

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

MICHEL PEITER

**SIMULAÇÃO DA DINÂMICA OPERACIONAL DO
PROCESSO INDUSTRIAL DE PENDURA DE
FRANGOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medianeira

2012

MICHEL PEITER

**SIMULAÇÃO DA DINÂMICA OPERACIONAL DO
PROCESSO INDUSTRIAL DE PENDURA DE
FRANGOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Pré-Projeto de trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Co-Orientador: Prof. Dr. Carla Schimidt

Medianeira

2012

S121d Peiter, Michel .
Simulação da dinâmica operacional do processo industrial de
pendura de frangos: um estudo de caso. / Michel Peiter. –
Medianeira, PR. UTFPR, 2012.
XI, 00f. : il. ; 30 cm
Orientador: Dr. José A. A. dos Santos
Co-Orientador: Dr. Carla A. P. Schmidt
Monografia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Bibliografia: f.

1. Arena®. 2. modelo de simulação. 3. pendura de frango. I.
Orientador. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CDU 576.72: 578

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 industrial de pendura de frangos:
um estudo de caso

Por

MICHEL PEITER

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentada às h do dia de de 2012 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

Prof. Dr. José A. A. dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Orientador)

Prof. Dr. Vania Lionço
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Andrei Antonio Mondardo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A Deus, aos meus pais e aos meus amigos...

companheiros de todas as horas...

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Orientador, braço amigo de todas as etapas deste trabalho.

A minha família, pela confiança e motivação.

Aos amigos e colegas, pela força e pela vibração em relação a esta jornada.

Aos professores e colegas de Curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

Aos profissionais entrevistados, pela concessão de informações valiosas para a realização deste estudo.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

PEITER, Michel. **Simulação da dinâmica operacional do processo industrial de pendura de frangos**: um estudo de caso. 2012. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federam do Paraná – UTFPR. 2012.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar, através de um modelo computacional, a dinâmica operacional de um processo de pendura de frangos. O modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software Arena®. Como parâmetro de comparação entre os dados obtidos a partir do sistema e gerados pelo modelo foi selecionada a variável NFP (Número de Frangos Pendurados). Na validação do modelo, por meio de análise de variância a 1% de significância, não foram detectadas diferenças estatísticas entre os valores obtidos do sistema real e os gerados pelo modelo. Considerando-se esta e outras análises, foi concluído que o modelo aplica-se à finalidade para a qual foi implementado. Obteve-se, através da simulação de um turno de trabalho, um número elevado de frangos pendurados por funcionário. Observou-se que a elevada carga de movimentos repetitivos, em função do número de frangos pendurados, pode ter efeitos prejudiciais sobre a saúde dos trabalhadores.

Palavras-chave: Arena®, frangos, modelo de simulação, saúde dos trabalhadores.

PEITER, Michel. **Simulação da dinâmica operacional do processo industrial de pendura de frangos**: um estudo de caso. 2012. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federam do Paraná – UTFPR. 2012.

ABSTRACT

This work was aimed to analyze, through a computational model, the operational dynamics of the industrial process of hangs of the chickens. The model of dynamic, discrete and stochastic type was implemented in the simulation software Arena®. As comparison parameter between the data obtained from the system and generated by model, was chosen the NFP variable (Number of Chickens Hanging). At model validation, according to Analysis of Variance, at the significance level of 1%, it was not detected statistical differences between real system and generated simulation model data. According to this and other analyses, lead to the conclusion that model and system outcomes were in good agreement. It was obtained, through simulation results of a work shift, a large number of chickens hanging by employee. It was observed what the high burden of repetitive movements, depending of number of chickens hanging, may have deleterious effects on health of workers.

keywords: Arena®, chickens, simulation model, health of workers.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Consumo em Kg por habitante/ano de carnes de frango, bovina e Suína no Brasil. | 19 |
| Figura 2 - Fluxograma do processo de produção da carne de frango. | 23 |
| Figura 3 - Fluxograma do sistema. | 32 |
| Figura 4 - <i>Boxplot</i> dos tempos de pendura de frangos do posto 1 (TP1). | 37 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Produção Mundial de Frango. | 20 |
| Tabela 2 - Exportação Mundial de Frango. | 20 |
| Tabela 3 - Consumo Mundial de Carne de Frango. | 21 |
| Tabela 4 - Exportação de frango de acordo com cada estado brasileiro. | 21 |
| Tabela 5 - Análise exploratória dos dados coletados no Posto 1 (TP1). | 37 |
| Tabela 6 - Identificação de <i>outliers</i> | 38 |
| Tabela 7 - Distribuições de probabilidade. | 39 |
| Tabela 8 - Dados do sistema real e do modelo. | 39 |
| Tabela 9 - Análise de variância. | 40 |
| Tabela 10 - Resultados de simulação. | 41 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------------|---|
| ABEF | Associação Brasileira de Exportadores de Frango |
| SINDIAVIPAR | Sindicato das Indústrias de Produtos Avícolas do Estado do Paraná |
| UBABEF | União Brasileira de Avicultura |
| SIF | Sistema de Inspeção Federal |
| m | Metro |
| mm | Milímetro |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|------------------|---|
| n | Número de replicações já realizadas |
| n* | Número de replicações |
| h | Semi - intervalo de confiança já obtido |
| h* | Semi - intervalo de confiança desejado |
| SE | Erro médio estimado |
| SR | Valor obtido a partir do sistema real |
| MD | Média dos valores gerados pelo modelo |
| GLR | Grau de liberdade considerado o número de replicações do modelo |
| N _a | Número de indivíduos da amostra |
| Z _{a/2} | Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado |
| S | Desvio padrão |
| E | Erro máximo estimado |
| NFP | Número de Frangos Pendurados |
| TEC | Tempo de chegada das caixas |
| TAC | Tempo abertura das caixas |
| TP1 | Tempo de pendura do posto 1 |
| TP2 | Tempo de pendura do posto 2 |
| TP3 | Tempo de pendura do posto 3 |
| TP4 | Tempo de pendura do posto 4 |
| TP5 | Tempo de pendura do posto 5 |
| TP6 | Tempo de pendura do posto 6 |
| TP7 | Tempo de pendura do posto 7 |
| TP8 | Tempo de pendura do posto 8 |
| TP9 | Tempo de pendura do posto 9 |
| TP10 | Tempo de pendura do posto 10 |
| TP11 | Tempo de pendura do posto 11 |
| TP12 | Tempo de pendura do posto 12 |
| TP13 | Tempo de pendura do posto 13 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 Objetivo Geral | 16 |
| 1.2 Objetivos Específicos..... | 16 |
| 1.3 Justificativa do Estudo | 17 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 18 |
| 2.1 Gerenciamento da Produção | 18 |
| 2.2 Evoluções da Avicultura..... | 18 |
| 2.2.1 Produção de Aves | 19 |
| 2.2.2 Avicultura do Paraná..... | 22 |
| 2.3 Processos Produtivos | 23 |
| 2.3.1 Recepção..... | 23 |
| 2.3.2 Pendura | 24 |
| 2.3.3 Escaldagem e Depenagem..... | 24 |
| 2.3.4 Evisceração | 25 |
| 2.3.5 Pré-resfriamento | 25 |
| 2.3.6 Cortes | 25 |
| 2.4 Simulação Computacional | 26 |
| 2.4.1 Definição..... | 26 |
| 2.4.2 Quando utilizar simulação..... | 27 |
| 2.4.3 Vantagens e desvantagens do uso da simulação..... | 27 |
| 2.4.4 Passos na formulação de um estudo envolvendo modelagem e simulação...28 | |
| 2.4.5 O software de Simulação Arena®..... | 31 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 32 |
| 3.1 Número de Replicações..... | 33 |
| 3.2 Tamanho da Amostra | 35 |
| 3.3 Modelo Computacional | 35 |
| 4 Resultados e discussão | 37 |
| 4.1 Tratamento de Dados | 37 |
| 4.2 Validação do Modelo Computacional..... | 39 |
| 4.3 Simulação | 40 |
| 5 conclusão..... | 42 |
| REFERÊNCIAS | 43 |

1 INTRODUÇÃO

Devido à eficiência na conquista do mercado exterior, através de estratégias de diferenciação de produtos, o setor agroindustrial avícola brasileiro pode ser considerado como referência de organização no país (TAVARES, 2007; EBERT et al., 2009). Atualmente, o setor representa um dos principais pesos nas exportações brasileiras.

