

SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UM PROCESSO DE PENDURA DE FRANGOS VIVOS: UM ESTUDO DE CASO

José Airton Azevedo dos Santos

Doutor em Engenharia Elétrica/ UFSC
airton@utfpr.edu.br

Michel Peiter

Engenheira de Produção / UFSC
mixelpeiter@hotmail.com

Carla Adriana Pizarro Schmidt

Doutora em Agronomia / UEL
carlaschmidt@utfpr.edu.br

RESUMO

Os frigoríficos de aves, segundo conceitos da área de pesquisa operacional, podem ser visualizados como um sistema em que um conjunto de operações unitárias é realizado para obtenção de carne e derivados a partir do abate de aves. Este trabalho teve como objetivo analisar, por meio de técnicas de simulação e otimização, uma dessas operações unitárias, o processo de pendura de frangos vivos em um frigorífico localizado no estado do Paraná. Um modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software de simulação 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, não foram detectadas diferenças estatísticas entre os valores obtidos do sistema real e os gerados pelo modelo. Como ferramenta de otimização utilizou-se o software OptQuest. A utilização conjunta dessas técnicas resultaram numa proposta de otimização do setor de pendura de frango, mostrando que alguns postos de trabalho excederam o índice de 14 frangos/min/trabalhador estipulado por auditores. O estudo apontou que seria necessário contratar mais três funcionários para o setor.

Palavras-chave: Frango; Simulação; Otimização.

ABSTRACT

The poultry slaughter industry, according to concepts of operations research area can be viewed as a system in which a set of unit operations is carried out for obtain meat and meat products derived from the slaughter of poultry. This work aimed to analyze, through simulation and optimization techniques, one of these unit operations, the process of hanging live chickens in a poultry slaughter industry, located in the state of Paraná. A stochastic, discrete and dynamics model was implemented in the Arena® simulation software. As a comparison parameter among the data obtained from the system and generated by the model, the NFP variable (Number of Chickens Hanging) was chosen. In the model validation, by the Variance Analysis, statistical differences among the values obtained from the real system and the ones generated by the model were not detected. As optimization tool was utilized the OptQuest software. The combined use of these techniques resulted in an optimization proposal of the sector of hanging chickens, showing that some jobs exceeded the rate of 14 chickens/min/employee stipulated by auditors. The study found that would need to hire three more employees for the sector.

Keywords: Chicken; Simulation; Optimization.

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, SILVA e VILAS BOAS, 2009). Atualmente, o setor representa um dos principais pesos nas exportações brasileiras.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de carne de frango, o maior exportador do setor e o segundo maior consumidor. O principal cliente da carne de frango produzida no país é o consumidor brasileiro. Com consumo per capita de 42 quilogramas ao ano, absorvendo 70% da produção (HYLYNE, 2012).

A eficiência de um frigorífico de aves, nos dias atuais, é extremamente importante para sua sobrevivência. É importante resaltar que a automatização dos processos não conseguiu eliminar completamente o trabalho manual. Existem tarefas que a máquina não consegue realizar com a mesma eficiência técnica que o trabalhador realiza. Além disso, entre os clientes importadores dos frigoríficos, há aqueles que exigem que o trabalho seja executado manualmente. 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 delas envolvem tecnologias computacionais. 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 e otimização (FERNANDES *et al.*, 2006).

A simulação computacional é uma poderosa ferramenta na análise de processos e sistemas complexos. Tornando possível o estudo, a análise e a avaliação de situações que não seriam possíveis na vida real. Em um mundo em crescente competição, tem se tornado uma metodologia indispensável para os tomadores de decisão nas mais diversas áreas (VOGEL *et al.*, 2013).

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 (KELTON *et al.*, 1998).

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, Simgen, 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).

