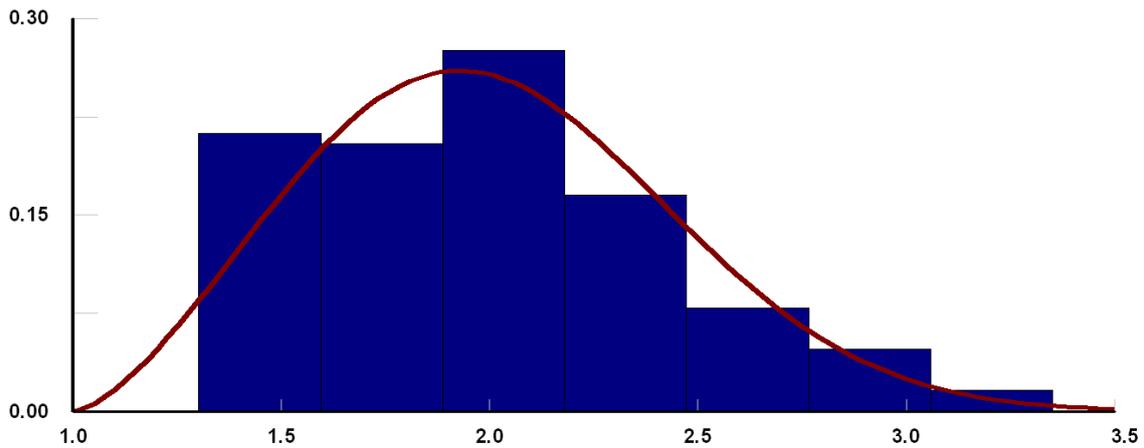


Figura 14 – Distribuição de Probabilidades– Tempos de formação das bandejas.

De posse destes resultados, o próximo passo foi a construção do modelo no *software* ARENA, utilizado para as análises iniciais e também como base para as devidas modificações e criação de novos cenários.

Contudo, antes de iniciar essas análises, o modelo deve ser testado e comprovado que corresponde à realidade do processo em estudo.

4.2 VALIDAÇÃO DO MODELO

Para validação do modelo realizou-se uma comparação entre a média obtida do sistema real com a média gerada pelo modelo para a variável Tempo do processo de produção de 14 carrinhos (TPPC). Nesta tabela apresenta-se o erro médio estimado (SE, em decimal).

Tabela 5: Dados do sistema real e do modelo.

Tempo de Processo – TPPC (h)		
Sistema Real	Modelo Computacional	SE
7,4	7,12	0,14

Fonte: Autor

Através dos dados, foi possível concluir que o sistema simulado tem uma boa aproximação do real, garantindo assim a validação do modelo.

4.3 SIMULAÇÃO DO PROCESSO

Uma vez validado, a próxima etapa diz respeito à análise, onde o modelo serve com base para alcançar os objetivos do processo de simulação.

Na figura 14 apresenta-se o modelo computacional do processo de enformagem.

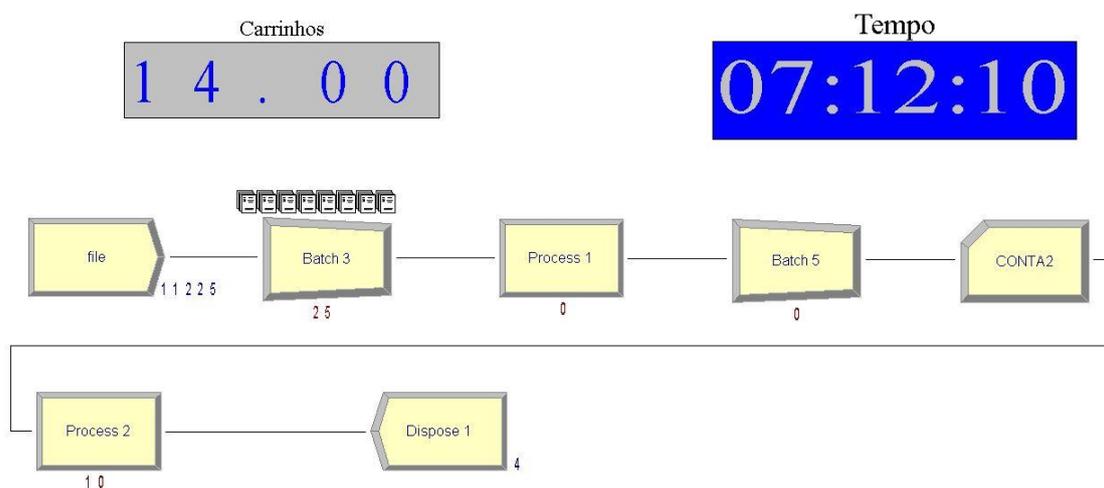


Figura 15 – Modelo computacional.

O processo começa com o módulo file, onde são aplicados os tempos de chegada dos filés, variando com o número de filetadores adicionados. Em seguida esses filés são agrupados em bandejas (Batch 3), contendo 40 cada uma, dispostos em duas camadas de 20. Depois se inicia o processo de montagem (Process 1), onde são adicionadas as distribuições de tempos para preencher cada bandeja, sendo esta etapa realizada com 2 funcionários. No (batch 5) essas bandejas são juntadas para a elaboração dos carrinhos, sabendo que cada carrinho é composto por 20 bandejas.