O Brasil produziu, em 2011, 13,058 milhões de toneladas, o que representa um crescimento de 6,8% em relação a 2010, e um recorde mundial no setor. Com este desempenho o Brasil, terceiro maior produtor mundial de carne de frango, encurtou ainda mais distância que o separa da China, o segundo país no ranking, abaixo dos Estados Unidos. De acordo com projeções do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA), a produção chinesa de carne de frango teria somado 13,2 milhões de toneladas em 2011, contra 16,757 milhões da norte-americana (HY-LYNE, 2012).

Merece destaque, também, o fato de que o principal cliente da carne de frango produzida pela avicultura nacional é mesmo o consumidor brasileiro. Em 2011, 69,8% da produção foram destinados ao mercado interno, contemplado com os mesmos elevados padrões de qualidade e sanidade conferidos ao produto destinado ao mercado internacional.

A eficiência de um frigorífico de aves, nos dias atuais, é extremamente importante para sua sobrevivência. 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 estudo realizado nos Estados Unidos (BARTH & GUIMARÃES, 2008), revelou que 79% dos trabalhadores em frigoríficos de aves apresentaram sintomas

recorrentes no pulso e na mão num período de 12 meses, e mais de 60% deles relataram que o problema interferia na sua habilidade de manter o ritmo de trabalho. Isso ocorre porque as atividades desempenhadas seguem a cadência acelerada do processo de produção (geralmente definida pela velocidade da nória transportadora) envolvem atenção e habilidade manual e, principalmente, movimentos repetitivos dos membros superiores. A reclamação em relação aos membros inferiores deriva da postura estática, de pé, que os trabalhadores adotam durante toda a jornada. Especialmente no caso da indústria de processamento de frango, ARMSTRONG et al. (1982) e SILVERSTEIN et al. (1991), JUUL-KRISTENSEN et al. (2002) entre outros, vêm chamando a atenção para os cinco fatores de risco de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORTs): movimentos rápidos e repetitivos, posturas inapropriadas, uso de força, falta de controle do ritmo de trabalho, além da vibração.

Segundo BANKS (1998), simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento de um sistema usando um computador digital. A simulação de um modelo permite entender a dinâmica de um sistema assim como analisar e prever o efeito de mudanças que se introduzam no mesmo. É uma representação próxima da realidade, e será tanto mais real quanto mais características significativas do sistema seja capaz de representar. Por outro lado, o modelo deve ser simples, de forma que não se torne demasiado complexo para se construir, mas ao mesmo tempo o modelo deve ser o mais fiel possível ao sistema real (BARBOSA, 2009).

Inicialmente, os sistemas de simulação foram desenvolvidos sobre linguagens de programação de propósito geral, tais como: Fortran, Basic, Pascal, etc. Porém, isso exigia um grande esforço para construção de modelos, além de profissionais com conhecimentos profundos de programação de computadores. Diante dessa dificuldade é que começaram a surgir linguagens de programação, dedicadas à simulação, que superassem essa barreira. É o caso, por exemplo, das linguagens *Gpss*, *Siman*, *Slam*, *Simsript*, etc. Tais linguagens eram, na verdade, bibliotecas formadas por conjuntos de macro comandos das linguagens de propósito gerais. Alguns dos simuladores da geração seguinte foram desenvolvidos sobre a plataforma dessas linguagens. Como exemplo tem-se o software *Arena*®, implementado na linguagem *Siman* (LAW & KELTON, 2000).

Os frigoríficos, segundo conceitos da área de pesquisa operacional, podem ser visualizados como sistemas em que o conjunto de operações unitárias é realizado segundo uma lógica para obtenção de carne e derivados a partir do abate de animais como: aves, suínos e bovinos (FERNANDES et al., 2006).

Este trabalho teve como objetivo implementar um modelo computacional para simular a dinâmica operacional de uma dessas operações unitárias, o processo de pendura de frangos em um frigorífico. Com isto esperou-se obter o dimensionamento adequado do quadro de funcionários desta função, avaliando como esta o quadro atual e sugerindo possíveis alterações para a melhoria do processo.

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo implementar um modelo computacional para simular a dinâmica operacional de uma dessas operações unitárias, o processo de pendura de frangos em um frigorífico.

1.2 Objetivos Específicos

Para poder se alcançar o objetivo geral, adota-se alguns objetivos realizados preliminarmente, com o intuito de se chegar a situação desejada com maior facilidade:

- a) Identificar o fluxo atual do processo da linha de produção;
- b) Elaborar fluxograma identificando cada etapa do processo e quantidade de pessoas envolvidas;
- c) Coletar dados de tempos de processo;
- d) Implementar um modelo computacional da linha de produção no software ARENA®;
- e) Identificar o quadro de funcionários ideal para o processo;

- f) Avaliar a carga de trabalho atual dos funcionários;
- g) Verificar e validar o modelo de simulação;

1.3 Justificativa do Estudo

A simulação de um processo produtivo tem grande importância na definição de padrões de produção, como quadro de funcionários, eficiência, e produtividade, padrões estes que quando não alinhados e balanceados, podem gerar resultados insatisfatórios para o processo. Por esse e outros motivos que se é interessante conhecer os padrões de cada processo industrial, a fim de manter uma alta eficiência produtiva.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gerenciamento da Produção

De acordo com ROHNELT (1999), a administração da produção pode ser definida como o gerenciamento dos recursos diretos necessários há organização para a obtenção dos produtos e serviços de uma organização.

Segundo SLACK (2009), no gerenciamento da produção se administra os recursos e a disponibilidade de bens e serviços à produção, a partir desta administração pode-se identificar pontos de melhorias nos processos produtivos, encarados como oportunidades de crescimento. Para realização destas tarefas existem os gerentes de produção, funcionários que possuem reponsabilidade em administrar os bens e serviços.

Para ZACCARELLI (1931), a importância da administração da produção envolve uma série de fatores como atendimento de objetivos, preparação para o futuro, maximização de retorno sobre investimentos, riscos, plano integrado de ação, adaptação ao ambiente empresarial e outros.

2.2 Evoluções da Avicultura

LOPES (2010) relata que segundo relatos históricos a domesticação de aves se deu início no continente asiático, há cerca de 4000 anos atrás. As primeiras finalidades para a domesticação desse animal foram esportivas, nas conhecidas brigas de galo, ou ainda como objeto de ornamentação. Foi apenas no final do século XIX que começou a se dar mais valor comercial a este animal, através da apreciação da sua carne e ovos.

Foi por volta de 1500, com a chegada dos portugueses, que os primeiros exemplares desta ave chegaram ao Brasil. No início as aves eram utilizadas numa avicultura tradicional e familiar, em pequenas propriedades para o consumo próprio da carne e ovos, apenas o excedente era vendido.

A avicultura de corte deu-se inicio apenas após a Segunda Guerra Mundial nos EUA, chegando ao Brasil somente na década de 70. A primeira metade do século foi marcada pela produção de aves caipiras, e na segunda surgiram os primeiros abatedouros em São Paulo e Rio de Janeiro.

Nos últimos 20 anos ocorreram consideráveis mudanças nos hábitos alimentares da população, cada vez mais tem se procurado um alimento com alto teor de proteína, característica na qual a carne de frango de encaixa perfeitamente, por esse e outros motivos, como a facilidade de preparo e o baixo custo, que em 2002 o consumo de carne de frango se aproximou do consumo de carne bovina, conforme demonstrado na figura 1 (MIELE, 2005).

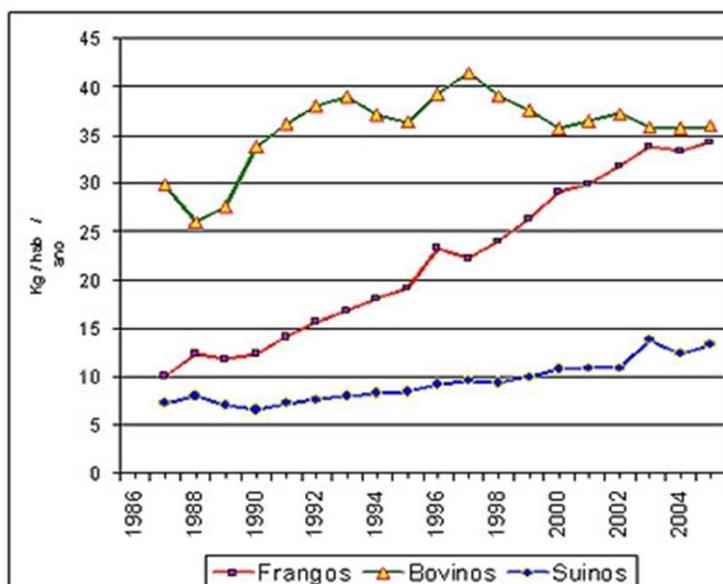


Figura 1 - Consumo em Kg por habitante/ano de carnes de frango, bovina e Suína no Brasil.