A otimização é o processo de tentar diferentes combinações de valores para variáveis que podem ser controladas buscando uma combinação de valores que provê a saída mais desejada de um modelo de simulação. Para Fu (2002), na interação entre simulação e otimização, a última deve ser vista como uma ferramenta complementar à simulação. Neste processo, a otimização fornece as

variáveis de uma possível solução (*inputs*) à simulação; esta, após todo o processo de simulação, fornece respostas (*outputs*) para a situação proposta, que retornam à otimização. A otimização gera novas variáveis, utilizando técnicas de otimização específicas, que serão novamente testadas pela simulação. Este ciclo é repetido até sua parada, definida de acordo com o método de otimização utilizado. Alguns exemplos de programas que executam a otimização a partir da simulação são: AutoStat, OptQuest, OPTIMIZ, SimRunner, e o WITNESS Optimizer; que já estão incorporados a alguns pacotes comerciais de simulação.

A associação da simulação com a otimização possibilita a busca dos melhores valores das variáveis de decisão de um determinado sistema onde o desempenho é avaliado através dos resultados da simulação.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo analisar, por meio de técnicas de simulação e otimização, a dinâmica operacional do processo de pendura de frangos vivos em um frigorífico. Utilizou-se como ferramenta computacional o software Arena®, da Rockwell Software Corporation, por ser um dos softwares, de simulação discreta, mais utilizado no mundo empresarial e acadêmico.

2. METODOLOGIA

A pesquisa é caracterizada como um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico, cujo objetivo fundamental é descobrir resposta para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos (GIL, 2002). Esta pesquisa utilizou dois métodos de pesquisa: o estudo de caso, para conhecer o fenômeno no contexto real de forma ampla e detalhada (YIN, 2001), e a modelagem/simulação, que aborda quantitativamente o problema e busca controlar as variáveis gerenciais em estudo.

O frigorífico, objeto deste estudo, é altamente mecanizado e possui capacidade de abate de mais de 200 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 vivos do frigorífico, inicia com a chegada de caixas, contendo 8 frangos cada (Figura 1). A seguir, as caixas são colocadas em uma esteira por dois funcionários. Seguem, em uma velocidade de 0,45 m/s, através da esteira, com 19 m de comprimento, até a seção da pendura. Antes de chegar à seção da pendura, as tampas das caixas são abertas por um funcionário da linha. Na seção de pendura, os frangos são pendurados na nória transportadora, por onde seguem para o abate. Na seção de pendura trabalham 13 funcionários.

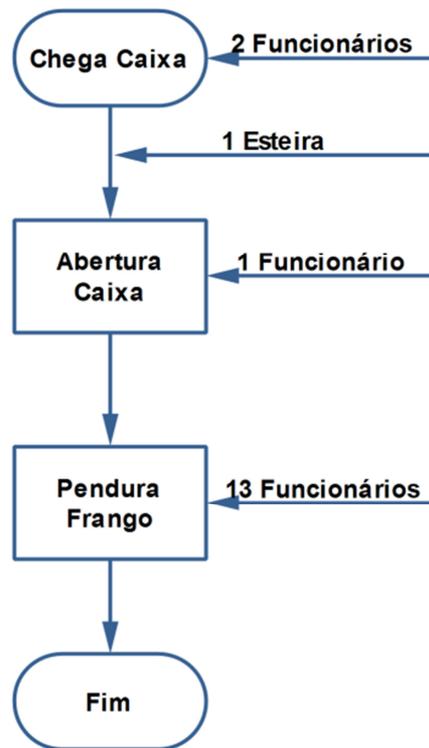


Figura 1: Fluxograma do sistema

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 2 apresenta-se, como exemplo, um setor de pendura de frangos.



Figura 2: Setor de pendura de frangos. Fonte: SANT'ANA; WALGER, 2008.

2.1 Coleta de dados

No planejamento, da coleta de dados, concluiu-se que seria necessário cronometrar as seguintes variáveis: TEC – Tempo Entre Chegada 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 11; TP12 - Tempos de pendura no Posto 12; TP13 - Tempos de pendura no Posto 13.

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.