O (CONTA 2) serve como um contador, onde o processo será finalizado assim que a passagem do número de carrinhos especificados atingir o número desejado, nesse caso é de 14. Esse número foi estipulado através de um histórico de produção

fornecido pela empresa. Posteriormente o (Process 2) representa o túnel de congelamento com uma constante de 5 horas, onde o tempo de formação dos carrinhos independe do túnel.

Através do contato com os funcionários e observação do sistema, constatou-se que o principal gargalo da linha é o número de filetadores. Portanto são eles que ditam a velocidade da produção.

4.4 CENÁRIOS

Em posse dessas informações, e o objetivo da empresa que visa à ampliação do volume de peixes abatido diariamente, foram definidos os cenários.

Neste trabalho foram simulados, por meio do software Arena, duas situações:

Cenário 1: Linha com 6 filetadores – Capacidade do Túnel 21 carrinhos.

Cenário 2: Linha com 8 filetadores – Capacidade do Túnel 21 carrinhos.

Cenário 1: Como a empresa visa ampliar sua demanda para 10 toneladas diárias, esse cenário mostra qual seria o tempo utilizado para abater totalmente os peixes, com o mesmo número de funcionários trabalhando em suas respectivas funções. O número de carrinhos utilizados foi estimado através do histórico de rendimento fornecido pela empresa.

Dessa forma foi possível observar que o tempo resultante excede as horas de um turno comercial que vinha sendo utilizado, necessitando a contratação de mais funcionários para a etapa de filetagem.

Cenário 2: Visto que o tempo diário de produção estava muito elevado, adicionou-se mais dois funcionários na filetagem, reduzindo esse horário de trabalho em 3 horas e 39 minutos, ainda sem gerar gargalos na parte de formação de bandejas.

Na tabela 6 apresentam-se os resultados obtidos da simulação do sistema, envolvendo os dois cenários.

Tabela 6: Resultados de simulação dos cenários 1 e 2.

Cenário	Numero de filetadores	Numero de carrinhos	Tempo (h:min)
1	6	21	10:48
2	8	21	07:09

Fonte: Autor

Nas Figuras 15 e 16 são apresentados os tempos de produção dos 21 carrinhos para os dois cenários.

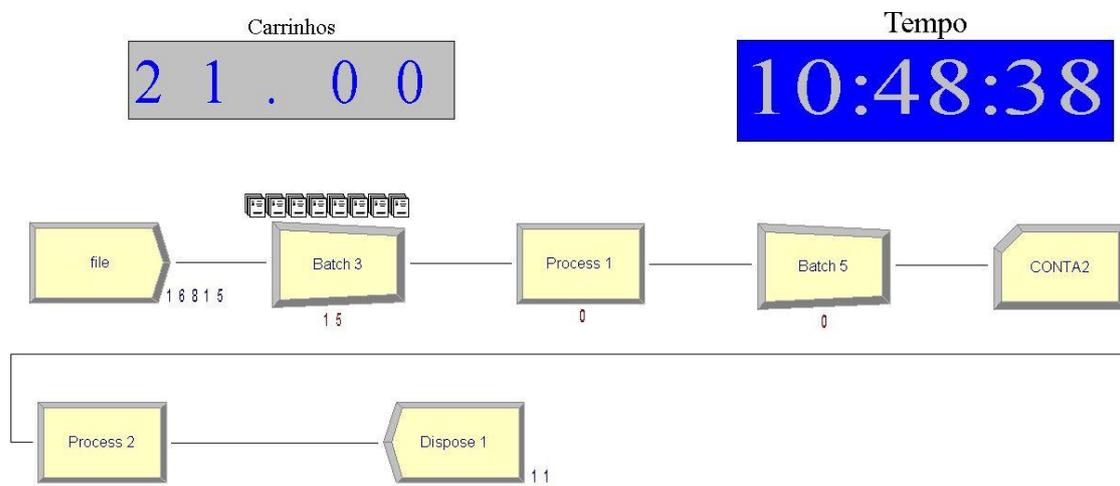


Figura 16 – Simulação de 21 carrinhos – 6 filetadores.

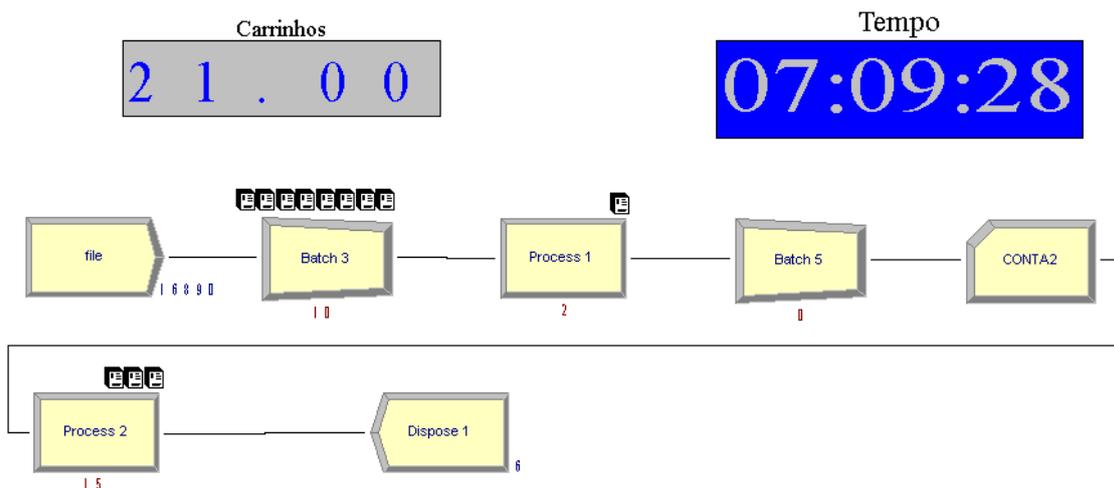


Figura 17 – Simulação de 21 carrinhos – 8 filetadores.