2.2.1 Produção de Aves

Nas tabelas 1, 2 e 3 verificou-se os maiores produtores, exportadores e consumidores de carne de frango, notando-se que o Brasil ocupa lugar de destaque como produtor e exportador.

Como consta na tabela 1, o Brasil em 2006 se encontrava entre os maiores produtores de frango do mundo, ocupando o 3º lugar, marca que ostenta até os dias atuais, com níveis que superam os nove milhões de toneladas por ano.

Tabela 1 - Produção Mundial de Frango.

| ANO | EUA | CHINA | BRASIL | UE | MÉXICO | MUNDO |
|-------------|------------|--------------|---------------|-----------|---------------|--------------|
| 1999 | 13.367 | 8.500 | 5.526 | 6.614 | 1.784 | 47.554 |
| 2000 | 13.703 | 9.269 | 5.977 | 7.606 | 1.936 | 50.097 |
| 2001 | 14.003 | 9.278 | 6.736 | 7.883 | 2.067 | 52.303 |
| 2002 | 14.467 | 9.558 | 7.517 | 7.788 | 2.157 | 54.155 |
| 2003 | 14.969 | 9.898 | 7.843 | 7.512 | 2.290 | 54.282 |
| 2004 | 15.286 | 9.998 | 8.494 | 7.627 | 2.389 | 55.952 |
| 2005 | 15.869 | 10.200 | 9.200 | 7.736 | 2.498 | 59.092 |
| 2006 | 16.162 | 10.350 | 9.336 | 7.425 | 2.610 | 60.090 |
| 2007 | 16.413 | 10.520 | 9.700 | 7.530 | 2.724 | 61.162 |

Fonte: ABEF, 2007

Embora não seja o maior produtor, a tabela 2 mostra que em questões de exportação o Brasil supera os outros países exportadores, alcançado o topo da tabela como maior exportador de carne de frango. Percebe-se também que o Brasil obteve um grande avanço de 2001 até 2006, dobrando o volume de exportação.

Tabela 2 - Exportação Mundial de Frango.

| ANO | BRASIL | EUA | UNIÃO EUROPEIA | TAILÂNDIA | CHINA | MUNDO |
|-------------|---------------|------------|-----------------------|------------------|--------------|--------------|
| 2000 | 907 | 2.231 | 774 | 333 | 464 | 4.856 |
| 2001 | 1.265 | 2.520 | 726 | 392 | 489 | 5.527 |
| 2002 | 1.625 | 2.180 | 871 | 427 | 438 | 5.702 |
| 2003 | 1.960 | 2.232 | 788 | 485 | 388 | 6.023 |
| 2004 | 2.470 | 2.170 | 813 | 200 | 241 | 6.055 |
| 2005 | 2.846 | 2.360 | 755 | 240 | 331 | 6.791 |
| 2006 | 2.713 | 2.454 | 620 | 280 | 350 | 6.470 |
| 2007 | 3.203 | 2.508 | 685 | 280 | 365 | 6.737 |

Fonte: ABEF, 2007

Atualmente o Brasil continua sendo o maior exportador de carne de frango, sendo que em 2009 exportou cerca de 3.634 mil toneladas de carne, contra 2.997 mil toneladas dos EUA (ABEF. 2010).

Como consumidor observou-se que o Brasil também esta entre um dos maiores ocupando a quarta posição, logo atrás da União Europeia que consome pouco mais de sete milhões de toneladas por ano, mas ainda muito longe dos EUA.

Tabela 3 - Consumo Mundial de Carne de Frango.

| ANO | BRASIL | EUA | UNIÃO EUROPÉIA | TAILÂNDIA | CHINA | MUNDO |
|-------------|---------------|------------|---------------------------|------------------|--------------|--------------|
| 2000 | 11.474 | 9.393 | 6.934 | 5.110 | 2.163 | 49.360 |
| 2001 | 11.558 | 9.237 | 7.359 | 5.341 | 2.311 | 50.854 |
| 2002 | 12.270 | 9.556 | 7.417 | 5.873 | 2.424 | 52.846 |
| 2003 | 12.540 | 9.963 | 7.312 | 5.742 | 2.627 | 52.903 |
| 2004 | 13.081 | 9.931 | 7.280 | 5.992 | 2.713 | 54.172 |
| 2005 | 13.428 | 10.088 | 7.503 | 6.612 | 2.871 | 57.339 |
| 2006 | 13.817 | 10.370 | 7.405 | 6.622 | 3.010 | 58.888 |
| 2007 | 13.901 | 10.585 | 7.490 | 7.120 | 3.148 | 59.744 |

Fonte: ABEF, 2007

O setor avícola no Brasil desempenha um grande papel social, sendo responsável por praticamente 1,5 % do Produto Interno Bruto (PIB), e em algumas cidades, principalmente nas regiões sul e sudeste, sendo a principal atividade econômica. Além disso, gera mais de 4,5 milhões de empregos diretos e indiretos (BRAZILIAN CHIKEN, 2009).

Pelos números apresentados na tabela 4, verifica-se que o maior volume de exportação e conseqüentemente produção se localiza na região sul, sendo que o estado que apresenta o maior volume de exportação é Santa Catarina, logo em seguida encontra-se a região sudeste com o estado de São Paulo, porém com um volume relativamente menor que os estados do sul.

Tabela 4 - Exportação de frango de acordo com cada estado brasileiro.

| Estados | Exportação (tons.) |
|--------------------|---------------------------|
| Santa Catarina | 986.257 |
| Paraná | 954.653 |
| Rio Grande do Sul | 770.180 |
| São Paulo | 272.988 |
| Goiás | 170.101 |
| Minas Gerais | 140.754 |
| Mato Grosso | 132.312 |
| Mato Grosso do Sul | 127.057 |
| Distrito Federal | 63.315 |
| Subtotal | 3.617.618 |
| Outros com SIF | 16.884 |
| Total Geral | 3.634.503 |

Fonte: ABEF, 2010

Esse elevado volume de exportação se dá pela grande presença de empresas na região, que estão sob supervisão do Sistema de Inspeção Federal – SIF, órgão necessário e obrigatório para que a carne produzida possa ser exportada, deve estar presente em todos os setores da indústria, é representado através de funcionários do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que realizam o controle de qualidade durante toda a linha de abate de aves.

2.2.2 Avicultura do Paraná

O diretor do SINDIAVIPAR (Sindicato das indústrias de produtos avícolas do Paraná) destaca que o Paraná possui um modelo de produção exemplo em âmbito nacional, sendo referência dentro do Programa Nacional de Sanidade Avícola – PNSA, e tendo as melhores notas na classificação do Ministério da Agricultura, são por esses motivos, e outros motivos como o bem estar e desenvolvimento das aves, que o estado se destaca na produção de frangos, tanto em número como em qualidade do produto ofertado (NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2009).

Segundo SINDIAVIPAR (2012) o Paraná possui um total de 32 abatedouros, sendo que destes a maioria, 43,40% correspondente a 13 abatedouros se encontram na região noroeste, o restante se distribuírem entre a região nordeste com 10 abatedouros, sudoeste com 5 e a sudeste com 4 abatedouros.

Dados da Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos (2010) mostram que o estado do Paraná foi responsável por 27,77% do abate nacional, consagrando-se como o maior abatedor de aves brasileiro, e o segundo em exportação com um total de 1.000.531 toneladas de cortes de frango.

Deste modo a avicultura tem se concretizado como uma das principais atividades produtivas do estado, ocupando local de destaque e perdendo apenas para a soja.

De acordo com MARTINELLI (2010) países dos 5 continentes são consumidores do frango paranaense que ostenta o título de maior produtor e exportador de frango de corte do país. No primeiro semestre deste ano o estado bateu seu recorde, abatendo 646.804.297 aves. Frango este que tem como seus

principais consumidores países como Arábia Saudita, Hong Kong, Emirados Árabes Unidos, Kwait, Egito, Japão, Venezuela, Holanda, África do Sul e Alemanha, estas nações são consumidores de 65% do total de cortes de frango exportados.

2.3 Processos Produtivos

O fluxograma apresentado da figura 2 demonstra as etapas do processo de industrialização da carne de frangos, as etapas apresentadas correspondem ao abatedouro estudado neste trabalho, e as etapas de embutidos ou empanados não estão descritas.