Os dados, coletados no frigorífico, foram analisados por meio da ferramenta Input Analyzer 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 setor de pendura de frangos foi realizada com o software Arena®, e os resultados analisados nas ferramentas Output Analyzer, Process Analyzer e OptQuest.

2.2 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:

- a) Fazer uso das observações individuais dentro de cada replicação. Por exemplo, pode-se simular um atendimento em um banco e utilizar o tempo que cada cliente esperou na fila do caixa 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.
- b) 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:

$$— (1)$$

onde: n - número de replicações já realizadas; h - semi-intervalo de confiança já obtido; e h^* - semi-intervalo de confiança desejado.

2.3 Tamanho da amostra

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

$$\text{---} \quad (2)$$

onde: n_A - número de indivíduos da amostra; $Z_{\alpha/2}$ - valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado; S - desvio padrão e E - erro máximo estimado.

2.4 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; MARIN; TOMI, 2010). Na execução do procedimento de validação, para o sistema em estudo, foi realizada uma comparação de médias por meio de análise de variância (ANOVA). 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. RESULTADOS E DISCUSSÕES

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

Tabela 1: 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.

3.1 Tratamento de dados

Inicialmente, os dados foram plotados em forma de *boxplot* (Figura 3) para uma análise preliminar do comportamento das observações. A seguir, aplicou-se a técnica de identificação de *outliers* (valores fora da normalidade) apresentada na Tabela 2 (MARROCO, 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.

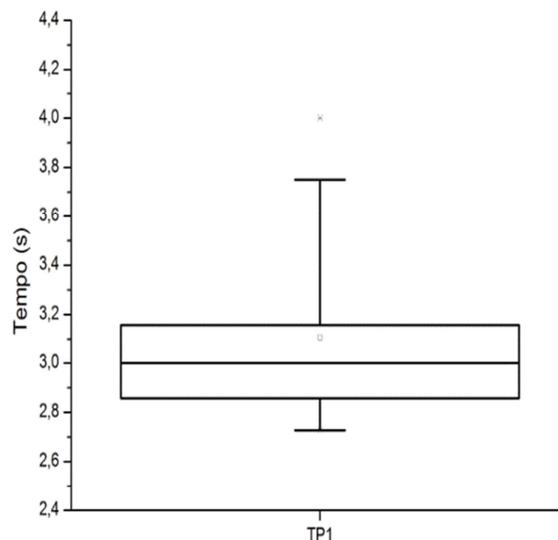


Figura 3: *Boxplot* dos tempos de pendura de frangos do Posto 1 (TP1)

Tabela 2: Identificação de *outliers*

<i>Outliers</i>
$A=Q^3-Q^1$
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: $A=Q^3-Q^1$. No exemplo do *boxplot* apresentado na Figura 3, o ponto representando 4s é um *outlier moderado*. Portanto, não foi descartado da amostra.

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 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), concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 3, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

Tabela 3: Distribuição de probabilidade

Itens	Distribuição	Chi Square	Kolmogorov-Smirnov
TEC	EXPO(3.24)	<i>p-value</i> =0,763	<i>p-value</i> =0,829
TAC	2+LOGN(0.868,0.0925)	<i>p-value</i> =0,868	<i>p-value</i> =0,689
TP1	2+1/GAMM(15.4,15)	<i>p-value</i> =0,690	<i>p-value</i> =0,248
TP2	2+WEIB(1.71,3.52)	<i>p-value</i> =0,753	<i>p-value</i> =0,823
TP3	2+WEIB(1.67,3.12)	<i>p-value</i> =0,753	<i>p-value</i> =0,661
TP4	2+LOGN(0.459,0.39)	<i>p-value</i> =0,881	<i>p-value</i> =0,492
TP5	TRIA(2,3.17,6.39)	<i>p-value</i> =0,940	<i>p-value</i> =0,926
TP6	3+1/GAMM(3.9,3.07)	<i>p-value</i> =0,343	<i>p-value</i> =0,151
TP7	2+1/GAMM(7.68,6.36)	<i>p-value</i> =0,177	<i>p-value</i> =0,602
TP8	2+LOGN(0.217,0.411)	<i>p-value</i> =0,423	<i>p-value</i> =0,603
TP9	2+ERLA(0.239,5)	<i>p-value</i> =0,308	<i>p-value</i> =0,674
TP10	2+1/GAMM(8.04,4.66)	<i>p-value</i> =0,343	<i>p-value</i> =0,465
TP11	3+WEIB(3.03,2.11)	<i>p-value</i> =0,343	<i>p-value</i> =0,127
TP12	2+GAMM(0.931,3.21)	<i>p-value</i> =0,753	<i>p-value</i> =0,852
TP13	3+LOGN(0.934,0.96)	<i>p-value</i> =0,753	<i>p-value</i> =0,627