Portanto, o cenário 2 é o que apresenta uma situação futura ideal com o volume de produção que a empresa pretende estabelecer, necessitando apenas a contratação de mais 2 funcionários para a filetagem.

4.5 RESULTADOS DAS ANÁLISE DOS PESOS DOS PEIXES

De acordo com Souza, Macedo-Viegas e Krinka (1999) é de fundamental importância para a indústria de processamento de peixes e para seus fornecedores, a definição do melhor método para o processamento, do peso ideal para o abate, bem como o conhecimento sobre o rendimento do peixe que está sendo processado.

A empresa em estudo recebe peixes de diferentes produtores, isso ocasiona certa variação no tamanho, pois cada produtor tem sua maneira de realizar o manejo bem como produtos diferentes que utilizam como alimento para criação. Devido a isso resolveu-se realizar uma amostragem dos peixes recebidos para analisar se essa variação seria considerada aceitável e poderia ser considerada dentro de um padrão. Paralelamente a isso, a amostra também foi aproveitada para a determinação do rendimento, e verificação da influência do tamanho do peixe nesse quesito.

O gráfico de caixas ou *boxplot* representa os pesos das tilápias (Figura 18), e através dele foi possível observar uma assimetria entre os dados, já que a linha da mediana está acima do valor da média, representado pelo ponto vermelho. Também demonstra que a variação dos pesos está maior entre os valores inferiores à mediana, porém como estão em grande número, acabam fazendo parte de um quartil, não gerando *outliers*.

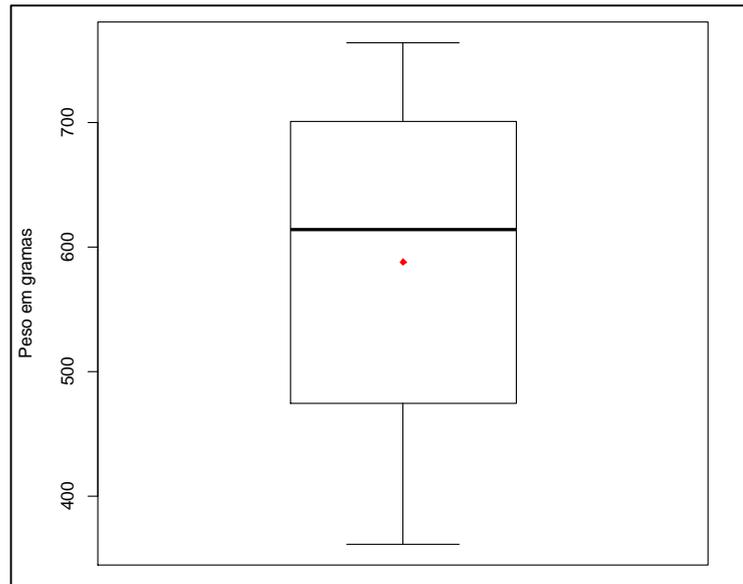
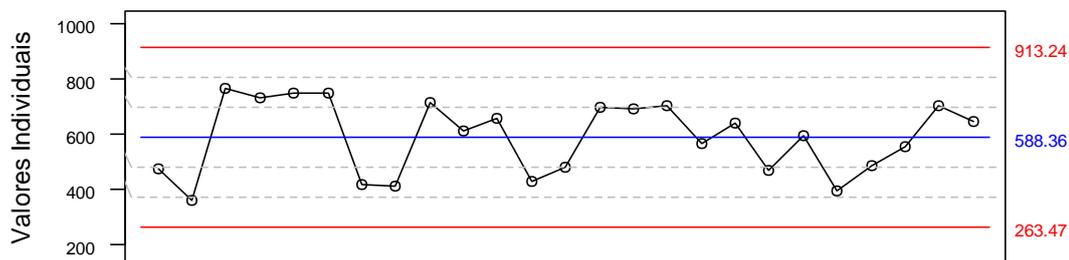


Figura 18 – Boxplot dos pesos das Tilápias
Fonte: Autor

Ou seja fica claro ao se observar o gráfico da Figura 18 que a maior parte dos peixes abatidos na amostragem apresentaram pesos entre 400 e 600 gramas.