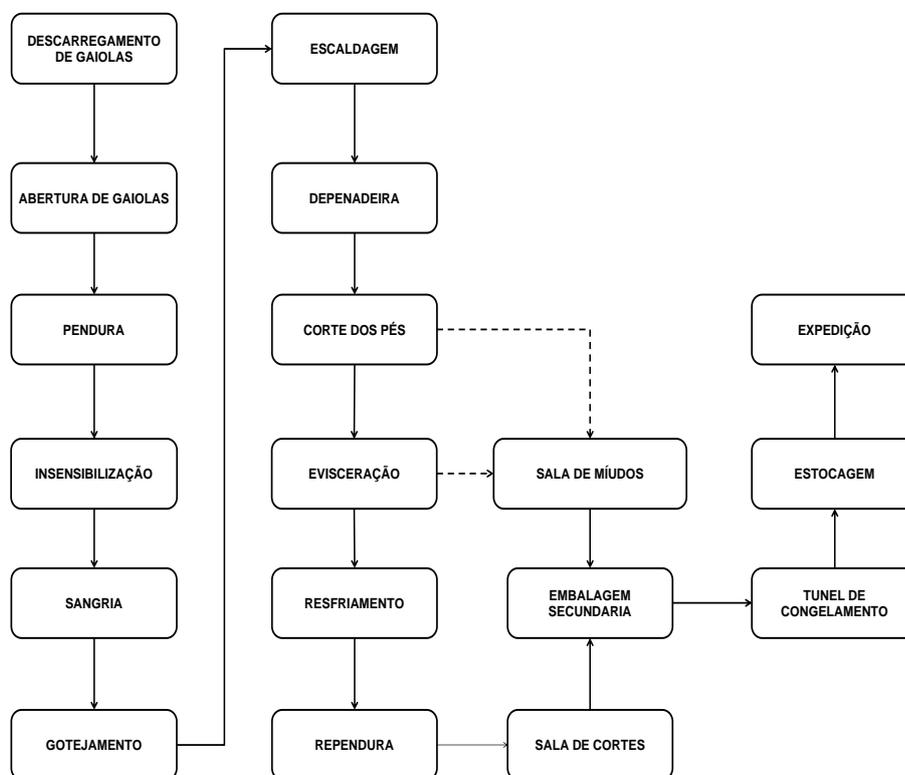


Figura 2 - Fluxograma do processo de produção da carne de frango.

2.3.1 Recepção

A recepção engloba os processos de recebimento de aves, que chegam ao abatedouro em gaiolas onde ficam alojadas em média de 5 a 8 aves por gaiolas, variando de acordo com o peso, e sexo das aves, e também de acordo com as

condições climáticas da época do ano, quanto maior a temperatura menor o número de aves por gaiola, para que a haja uma circulação maior de ar e assim a temperatura das aves não aumente muito, o que poderia ocasionar na mortalidade dos animais. O transporte destas gaiolas é feita mediante o uso de caminhões, cuja frota pode ser da própria empresa ou terceirizada, decisão esta tomada pela gerência visando o meio mais econômico.

Segundo Gonçalves apud BERAQUET (1994), ao chegar ao abatedouro é comum que às aves fiquem em um período de espera até poderem ser abatidas, e na tentativa de manter a temperatura das aves estabilizada as indústrias utilizam de ventilação forçada e até mesmo nebulização.

2.3.2 Pendura

EBERT (2007) declara que o setor da pendura é muito importante pois, entre vários outros fatores, é o local que irá ditar a velocidade de abate da indústria, então por isso deve se dar a devida importância a área da pendura. Mais do que uma alta velocidade da linha de abate é de extrema importância ter um número adequado de funcionários, pois caso a velocidade seja muito alta para o quadro utilizado haverá grande número de ganchos vazios.

2.3.3 Escaldagem e Depenagem

Estes dois processos ocorrem em locais completamente fechados, onde o frango passa por um tanque de água quente, ficando imerso por um período de tempo para as suas penas serem retiradas mais facilmente, após sair do tanque a ave passa por um equipamento dotado de dedos de borracha que devido à alta rotação e a fricção entre os dedos e as penas do frango contra seu corpo, as penas são em sua grande maioria removidas, as penas que não são removidas automaticamente devem ser retiradas por pessoas que se encontram após a saída do equipamento.

É de grande importância que os funcionários deste setor não transitem para outros setores, principalmente setores que sucedem o processo produtivo, pois se trata de uma área suja, e pode levar contaminação aos outros setores.

2.3.4 Evisceração

Neste setor é feita a retirada das vísceras e miúdos das aves, onde passam por uma seleção, feita por funcionários do SIF (Sistema Inspeção Federal), que avaliam a qualidade das carcaças, comparando suas vísceras com suas carcaças e verificando a existência de doenças e lesões nas carcaças.

As carcaças que possuem lesões graves, ou suspeita de doenças são retiradas da linha e colocadas numa segunda linha, para retirar a parte afetada e assim aproveitar os cortes que estão saudáveis.

2.3.5 Pré-resfriamento

Após as carcaças passarem pela evisceração e serem separadas em carcaças com boa qualidade das que foram condenadas pelo SIF, vão para o tanque de resfriamento.

Este tanque tem o objetivo de resfriar a carcaça e garantir a absorção de água por parte da mesma, com o intuito de agregar valor ao produto. Para RECHE (2011) o intuito da indústria é fazer com que o frango recupere a água perdida nos processos anteriores, porém existe um limite máximo para essa absorção, que no caso de mercado interno é de 8% do peso da carcaça pode ser água. As indústrias sempre tiveram o interesse de levar este teor no limite, pois estarão vendendo água pelo preço de frango, mas ultrapassar este valor pode ocasionar em ações fiscais.

2.3.6 Cortes

Setor do abatedouro onde as carcaças são processadas e transformadas em produto acabado, as carcaças vem suspensas por nórias, e dependendo do tipo de produto desejado passa por diversos cortes automáticos até chegar nas mesas onde ainda passam por processos de desossa ou caso já estejam prontos são embalados e pesados em embalagens plásticas.

Então, os produtos são enviados para a embalagem secundária para o encaixotamento, processo esse que não é realizado na própria sala de cortes pois as caixas utilizadas são de papelão e consideradas um possível contaminante caso

entre em contato direto com a carne de frango.

O ambiente possui temperatura controlada para diminuir os riscos de contaminação, e atende as recomendações do Ministério do Trabalho.

2.4 Simulação Computacional

O que é simulação? Quando se deve utilizar essa técnica? Quais suas vantagens e desvantagens? Que tipo de problemas ela pode ajudar a resolver?

As respostas para estas perguntas auxiliam no emprego correto dessa técnica, bem como a sua aplicação no tipo certo de problema, ou seja, a sua adequabilidade para cada situação. Assim, apresenta-se a seguir o que a literatura traz a respeito desse assunto.

2.4.1 Definição

Várias são as definições para simulação, quase todas convergem entre si e apresentam poucas variações entre os diversos estudiosos do assunto. Silva et al (2007) define simulação como um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno. Já Fernandes et al (2006) define esta técnica como uma combinação de elementos que interagem para cumprir um objetivo específico. Prado (2010) define: “Simulação é a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”. Motomura (1980, p. 146) define simulação como “uma experiência, um ensaio no qual se procura representar com semelhança, uma determinada situação, o que acontece ou poderia acontecer na vida real”. Law et al (2000), por sua vez, define como uma ferramenta para solução de problemas que consiste em um método de modelagem utilizado para analisar um procedimento real em computadores ou protótipos. Freitas Filho (2008) diz que uma das principais etapas num estudo de simulação é a criação de um modelo, ou seja, a modelagem, para observar o comportamento do sistema em estudo, sob determinadas condições, e observá-lo de forma científica.

Assim, pode-se entender que modelo é uma imitação do sistema real de

forma que se possa estudar o comportamento das variáveis desse sistema.

2.4.2 Quando utilizar simulação

Freitas Filho (2008) afirma que o uso da simulação deve ser considerado quando uma ou mais das condições abaixo existirem:

- Não há formulação matemática completa para o problema;
- Não há solução analítica para o problema;
- A obtenção de resultados é mais fácil de alcançar com a simulação do que com o modelo analítico;
- Não existe habilidade pessoal para a resolução do modelo matemático por técnicas analíticas ou numéricas;
- É necessário observar o processo desde o início até os resultados finais, mas não necessariamente detalhes específicos;
- A experimentação no sistema real é difícil ou até mesmo impossível;
- É interessante observar longos períodos de tempo ou alternativas que os sistemas reais ainda não possuem.