3.2 Validação do modelo implementado

Ao ser aplicado a análise de variância, por meio do software Statistica® versão 11 (Tabela 4), 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 5, que F_0 é menor que $F_{\text{crítico}}$ ($F_0=0,00008920$ enquanto $F_{\text{crítico}}= 7,597663$).

Tabela 4: Análise de variância

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F_0	valor-P	$F_{\text{crítico}}$
Linhas	38878408	29	1340635	0,731773	0,797286	2,423439
Colunas	163,35	1	163,35	8,92E-05	0,992531	7,597663
Erro	53129053	29	1832036			
Total	92007624	59				

SQ: Soma dos quadrados; gl: Graus de liberdade; MQ: Quadrado médio.

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

3.3 Simulação e otimização

Na Tabela 5 são apresentados os resultados de simulação dos 13 postos de trabalho do setor de pendura do frigorífico. 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 5: Resultados de simulação

Posto	Frangos/Turno	Frangos/min
Posto 1	8551,553	17,81574
Posto 2	5241,447	10,91968
Posto 3	5288,513	11,01774
Posto 4	6594,632	13,73882
Posto 5	4961,684	10,33684
Posto 6	5709,026	11,8938
Posto 7	8329,908	17,35398
Posto 8	7457,605	15,53668
Posto 9	4196,816	8,743367
Posto 10	5874,829	12,23923
Posto 11	2636,658	5,493038
Posto 12	2836,066	5,908471
Posto 13	3243,053	6,75636
Total=70922		Média=11,3657

Através dos resultados obtidos de simulação, dos 13 postos de trabalho, observou-se que:

- cada funcionário pendura, em média, aproximadamente 11 frangos por minuto;
- os postos 1, 7 e 8 são os postos com maior carga de trabalho (17.8, 17.3 e 15.5 frangos/minuto/trabalhador).

Audidores fiscais, em ação realizada em um frigorífico localizado no oeste do estado do Paraná, tendo como base a metodologia da Coordenação Geral de Fiscalização e Projetos do Departamento de Saúde e Segurança no Trabalho - DSST da Secretaria de Inspeção do Trabalho – SIT, propuseram à empresa um Termo de Ajuste de Conduta, limitando a pendura a 14 frangos/minuto/trabalhador (REVISTA PROTEÇÃO, 2015). Em vista deste fato decidiu-se otimizar,

por meio do software OptQuest, o sistema de pendura de frangos para atender ao índice apresentado pelos auditores, sem alterar a velocidade da nória. O problema foi definido da seguinte forma:

Função Objetivo

Maximizar o número de frangos pendurados durante um turno de trabalho.

Restrição:

frangos/minuto/posto \leq 14.

Variáveis de controle:

Número de funcionários nos 13 postos:

Mínimo = 1 - Máximo = 3.

O Optquest realizou 100 simulações, com 4 replicações cada, para encontrar a melhor solução segundo as opções e os parâmetros definidos. O número de funcionários obtidos para os 13 postos de trabalho são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: N^o de funcionários por posto de trabalho – OptQuest

Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6
1	1	1	1	1	1
Posto 7	Posto 8	Posto 9	Posto 10	Posto 11	Posto 12
1	1	1	1	2	2
Posto 13					
2					

Utilizando o número de funcionários encontrados através do OptQuest obtém-se os seguintes resultados (Tabela 7).