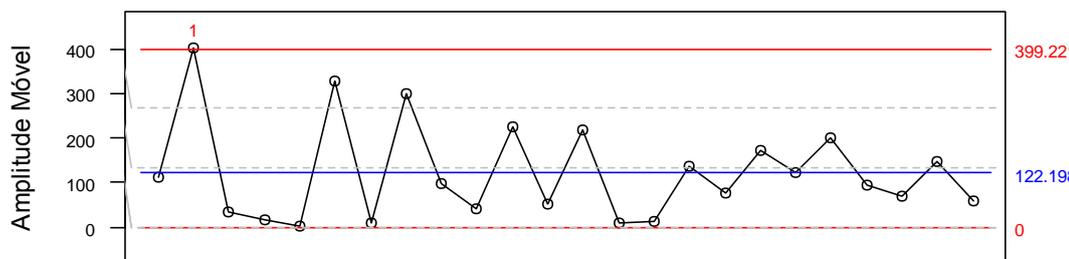
Analisando o gráfico de valores individuais da Figura 19, observou-se que os pesos dos peixes tiveram uma variação grande, entre 361 e 764 gramas, apontados anteriormente, porém não ultrapassaram o limite crítico, que é limitado por três desvios-padrões tanto para parte superior quanto para a inferior da linha alvo de peso representada pela cor azul.

Gráfico de Valores Individuais



Peças

Gráfico de Amplitude Móvel



Peças

Figura 19 - Gráfico estatístico de controle de processo com base nos pesos, juntamente com gráfico de amplitude.

Fonte: Autor

Já o gráfico de amplitude móvel indica um valor acima do limite crítico superior, explicado pelo modo como o gráfico funciona, demonstrando a diferença entre pesos de uma peça, com outra anterior. A ocorrência deste ponto fora da faixa deve-se principalmente a coleta aleatória de pesos, isto é, um peixe que apresentou um peso maior em relação ao peso da qual foi comparada, sendo que, poderia apresentar baixa amplitude se relacionada com outra peça. Desse resultado pode-se observar que existe uma boa variação de tamanho nos peixes abatidos.

Silva et al (2009), estudaram Tilápias do Nilo entre 250 e 600 gramas, faixa de peso próxima a apresentada neste estudo, mas aqueles autores classificam os animais em faixas de peso para posteriormente realizarem o abate e filetagem.

Na empresa estudada o processo de filetagem segue passos semelhantes aos descritos por Souza et al (2000) ilustrados na Figura 20, porém na empresa o filé é removido primeiro com pele e tudo e depois remove-se a pele aderida a este.

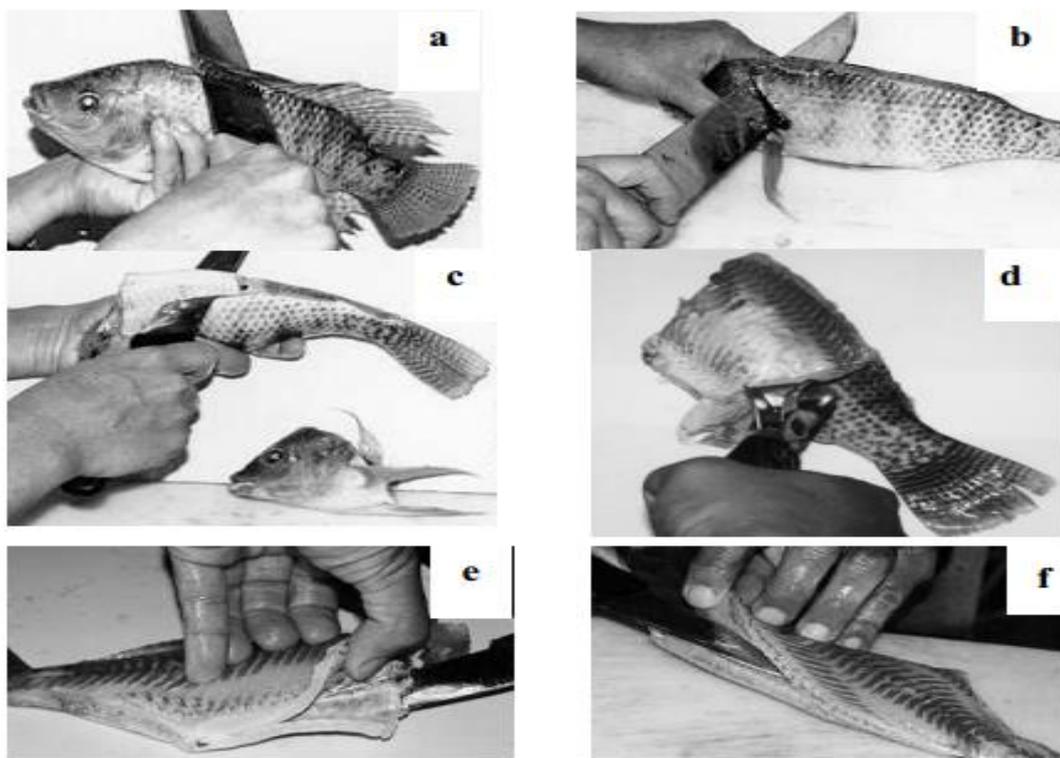


Figura 20 – Sequência das etapas utilizadas na indústria. a) remoção das nadadeiras; b) corte da cabeça; c) remoção do músculo abdominal ventral; d) remoção da pele; e) remoção do músculo hipaxial profundo e f) filetagem.
Fonte: Souza et al (2000).

De acordo com Ornellas (2001), muitos fatores podem influenciar no rendimento do filé na hora da filetagem, entre esses fatores aquele autor cita a espécie do peixe, o seu tamanho e condição corporal, o método de filetagem, o ângulo de corte da cabeça (Figura 21), a firmeza da carne, a apresentação do filé exigida pelo cliente e até mesmo a qualidade do corte das facas e a habilidade e técnica dos funcionários que realizam o processo.