2.4.3 Vantagens e desvantagens do uso da simulação

Segundo Freitas Filho (2008), as principais vantagens da simulação são:

- Sistemas do mundo real com elementos estocásticos podem não serem descritos de forma precisa através de modelos matemáticos que possam ser calculados analiticamente;
- Permite estimar o desempenho de sistemas existentes sob condições de operações projetadas, por exemplo, para verificar o seu comportamento quando

aumenta a demanda de serviço;

- Permite manter maior controle sobre as condições dos experimentos o que muitas vezes não é possível com o sistema real;
- Permite estudar o sistema durante um longo período de tempo simulado.

Ainda segundo o mesmo autor, as principais desvantagens são:

- Cada execução da simulação estocástica produz apenas estimativas dos parâmetros analisados;
- O modelo de simulação, em geral, é caro e consome muito tempo para desenvolver;
- Os resultados da simulação, quando apresentados em grandes volumes de dados, com efeitos de animações e gráficos, podem levar a uma confiança nos resultados acima da justificada. Se o modelo não for uma representação válida do modelo em estudo, este não terá utilidade, mesmo que os resultados causem boa impressão.

2.4.4 Passos na formulação de um estudo envolvendo modelagem e simulação

Para Freitas Filho (2008), os aspectos mais importantes no processo de análise e simulação podem ser observados na Figura 3:

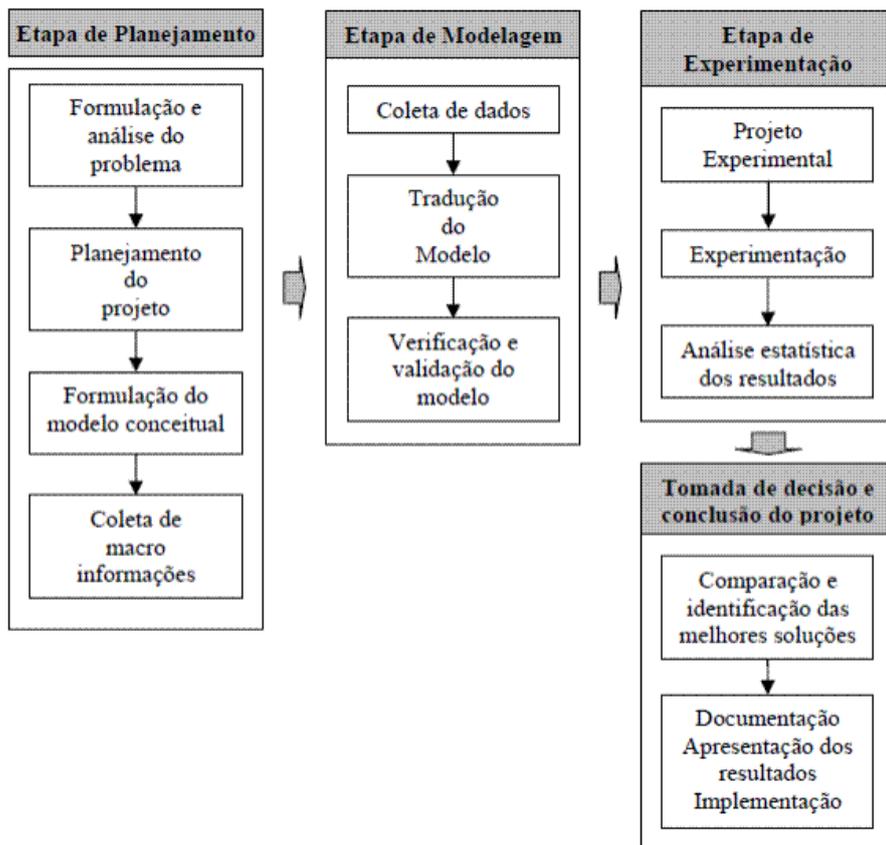


Figura 3 – Passos – Modelagem e Simulação.
 Fonte: Freitas Filho (2008).

- **Formulação e análise do problema:** os propósitos e objetivos do estudo devem ser claramente definidos;
- **Planejamento do projeto:** deve-se ter certeza de que se possuem recursos suficientes no que diz respeito a pessoal, suporte, gerência, hardware e software. Deve incluir também uma descrição dos vários cenários que serão investigados;
- **Formulação do modelo conceitual:** traçar um esboço do sistema de forma gráfica ou algorítmica;
- **Coleta de macro-informações e dados:** macro-informações são fatos e informações estatísticas fundamentais, derivados de observações, experiências pessoais ou de arquivos históricos;
- **Tradução do modelo:** codificar o modelo numa linguagem de simulação apropriada;

- Verificação e validação: confirmar que o modelo opera de acordo com a intenção do analista;
- Experimentação final: projetar um conjunto de experimentos que produza a informação desejada, determinando como cada um dos testes deve ser realizado;
- Experimentação: Executar simulações para a geração dos dados desejados e para a realização das análises de sensibilidade;
- Interpretação e análise estatística dos resultados: traçar inferências sobre os resultados alcançados pela simulação;
- Comparação de sistemas e identificação das melhores soluções: em algumas situações, o objetivo é comparar um sistema existente ou considerado como padrão, com propostas alternativas;
- Documentação: descrição dos objetivos e hipóteses levantadas, parâmetros utilizados, técnicas e métodos utilizados na verificação e validação dos modelos, descrição do projeto de experimentos, resultados obtidos e descrição dos métodos de análise adotados, conclusões e recomendações. Tudo isso servirá como um guia para alguém fazer uso do mesmo e dos resultados já produzidos;
- Apresentação dos resultados e implementação: deve conter o restabelecimento e confirmação dos objetivos do projeto, quais problemas foram resolvidos, rápida revisão da metodologia, benefícios alcançados com as soluções propostas, considerações sobre o alcance e precisão dos resultados, alternativas rejeitadas e seus motivos, animações das alternativas propostas quando cabíveis, estabelecimento de conexões entre o processo e os resultados alcançados com o modelo simulado, assegurar que os responsáveis pelo estabelecimento de mudanças organizacionais ou processuais tenham compreendido a abordagem utilizada e seus benefícios e tentar demonstrar que a simulação é uma espécie de ponte entre a ideia e sua implementação.

2.4.5 O software de Simulação Arena®

O Arena®, lançado em 1993 pela *Systems Modeling* é o sucessor de dois produtos, o SIMAN (primeiro software de simulação para PC) e o CINEMA (primeiro software de animação para PC) que foram desenvolvidos em 1982 e 1984 respectivamente. Possui um conjunto de blocos que são utilizados para se descrever uma aplicação real, estes blocos funcionam como comando de uma linguagem de programação e devido ao fato de terem sido projetados sob a ótica da simulação, possui facilidade para a programação (PRADO, 2010).

No software Arena existe uma interface gráfica para o usuário, que serve para simplificar o processo de construção dos modelos. Essa interface possui duas ferramentas muito úteis que são o *Input Analyzer* que permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles e essa distribuição pode ser incorporada diretamente ao modelo e o *Output Analyzer* que é uma ferramenta com diversos recursos que permite analisar dados coletados durante a simulação, sendo que esta análise pode ser gráfica, e tem ainda recursos para efetuar importantes comparações estatísticas (PRADO, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O frigorífico, objeto deste estudo, é altamente mecanizado e possui capacidade de abate de mais de 250 mil aves/dia sendo que os cortes *in natura* destinam-se ao mercado interno e externo. A indústria realiza o processamento de carne de frango, resultando em empanados e cozidos.

O processo, no setor de pendura de frangos, inicia com a chegada de caixas, contendo 8 frangos cada. A seguir, as caixas são colocadas em uma esteira por dois funcionários. Seguem, em uma velocidade de 0,45 m/s, através de uma esteira de 19 m até a seção da pendura. Antes de chegar a seção da pendura, as tampas das caixas são abertas por um funcionário da linha. Na seção de pendura, os frangos são pendurados na nória, por onde seguem para o abate.

Na pendura tem-se 13 posições com algumas diferenças que serão descritas a seguir. Da primeira à decima segunda, os 12 funcionários devem retirar todos os frangos das gaiolas e pendurá-los. O decimo terceiro funcionário é responsável por impedir que fiquem frangos dentro das caixas, tendo que retirar qualquer frango que passe pelos outros 12 funcionários.

A esteira por onde passam as caixas tem 80 cm de altura e 65 cm de largura, na parte frontal da bancada existem duas barras de ferro, impedindo que o funcionário encoste na esteira. A altura da nória é de 45 cm na parte inferior e 60 cm na parte superior, tendo como base a caixa sobre a esteira. Após a caixa estar vazia segue para o tanque de lavagem.

Na Figura 4 apresenta-se o fluxograma do sistema em estudo.