Tabela 7: Resultados de simulação para valores otimizados

Posto	Frangos/Turno	Frangos/min
Posto 1	6736,618	14,00462083
Posto 2	5044,724	10,50984167
Posto 3	5085,211	10,59418958
Posto 4	5922,408	12,33835
Posto 5	4747,645	9,890927083
Posto 6	5530,368	11,5216
Posto 7	6557,276	13,66099167
Posto 8	6209,355	12,93615625
Posto 9	3901,75	8,128645833

Posto 10	4768,066	9,933470833
Posto 11	4927,053	10,26469375
Posto 12	5316,263	11,07554792
Posto 13	6176,447	12,86759792
Total=70923		Média=11,3659

Através dos resultados obtidos da Tabela 7 observou-se que:

- cada funcionário continua pendurando em média aproximadamente 11 frangos por minuto;
- os posto 11, 12 e 13 são os postos com maior carga de trabalho já que possuem dois funcionários cada.

4. CONCLUSÕES

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

Através da análise inicial dos resultados, obtidos de simulação, verificou-se que alguns postos de trabalho excediam o índice estipulado pelos auditores (14 frangos/minuto/trabalhador). Porém, encontrar o resultado ótimo para este problema de uma maneira analítica demandaria muito esforço e tempo. Assim, fazendo uso da ferramenta de otimização OptQuest pôde-se encontrar uma distribuição de funcionários nos postos de trabalho que atendeu o índice especificado. Portanto, baseado nos resultados obtidos de simulação e otimização e visando à melhoria das condições de trabalho, sugere-se a contratação de mais três funcionários para o setor.

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 dos funcionários no processo de pendura de frangos do frigorífico.

5. REFERÊNCIAS

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

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.
- FU, M. C. Optimization for Simulation: Theory vs. Practice. *Journal on Computing*, vol. 14, n 3, 2002.
- GIL, A. C. *Como elaborar Projetos de Pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HLYLYNE 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.
- KELTON, W. D.; SADOWSKI, R.P; SADOWSKI, D. A. *Simulation with arena*. New York: McGraw-Hill, 1998.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D. *Simulation modeling and analysis*. New York: McGraw- Hill, 2000.
- 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.
- MONTGOMERY, D. C. *Design and Analysis of Experiments*. New York: Wiley, 2005.
- MARROCO, J. *Análise estatística de dados – com utilização do SPSS*. Lisboa: Sílabo, 2003.
- PRADO, D. *Usando o ARENA em simulação*. v.3, 4ed. Nova Lima: INDG - Tecnologia e Serviços LTDA, 2010.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. Piracicaba: Degaspari, 2000.
- REVISTA PROTEÇÃO PR: Ação em frigorífico de Cascavel interdita máquinas e exige adequação de procedimentos. http://www.protecao.com.br/noticias/geral/pr:acao_em_frigorifico_de_cascavel_interdita_maquinas_e_exige_adequacao_de_procedimentos/AQyAJay5/7022. Acesso em: 21 jan. 2015.
- SANT'ANA, M. A.; WALGER, C. A. P. Avaliação de um posto de trabalho em um frigorífico de aves. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XIII, 2001, Anais. . . Salvador: ENEGEP, 10-21, 2008.
- SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In: *Winter Simulation Conference 2008*, Washington, USA. Proceedings. . . Washington, 1998.
- 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.
- VOGEL, C. C; SCHMIDT, C. A. P.; SANTOS, J. A. A.; SILVA, A. L. Aplicação de técnicas de simulação e de ergonomia ao processo de paletização de caixas de leite UHT: um estudo de caso, *Scientia Plena*, v. 9, n.6, 1-10, 2013
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2001.