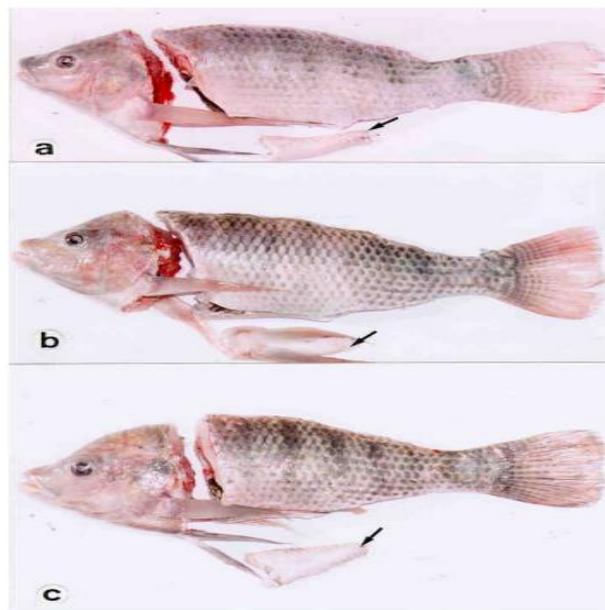


Figura 21 - Tipos de corte de cabeça da tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*), músculos abdominais (seta), cabeça com nadadeiras e tronco com pele e nadadeira caudal. (a) corte oblíquo; (b) corte contornado; (c) corte reto
 Fonte: Souza et al (2000).

Assim como o *boxplot* apresentado para os pesos das tilápias, esse evidenciando apenas os filés (Figura 22), também demonstrou assimetria entre os dados, e nenhum *outlier*. Porém, com menor variação de peso no primeiro quartil, e uma variação maior no segundo quartil, o que demonstra um grande parte de filés com pesos entre 80 e 110 gramas.

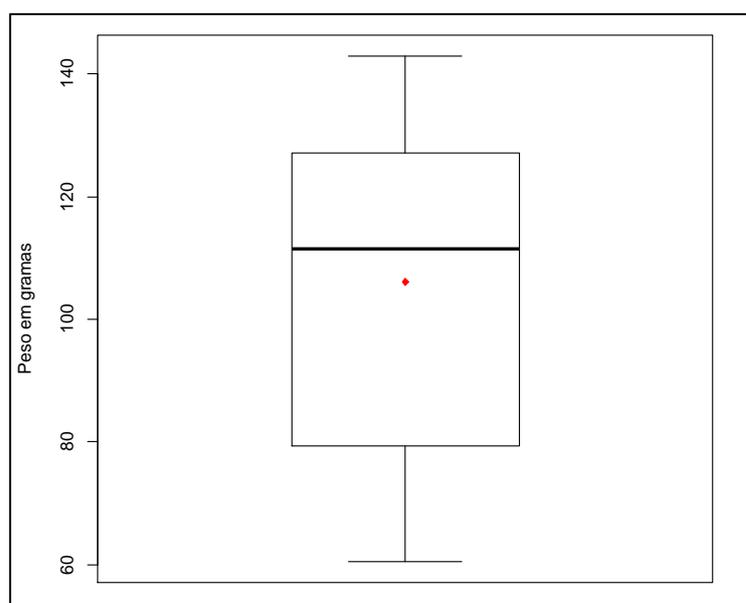


Figura 22 – Boxplot dos pesos de filés de Tilápia
 Fonte: Autor

Analisando o gráfico de valores individuais da Figura 23, agora para os pesos dos filés, observou-se que os dados tiveram uma variação entre 60 e 143 gramas, mas também não ultrapassaram o limite crítico, que é limitado por três desvios-padrões tanto para parte superior quanto para a inferior da linha alvo de peso representava pela cor azul.

Mas, o peso dos filés, quando comparado aos resultados dos estudos de Silva et al (2009) apresentou-se um pouco baixo, pois em seu estudo os autores apresentam pesos de filé que vão de aproximadamente 120 gramas para peixes entre 250 e 300 gramas até 146 gramas para filés provenientes de peixes entre 550 e 600 gramas.