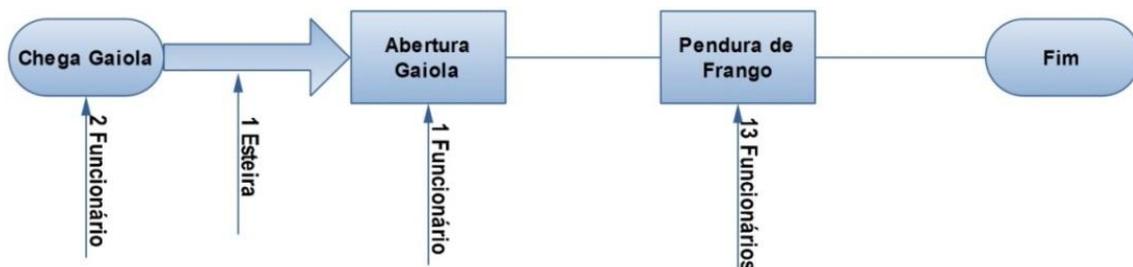


Figura 3 - Fluxograma do sistema.

No planejamento, da coleta de dados, concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis: TEC – Tempos entre Chegadas das Caixas; TAC – Tempos de Abertura das Caixas; TP1 – Tempos de pendura no Posto 1; TP2 – Tempos de pendura no Posto 2; TP3 – Tempos de pendura no Posto 3; TP4 – Tempos de pendura no Posto 4; TP5 – Tempos de pendura no Posto 5; TP6 – Tempos de pendura no Posto 6; TP7 – Tempos de pendura no Posto 7; TP8 – Tempos de pendura no Posto 8; TP9 – Tempos de pendura no Posto 9; TP10 – Tempos de pendura no Posto 10; TP11 – Tempos de pendura no Posto 12; TP12 – Tempos de pendura no Posto 12; TP13 – Tempos de pendura no Posto 13. Observa-se que os dados foram coletados no frigorífico durante um mês.

Estes dados foram analisados por duas ferramentas: *Input Analyzer* do software *Arena®* e *Stat::Fit (free student version)*. Segundo PRADO (2010) estas ferramentas permitem analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles.

3.1 Número de Replicações

Segundo FREITAS FILHO (2008), de uma maneira geral, a coleta de dados para a composição de uma amostra a partir da simulação de um modelo pode ser realizada de duas formas:

1. Fazer uso das observações individuais dentro de cada replicação. Por exemplo, pode-se simular o modelo de um restaurante e utilizar o tempo que cada cliente esperou na fila da mesa do buffet para realizar uma estimativa do tempo médio de espera na fila. Neste caso, o tamanho da amostra será igual à quantidade de clientes que passaram pela fila ao longo do período simulado.
2. A segunda maneira de gerar a amostra é realizar n simulações (replicações). Assim, cada replicação gera um elemento para a amostra. Uma vez que estamos lidando com um sistema terminal no qual as condições iniciais e o período de simulação são fixos, a melhor maneira de garantir que os valores da amostra sejam estatisticamente independentes é obtê-los a partir de replicações independentes.

Neste trabalho, o número de replicações (n^*) foi obtido através da seguinte expressão:

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

onde:

n - número de replicações já realizadas;

h - semi-intervalo de confiança já obtido; e

h^* - semi-intervalo de confiança desejado.

3.2 Validação do Modelo

A validação tem por objetivo proceder à comparação de valores de variáveis geradas pelo modelo com os obtidos do sistema real (SARGENT, 1998). Na execução do procedimento de validação, para o sistema em estudo, foi realizada uma comparação de médias por meio: (i) de análise de variância (ANOVA), utilizando a ferramenta de análise de dados do Microsoft Excel; (ii) calculado o erro médio estimado (MENNER, 1995):

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

onde:

SE – erro médio estimado;

SR – valor obtido a partir do sistema real;

MD – média dos valores gerados pelo modelo; e

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

A análise de variância é um teste estatístico amplamente difundido entre os analistas, e visa fundamentalmente verificar se existe uma diferença significativa entre as médias de dois ou mais grupos (MONTGOMERY, 2005).

3.2 Tamanho da Amostra

O tamanho de cada uma das 15 amostras, cronometradas neste trabalho, foi obtida, para um nível de confiança de 95%, através da seguinte expressão:

$$n_A = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{E} \right)^2 \quad (3)$$

onde:

n_A - número de indivíduos da amostra;

$Z_{\alpha/2}$ - valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;

S- desvio padrão;

E- erro máximo estimado.

3.3 Modelo Computacional

Na Figura 22 apresenta-se o modelo de simulação, do sistema em estudo, implementado no software ARENA®.

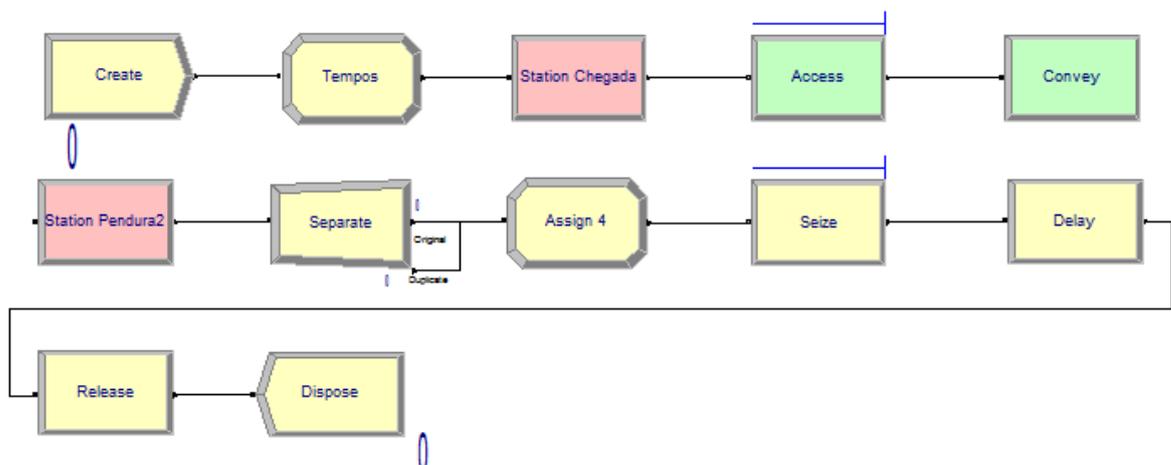


Figura 6 – Modelo de Simulação.

O módulo *CREATE* é utilizado para representar a chegada das caixas na esteira. O Módulo *CONVEY* movimenta as entidades (as caixas) na esteira. Toda movimentação ocorre a partir de um local de origem para um local de destino. Estes locais, no Arena®, são denominados de *STATIONS*. O Módulo *SEPARATE* serve para criar a nova entidade frango (8 por caixa). Os módulos *SEYZE*, *DELAY* e *REALESE* representam o processo de pendura dos frangos na nória. Finalmente o módulo *DISPOSE* tem a função de retirar as entidades do sistema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada uma avaliação descritiva completa dos dados coletados no frigorífico. A Tabela 5 apresenta, como exemplo, os dados coletados no Posto 1 da seção de Pendura.

Tabela 5 - Análise exploratória dos dados coletados no Posto 1 (TP1).

| Parâmetro analisado | TP1 |
|-----------------------------|--------|
| Pontos | 30 |
| Média | 3,11 s |
| Mediana | 3 s |
| 1 Quartil (Q ¹) | 2,85 s |
| 3 Quartil (Q ³) | 3,16 s |
| Desvio Padrão | 0,33 s |
| Coefficiente de Variação | 10,5% |

Segundo PIMENTEL GOMEZ (2000), nos experimentos de campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10% tem-se um coeficiente de variação baixo, de 10 a 20% médio, de 20 a 30% alto e acima de 30% muito alto.

4.1 Tratamento de Dados

Inicialmente, os dados foram plotados em forma de boxplot (Figura 2) para uma análise preliminar do comportamento das observações.

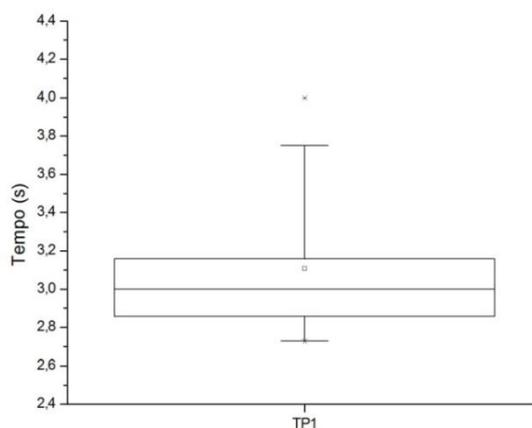


Figura 4 - Boxplot dos tempos de pendura de frangos do posto 1 (TP1).