Gráfico de Valores Individuais

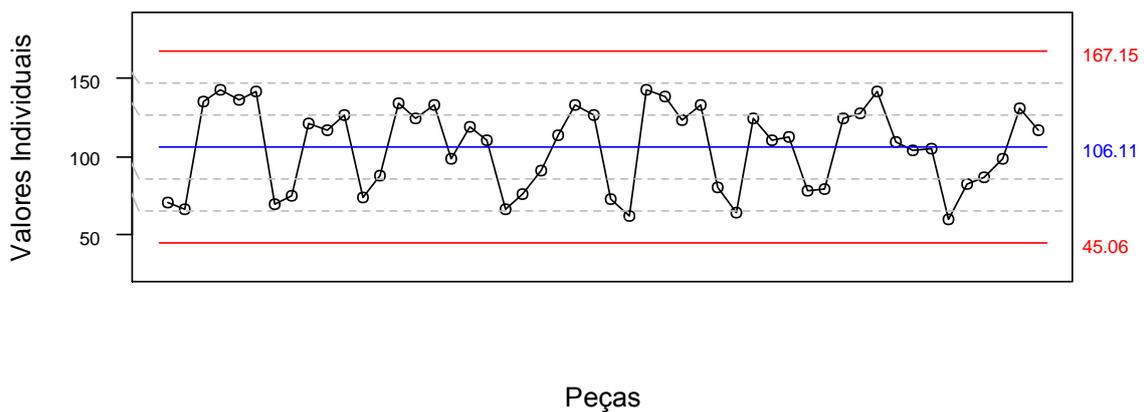


Gráfico de Amplitude Móvel

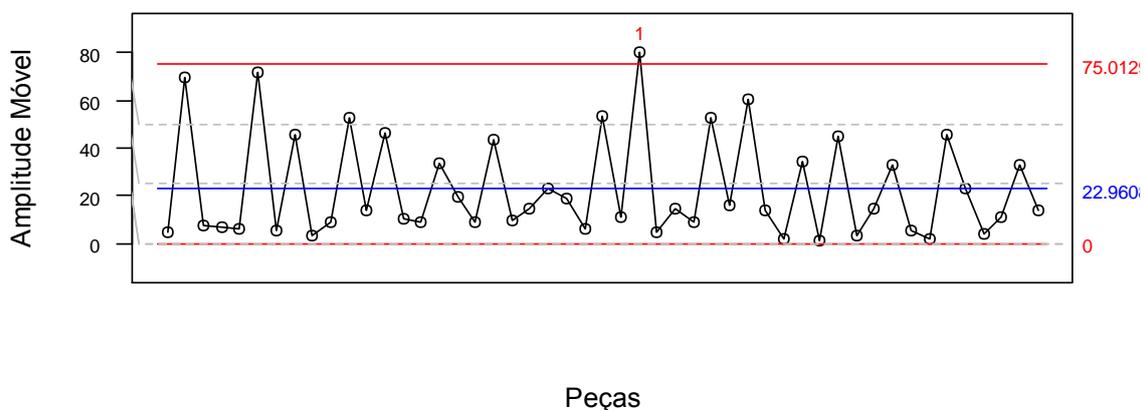


Figura 23 - Gráfico estatístico de controle de processo com base nos pesos de filés, juntamente com gráfico de amplitude.
Fonte: Autor

Já o gráfico de amplitude móvel indicou um valor acima do limite crítico superior, explicado anteriormente pelo modo como o gráfico funciona, demonstrando a diferença entre pesos de uma peça, com outra anterior. A ocorrência deste ponto fora da faixa deve-se principalmente a coleta aleatória de pesos, isto é, um filé que apresentou um peso maior em relação ao peso do qual foi comparado, sendo que, poderia apresentar baixa amplitude se relacionada com outra peça. Desse resultado pode-se observar que existe uma ampla variação de tamanho dos filés produzidos em decorrência da variação no tamanho dos peixes abatidos.

Como os pesos coletados dos peixes e dos filés foram feitos de maneira individual, ou seja, pesado primeiramente um peixe e depois retirado seus respectivos filés para uma nova pesagem, foi possível estipular seu valor de rendimento.

De acordo com a Figura 24, constatou-se que o peso inicial do peixe não afetou muito o seu rendimento, pois com uma variação de pesos entre 361 e 764 gramas e peso média de 588,35 gramas, o rendimento permaneceu em sua grande maioria entre 35 e 40%, apresentando média de 36,06%.

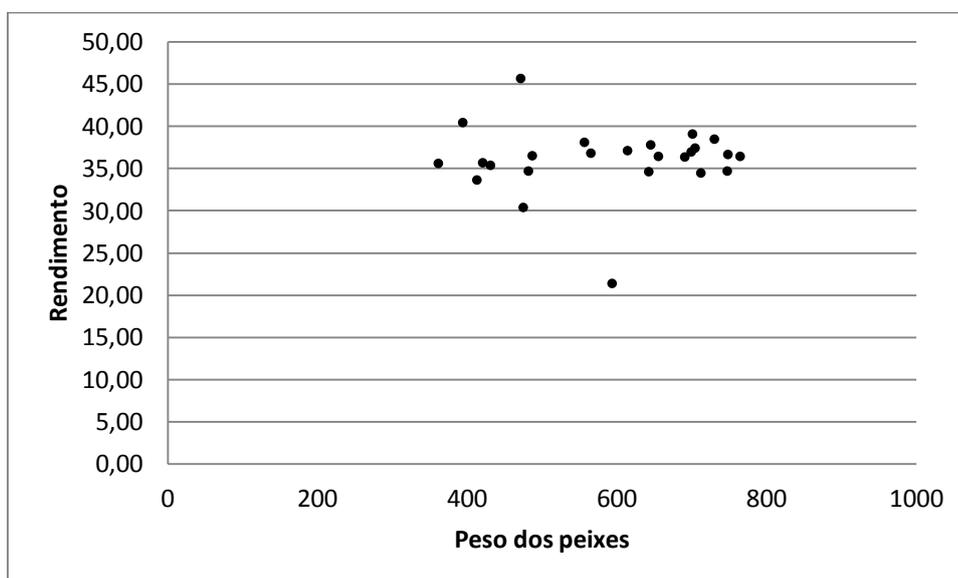


Figura 24 – Dispersão dos pesos dos peixes com o rendimento.
Fonte: Autor

Tal resultado mostrou-se próximo dos encontrados por Maranhão e Souza (2001) ao avaliarem as diferenças no rendimento de dois grupos de Tilápias do Nilo o primeiro com pesos entre 300 e 400g onde os filés apresentaram rendimento médio

de 36,50% e outro grupo de peixes com pesos médios entre 401 e 500g que apresentaram rendimento médio de filés de 36,84%.