A seguir, aplicou-se a técnica de identificação de outliers (valores fora da normalidade) apresentada na Tabela 6 (MORROCO, 2003). As razões mais comuns para o surgimento desses valores são os erros na coleta de dados ou eventos raros e inesperados. Os outliers considerados como extremos só foram descartados, das amostras, depois de uma análise criteriosa de suas causas. Os valores julgados como possíveis de ocorrer foram mantidos nas amostras.

Tabela 6 - Identificação de *outliers*.

| Outliers |
|--|
| $A=Q^3-Q^1$ |
| Valor $< Q^1-1,5A$ - <i>Outlier Moderado</i> |
| Valor $> Q^3+1,5A$ - <i>Outlier Moderado</i> |
| Valor $< Q^1-3,0A$ - <i>Outlier Extremo</i> |
| Valor $> Q^3+3,0A$ - <i>Outlier Extremo</i> |

Onde Q^1 e Q^3 são, respectivamente, os valores do primeiro e terceiro quartis, assim a amplitude entre inter-quartil “A” é calculada pela diferença: $A=Q^3-Q^1$.

Após a utilização da técnica de identificação dos outliers, o passo seguinte foi determinar as curvas de distribuição teórica de probabilidades que melhor representem o comportamento estocástico do sistema em estudo, através das ferramentas *Input Analyzer* do Arena® e *Stat::Fit*. Como os *p-values* dos testes de aderência: teste Chi Square e do teste *Kolmogorov-Smirnof* são maiores que o nível de significância adotado (0,1) (CHWIF & MEDINA, 2007), concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 7, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

Tabela 7 - Distribuições de probabilidade.

| Itens | Distribuição | Chi Square | Kolmogorov-Smirnov |
|-------|----------------------|---------------|--------------------|
| TEC | WEIB(12.1, 0.936) | p-value=0,247 | p-value=0,835 |
| TAC | 2+LOGN(0.868,0.0925) | p-value=0,868 | p-value=0,689 |
| TP1 | 2+1/GAMM(15.4,15) | p-value=0,690 | p-value=0,248 |
| TP2 | 2+WEIB(1.71,3.52) | p-value=0,753 | p-value=0,823 |
| TP3 | 2+WEIB(1.67,3.12) | p-value=0,753 | p-value=0,661 |
| TP4 | 2+LOGN(0.459,0.39) | p-value=0,881 | p-value=0,492 |
| TP5 | TRIA(2,3.17,6.39) | p-value=0,940 | p-value=0,926 |
| TP6 | 3+1/GAMM(3.9,3.07) | p-value=0,343 | p-value=0,151 |
| TP7 | 2+1/GAMM(7.68,6.36) | p-value=0,177 | p-value=0,602 |
| TP8 | 2+LOGN(0.217,0.411) | p-value=0,423 | p-value=0,603 |
| TP9 | 2+ERLA(0.239,5) | p-value=0,308 | p-value=0,674 |
| TP10 | 2+1/GAMM(8.04,4.66) | p-value=0,343 | p-value=0,465 |
| TP11 | 3+WEIB(3.03,2.11) | p-value=0,343 | p-value=0,127 |
| TP12 | 2+GAMM(0.931,3.21) | p-value=0,753 | p-value=0,852 |
| TP13 | 3+LOGN(0.934,0.96) | p-value=0,753 | p-value=0,627 |

4.2 Validação do Modelo Computacional

A comparação entre a média obtida do sistema real com a média gerada pelo modelo para a variável Número de Frangos Pendurados (NFP) são apresentados na Tabela 8. Nesta tabela apresenta-se, também, o erro médio estimado (SE, em decimal).

Tabela 8 - Dados do sistema real e do modelo.

| Número de Frangos Pendurados - NFP | | |
|------------------------------------|----------------------|---------------------|
| Sistema Real | Modelo Computacional | Erro Médio Estimado |
| 70734 | 70728 | 1,12 |

Ao ser aplicado a análise de variância, através da ferramenta de análise de dados do Microsoft Excel (Tabela 5), a 1% de significância, na comparação das médias obtidas a partir do sistema real e gerada pelo modelo de simulação, para a variável Número de Frangos Pendurados (NFP), não foram constatadas diferenças estatísticas. Pode-se observar, através dos dados apresentados na Tabela 9, que F_0 é menor que $F_{crítico}$ ($F_0=0,000532$ enquanto $F_{crítico}= 7,635619$).

Tabela 9 - Análise de variância.

| Fonte da variação | SQ | gl | MQ | F ₀ | valor-P | F _{crítico} |
|-------------------|----------|----|----------|----------------|----------|----------------------|
| Linhas | 27616856 | 28 | 986316,3 | 0,982392 | 0,518578 | 2,463636 |
| Colunas | 534,069 | 1 | 534,069 | 0,000532 | 0,981763 | 7,635619 |
| Erro | 28111860 | 28 | 1003995 | | | |
| Total | 55729250 | 57 | | | | |

Considerando as discussões apresentadas, pode-se afirmar que o modelo computacional presta-se para os objetivos propostos neste trabalho.

4.3 Simulação

Ana & Walguer (2001) ao avaliarem 8 postos de trabalho da seção de pendura, em um frigorífico de aves, com linha de produção semelhante à desse estudo, sem utilizar simulação, verificaram que cada funcionário pendurava 2560 frangos por turno. Observaram, também, que os trabalhadores, da seção de pendura de frangos, queixavam-se de cervicalgias, dores no punho e ombros.

Nesse contexto verificou-se que o frigorífico utiliza, no setor, um revezamento entre os funcionários, com o objetivo de variar a velocidade com que realizam as tarefas e também diversificar as atividades, trabalhando com demanda de grupos musculares diferentes (pendura, abertura das gaiolas e colocação das caixas na esteira). Observa-se, também, que existem 32 minutos de paradas ergonômicas, totalizando um turno de trabalho de 8,53 horas.

Cada um dos 16 funcionários, do setor de pendura do frigorífico, trabalha 30 minutos em cada um dos 16 postos de trabalho. Trabalhando cada um 6,5 horas, nos 13 postos da seção de pendura, e pendurando, aproximadamente, 4420 frangos por turno (Tabela 10). Observa-se que os resultados, de simulação, foram obtidos após 76 replicações. Este número de replicações foi definido, com nível de confiança de 95%, utilizando a ferramenta *Output Analyzer* do Arena®.

Tabela 10 - Resultados de simulação.

| Posto | Frangos/Turno | Frangos/min | Frangos/Funcionário |
|-------------|---------------|----------------|---------------------|
| Posto 1 | 6900 | 14,375 | 431,25 |
| Posto 2 | 4780 | 9,958333333 | 298,75 |
| Posto 3 | 4820 | 10,04166667 | 301,25 |
| Posto 4 | 6160 | 12,83333333 | 385 |
| Posto 5 | 4680 | 9,75 | 292,5 |
| Posto 6 | 5840 | 12,16666667 | 365 |
| Posto 7 | 6700 | 13,95833333 | 418,75 |
| Posto 8 | 6380 | 13,29166667 | 398,75 |
| Posto 9 | 5440 | 11,33333333 | 340 |
| Posto 10 | 6920 | 14,41666667 | 432,5 |
| Posto 11 | 3600 | 7,5 | 225 |
| Posto 12 | 3940 | 8,208333333 | 246,25 |
| Posto 13 | 4568 | 9,516666667 | 285,5 |
| Total=70728 | | Média=11,33462 | Total=4420,5 |

Observou-se, durante o processo de coleta de dados, que no trabalho de pendura de frangos tem-se movimentos de extensão e flexão dos braços e antebraços, também pode-se observar movimentos de flexão, extensão e hiperextensão da mão, assim como a flexão e extensão dos dedos. A cabeça sofre extensão e flexão assim como o tronco. Observa-se que esses movimentos repetem-se em média, por funcionário, 11,33462 vezes por minuto durante 6, 5 horas. Conclui-se, para as condições simuladas neste trabalho, que a pendura de frangos, na nória, expõem os funcionários à sobrecarga física de trabalho. Esta situação, provavelmente, pode levar os trabalhadores a dores osteomusculares.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentou-se os conceitos utilizados na implementação de um modelo computacional para o processo de pendura de frangos em um frigorífico.

De acordo com os resultados das análises procedidas para a validação do modelo computacional, evidenciou-se que o processo já possui o seu quadro de funcionários ajustado, não sendo necessárias alterações.

Foi possível concluir que o mesmo pode ser aplicado para simular a dinâmica operacional do processo de pendura de frangos do frigorífico.