Silva et al. (2009) estudando Tilápias do Nilo entre 250 e 600g não observaram diferenças significativas nos rendimentos dos filés que variaram entre 33,22% até 35,41%, mas observaram igualmente um aumento no rendimento com o aumento do tamanho dos peixes.

Os valores de rendimento acima de 45% e de pouco menos de 25% observados na Figura 22 podem ser descritos como atípicos e portanto não correspondem ao que se observou para maioria dos peixes avaliados e podem ser atribuídos a erros de operação no caso do rendimento inferior e à condição corporal ou mesmo ângulo de corte de cabeça utilizado para aquele que apresentou rendimento superior.

Como a empresa utiliza como produto apenas o filé, é notável o grande desperdício das partes menos nobres do peixe. Uma maneira de aproveitar esse descarte seria fazer o processamento dessas partes que são compostas de cabeça e carcaça, revendendo-as como matéria-prima para a elaboração de produtos empanados em forma de CMS (carne mecanicamente separada). Dessa forma, os custos de produção seriam dissolvidos, aumentando ainda mais a lucratividade.

5 CONCLUSÕES

Através dos dados coletados e seu tratamento adequado, foi possível elaborar um modelo computacional que serviu como base para a tomada de decisão na ampliação do volume de produção de filés de tilápia, e também verificar se a faixa de peso da matéria-prima utilizada pela empresa está dentro dos padrões aceitáveis de comercialização.

Após a validação do modelo que teve por objetivo simular o processo produtivo do frigorífico, tendo como foco a parte de formação de bandejas, criaram-se dois cenários a fim de atingir os objetivos do trabalho em estudo. No cenário 1, foi possível determinar o tempo de trabalho com o número de funcionários atual, porém já com o volume de produção futuro, obtendo como resultado 10:48 horas, ultrapassando em 2 horas e 48 minutos o limite de turno utilizado atualmente. No cenário 2 adicionou-se mais dois funcionários na filetagem, e com isso o tempo de processo caiu para um tempo de 7:09 horas. Portanto verificou-se a necessidade de contratação de dois funcionários na filetagem para suprir essa necessidade de ampliação, e mesmo com este novo cenário, não houve a necessidade de aumentar o número de funcionários na área de formação de bandejas.

Uma das inúmeras vantagens de se utilizar a simulação, é que esse modelo pode ainda servir como base para mais testes futuros, caso a empresa necessite. Isso se o modelo ainda satisfizer o sistema real de produção.

Já referente à variação de pesos das tilápias, os resultados indicam que os valores estão dentro dos limites críticos aceitáveis, com a maioria sendo entre 400 e 600 gramas, o mesmo acontece com os filés, variando entre 60 e 143 gramas, obtendo portanto um rendimento de acordo com o mercado atual, entre 35 e 40%.

Dessa forma, os objetivos inicialmente propostos foram alcançados, trazendo um enriquecimento para empresa tanto do processo produtivo, quanto da matéria-prima, abrindo possibilidades para mais estudos nessa área.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. de. **Introdução à Pesquisa Operacional** – Métodos e Modelos para Análise de Decisões. 3º Edição. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2002.

BANKS, J. **Handbook of simulation**: principles, methodology, advances, applications, and Practice. New York: John Wiley & Sons, 1998.

BELFIORE, P.; FÁVERO, L. P. **Pesquisa operacional**: para cursos de administração, contabilidade e economia. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2012.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle de Qualidade Total**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CARVALHO, M. M.; Paladini, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CASTAGNOLLI (Editores), **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**, São Paulo: TecArt, Cap.9, p. 239-266, 2004.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. (2007) **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações**. São Paulo. Brazilian Books.

DAL CORTIVO, Zaudir. **Aplicação do controle estatístico de processo em Seqüências curtas de produção e análise estatística de processo através do planejamento econômico**. 2005. 151f. Dissertação (Mestrado acadêmico em Métodos numéricos em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* **Aquaculture**, Amsterdam, v. 184, n 1/4, p. 221-231, Sept. 1999).

FAO (2012). The State of World Fisheries and Aquaculture 2010. Roma, 2012.

FERNANDES, C. A. et al. **Simulação da Dinâmica Operacional de uma Linha Industrial de Abate de Suínos**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, V. 26, 166-170, 2006.

FIGUEIREDO JÚNIOR, C. A.; VALENTE JÚNIOR, A. S. Cultivo de tilápia no Brasil: origens e cenário atual. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 44., Rio Branco, 2008. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/178.pdf>>. Acesso em 26 de junho de 2014.

FREITAS FILHO, Paulo J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. Florianópolis: Visual Books, 2008.

FURUYA, W. M. O peixe de ouro da aquicultura brasileira. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 325, v. 28, mar, 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GONÇALVES, A.A. Aproveitamento Integral da Tilápia no Processamento. In: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. (Org.). **Aquaciência 2004: Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura**. 1 ed. Jaboticabal – SP: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2006. p.237-259.