Baseado nos resultados obtidos de simulação, visando à melhoria das condições de trabalho, no processo de pendura de frangos, sugere-se a realização de um estudo médico ocupacional detalhado com o intuito de prevenir e amenizar os possíveis distúrbios oriundos do exercício da função.

A aplicação da simulação computacional gerou um conhecimento adicional à cerca do processo para todos os envolvidos e possibilitou, também, a identificação de oportunidades de melhorar a qualidade de vida no processo de pendura de frangos do frigorífico.

O modelo utilizado pode vir a ser implantado em outros setores da indústria, desde que seu fluxo e tempos sejam adequadas ao processo em que se deseja analisar.

REFERÊNCIAS

LOPES, Kátia Regina Freire. **Avicultura: da pré-história à produção Industrial**. Mossoró: 2010.

MIELE, Marcelo. **Perspectivas da Avicultura de corte no Brasil e uma análise da situação atual**. 2005. Disponível em: <<http://www.nordeste rural.com.br/nordeste rural/matler.asp?newsId=2308>> Acesso em 12 Mai. 2012.

_____. **Relatório Anual**. 2010/2011. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiababef.php?notcodigo=2761>>. Acesso em: 12 Mai 2012.

BRAZILIAN CHIKEN. **A Indústria Avícola: História**. 2009. Disponível em : <<http://www.brazilianchicken.com.br/industria-avicola/historia-avicola.php>> Acesso em: 18 Mai. 2012.

AMORIM, G. **Perspectivas da Avicultura Brasileira e Paranaense**. 2008. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/bol_30_6c.pdf> Acesso em 18 Mai. 2012.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Avicultura do Paraná Rompe Barreira de 1 Bilhão de Cabeças**. 2009. Disponível em: <<http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/granjeiros/57907-avicultura-do-parana-rompe-barreira-de-1-bilhao-de-cabecas.html>>. Acesso em: 18 Mai. 2012.

MARTINELLI, L; BAHR, P. Para onde vai o frango do Paraná?. **Avicultura do Paraná**. Curitiba. v. 3, n. 17, jul/ago. 2010. Disponível em: <http://painel.ubis.com.br/clientes/sindiavipar/pdfs/17_edicao.pdf>. Acesso em: 19 Mai. 2012.

ABEF. Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango. **Estatísticas: Produção Mundial de Carne de Frango**. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/Estatisticas/MercadoMundial/MercadoMundial.php>>. Acesso em: 21 Mai. 2012.

_____. **Importação Mundial de Frango**. Disponível em: <http://www.abef.com.br/noticias_portal/exibenoticia.php?notcodigo=75>. Acesso em: 21 Mai. 2012.

SINDIAVIPAR. Sindicato das Indústrias de Produtos Avícolas do Estado do Paraná. **Estatísticas: Empresas Produtoras**. Disponível em:<<http://www.sindiavipar.com.br/index.php?modulo=8&acao=detalhe&cod=1009>>. Acesso em: 22 Mai. 2012.

ABEF. Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango. **Estatísticas: Produção Mundial de Carne de Frango**. Disponível em:

<<http://www.abef.com.br/Estatisticas/MercadoMundial/MercadoMundial.php>>. Acesso em: 25 Mai. 2012.

_____. **Relatório Anual.** 2010. Disponível em: <http://www.abef.com.br/noticias_portal/exibenoticia.php?notcodigo=2264>. Acesso em: 25 Mai. 2012.

GONÇALVES, Cintia R. **Fluxograma de Abate de Aves.** 2008. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA5N0AI/fluxograma-abate-aves>>. Acesso em 03 Mai.2012

_____. **Exportação Mundial de Frango.** Disponível em: <http://www.abef.com.br/noticias_portal/exibenoticia.php?notcodigo=74>. Acesso em: 08 Ago. 2012.

EBERT, Douglas C. **Simulação da Dinâmica Operacional de um Processo Industrial de Abate de Aves.** 2007. Dissertação (Pós – Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

RECHE, Ricardo A. **Absorção de Água em Carcaças de Frango: Um Estudo sobre os Fatores Determinantes e a Capabilidade do Processo.** 2011. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2011, Belo Horizonte: ENEGEP, 2011.

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

PRADO, D. S. **Usando o Arena em Simulação.** v. 3, Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços, 2010.

FREITAS FILHO, P. J. de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena.** 2 ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

PENNA, Igor C. **Modelo de Simulação para Análise da Gestão Operacional de um Estacionamento.** 2009. 133 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto. 2009.

COSTA, Ana Luiza Baeta. **Aplicação da simulação computacional no mapeamento do fluxo de operações de uma empresa de manutenção de motores elétricos.** 2009. 108 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto. 2009.

ARMSTRONG J.; BUCKLE P.; FINE L.; HAGBERG B. J.; KILBOM A.; KUORINKA I. A.; SILVERSTEIN A.; SJOGAARD G.; VIKARI-JUNTURA E.. **A conceptual model for workrelated neck and upperlimb musculoskeletal disorders.** USA: Scand J Work Environ Health, 1993..

ROHNELT, MÁRIO. **Fundamentos da Administração da Produção.** 3 ed. Porto Alegre – RS, 1999.

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

BARBOSA, R. A. A Modelagem e Análise do Sistema de Filas de Caixas de Pagamento em uma Drograria: Uma Aplicação da Teoria das Filas In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2009, Salvador. **Anais...** Salvador: ENEGEP, 2009.

BARTH, D. C.; GUIMARÃES, L. B. M. Análise do impacto do rodízio no grau de risco postural e de desconforto/dor de trabalhadores na desossa de frango. In: Congresso Brasileiro de Ergonomia, 2008, **Anais...** Porto Seguro: ABERGO, 2008.

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

EBERT, D. C.; SILVA, C. S.; VILAS BOAS, M. A. Simulação da Dinâmica Operacional de um processo industrial de abate de aves. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, 305-309, 2009.

FERNANDES, C. A.; SILVA, C. S.; PEREIRA, J. O. YAMAGUCHI, M. M. Simulação da Dinâmica Operacional de uma Linha Industrial de Abate de Suínos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, 166-170, 2006.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena.** Florianópolis: Visual Books, 2008. 305 p.

HYLYNE Avicultura tem recorde de produção, consumo e exportação em 2011. Disponível em: <http://www.hyline.com.br/hyline/noticia.php?id_conteudo=11667&id_categoria=3&id_area=1>. Acesso em: 12 out. 2012.

JUUL-KRISTENSEN, B; FALLENTIN, N; HANSSON, G. A. Physical workload during manual and mechanical deboning of poultry. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 29, 2002.

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

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P; SADOWSKI, D. A. **Simulation with arena.** New York: McGraw-Hill, 1998.

MARIN, T.; TOMI, G. F. C. Modelagem de dados de entrada para simulação estocástica del lavra. **Revista Escola de Minas**, v.60, 559-562, 2010.

SLACK, NIGEL. **Administração da Produção.** 3 ed, São Paulo, Atlas, 2009.

MENNER, W. A. **Introduction to modeling and simulation.** New York: JohnsHopkins APL Technical Digest, 1995.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments.** New York: Wiley, 2005.

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

PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477 p.

PRADO, D. **Usando o ARENA em simulação**. v.3, 4ed. Nova Lima: INDG - Tecnologia e Serviços LTDA, 2010. 307 p.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do Programa Computacional ASSITAT para o sistema Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In: WINTER THE SIMULATION CONFERENCE, 1998, Washington. **Proceedings...** Washington: WSC, 1998.

SILVA, L. M. F.; PINTO M. G.; SUBRAMANIAN, A. Utilizando o Software Arena Como Ferramenta de Apoio ao Ensino em Engenharia de Produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENEGEP, 2007.

RODRIGO , F. S. Estratégias de marketing da cadeia agroexportadora brasileira de frango de corte. Seminário de Administração FEA-USP. 2007. Disponível em: <http://www.ead.fea.usp.br/semead/10semead/sistema/resultado/an_resumo.asp?cod_trabalho=491>. Acesso em: 18 ago. 2012.

SILVERSTEIN, B. A.; FINE, L. J.; ARMSTRONG, T. J. Occupational Factors and The Carpal Tunnel Syndrome. **American Journal Industrial Medicine**. v.11, n. 3, 1987.

TAVARES, L. P.; RIBEIRO, K. C. S. Desenvolvimento da avicultura de corte brasileira e perspectivas frente a influenza aviária. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 9, 79-88, 2007.

ZACCARELLI, SÉRGIO B. **Administração estratégica da produção**. São Paulo, Atlas, 1990.