GONTIJO, V. P. M. et al. **Cultivo de tilápias em tanques-rede**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2008. (Boletim Técnico, 86)

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: McGraw-Hill, 2013.

JORY, D. E.; ALCESTE, C.; CABRERA, T. R. **Mercado y comercialización de tilápia en los Estados Unidos de Norteamérica**. Panorama Acuícola, México, v. 5, n. 5, p. 50-53, 2000.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L. **Desafios para a consolidação da tilapicultura no Brasil**. Panorama da Aqüicultura. Rio de Janeiro. v.15, n.91, p.14-22, 2005.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. 1. ed. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285 p.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. New York. McGraw- Hill, 2000.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; SCHAMBER, C. R.; BOMBARDELLI, R. A. Fontes protéicas suplementadas com aminoácidos e minerais para a tilápia do Nilo durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. v.34, n.1, p.1-6. 2005.

MIGUEL, P.A.C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**.. 1 ed. São Paulo: Artliber, 2006.

MOREIRA, A. A.; HILSDORF, A. W.; da SILVA, J. V.; de SOUZA, V. R. **Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. v.42, n.4, p.521-526, 2007.

MORROCO, J. **Análise estatística de dados** – com utilização do SPSS. Lisboa. Sílabo, 2003.

MOURA, A. M., ARRUDA, A.; KAMIMURA, Q. P.; SILVA, J.L. **Qualidade na prestação de serviços como diferencial competitivo**. XIV INIC/X EPG – UNIVAP. Universidade de Taubaté, 2010. Disponível em: <<www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0246_0369_01.pdf>> Acesso em 20 de abr. 2014.

OLIVEIRA, R. C. de. **Pesquisa Operacional**. Universidade do Estado do Pará. Pará, 2008.

PARAGON. Disponível em: < <http://www.paragon.com.br> >. Acesso em 3 de jun. 2014.

PEREIRA, A. C.; SILVA, R. F. **Produção de TILÁPIAS**. Manual Técnico, n.31. Niterói-RJ, 2012.

PINHEIRO, L.M.S. et al. **Rendimento industrial de filetagem da tilápia tailandesa (Oreochromis spp.)**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.58, n.2, p.257-262, 2006).

POLI, C.R.; POLI, A.T.B.; ANDREATTA, E. (Organizadores), **Aqüicultura: Experiências Brasileiras**. Florianópolis, Multitarefa, 2004.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e da Simulação**.v.2, 4ed. Nova Lima: INDG - Tecnologia e Serviços LTDA, 2009.

LIMA, R.Z.; SOUZA, A.D.C., ARAÚJO, L.C. **Manual do Arena 9.0**. Florianópolis: UFSC, 2006.

ORNELLAS, L. H. **Técnica Dietética**: seleção e preparo de alimentos. São Paulo: Atheneu, 2001.

PORTAL ACTION. **Software de estatística**. São Carlos – SP, 2011. Disponível em: <www.portalaction.com.br/content/>. Acesso em 14 de nov. de 2014.

PRADO, Darci. **Usando o ARENA em simulação**. Nova Lima: INDG - Tecnologia e Serviços LTDA, 2010.

RAMOS, A. W. **Controle estatístico de processo para pequenos lotes**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1995.

SANTOS, M. L.; CARVALHO, R.; ALENCAR, R. **Programa de biossegurança para fazendas de camarão marinho**. Recife: Associação Brasileira de Criadores de Camarão, 2005.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In: **WINTER THE SIMULATION CONFERENCE**, Washington. p. 20-28, 1998.

SILVA; F. V. ET AL. Características Morfométricas, Rendimentos de Carcaça, Filé, Vísceras e Resíduos em Tilápias-do-Nilo em Diferentes Faixas de Peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1407-1412, 2009.

SILVA, E.G.; ALVES, E.L.; SANTOS, F.D. **Processamento de peixe** – filetagem de caranha. 2008. 32 p, Projeto de Processamento de peixe apresentado como requisito parcial do módulo de processamento de carnes, pescados e derivados do curso técnico em agroindústria da Escola Técnica Federal de Palmas, Paraíso, 2008.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação, 3. ed, p.121. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. Disponível em: <http://www.ppgep.ufsc.br/Metodologia_da_Pesquisa_3a_edicao.zip >. Acesso em: 28 de jun. 2014.

SOBRAPO. **Pesquisa Operacional**. Disponível em:
<http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php>. Acesso em 20 de abr. 2014.

SOUZA; M. L. R. DE, MACEDO-VIEGAS; E. M., KRONKA; S. DO N. Influência do Método de Filetagem e Categorias de Peso sobre Rendimento de Carcaça, Filé e Pele da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.1-6, 1999.

SOUZA, M. L. R. DE; MARANHÃO, T. C. F. Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 897-901, 2001.

SOUZA; M. L. R. DE, MARENGONI; N. G., PINTO; A. A., CAÇADOR; W. DA C. Rendimento do processamento da tilápia- Rendimento do processamento da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*): tipos de corte da cabeça em duas categorias de peso. **Acta Scientiarum**, v.22, n.3, p.701-706, 2000.

SUSSEL, F. R. **Tilapicultura no Brasil e entraves na produção**. Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Pirassununga. São Paulo, 2013.

ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS, K. **Tilapicultura intensiva**. In: José Eurico Posseibon Cyrino, Elisabeth Criscuolo Urbinati, Débora Machado Fracalosi, Newton