

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

LUCINDO WACHHOLZ

**ANÁLISE E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PÃO
FRANCÊS EM UMA PANIFICADORA DE PEQUENO PORTE:
UM ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2013

LUCINDO WACHHOLZ

**ANÁLISE E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PÃO
FRANCÊS EM UMA PANIFICADORA DE PEQUENO PORTE:
UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Coordenação de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Carla Adriana Pizarro Schmidt

MEDIANEIRA

2013



Ministério da Educação
**Universidade Tecnológica Federal do
Paraná**
Campus Medianeira
Coordenação de Engenharia de Produção
Curso de Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PÃO FRANCÊS
EM UMA PANIFICADORA DE PEQUENO PORTE: UM ESTUDO DE CASO

por

LUCINDO WACHHOLZ

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 28 de agosto de 2013, 09h00m, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. 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 Azevedo dos Santos
Prof. Orientador

Prof^a. Dr^a Vania Lionço
Membro titular

Prof. MSc Levi Lopes Teixeira
Membro titular

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

Dedico este trabalho à minha família, em especial minha esposa e meus filhos, que tiveram que se submeter a uma série de restrições para possibilitar a continuidade dos estudos e ainda meu pai e minha mãe pelo apoio moral e muitas vezes financeiro, no transcurso destes anos.

AGRADECIMENTOS

Todas as palavras por mim escritas nesse espaço, certamente seriam poucas para expressar minha gratidão às inúmeras pessoas que me auxiliaram nestes anos de estudo.

Por mais nomes que eu citasse, com certeza esqueceria ou não haveria espaço para todos, sendo assim cito nomes que considero como ícones nesse processo e prestando esta homenagem singular estendo meus agradecimentos a todos os demais que porventura não tiverem seus nomes aqui elencados.

Assim sendo agradeço acima de tudo a DEUS que em um momento de luz me indicou o momento e o caminho certo para trilhar a minha jornada.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos, pela capacidade de discernimento e disposição em demonstrar que os caminhos que aparentemente são simples, não deixam de ter seu peculiar interesse.

À Prof^ª. Dr^ª. Carla Adriana Pizarro Schmidt, minha co-orientadora que não mediu esforços, nem poupou críticas na análise dos trabalhos, sempre no intuito de serem alcançados os melhores resultados possíveis.

À coordenadora do curso de Engenharia de Produção do Câmpus Medianeira, Prof^ª. Dr^ª. Vânia Lionço, que sempre esteve pronta a ajudar quando solicitado.

Em especial ainda, quero agradecer à minha família, esposa, filhos, pai, mãe e irmãos, que mesmo diante da minha inevitável ausência, sempre me deram apoio irrestrito, tanto no sentido moral e afetivo, quanto, por muitas vezes, financeiro.

Por fim em minhas citações, mas não menos importante, agradeço à Maria Cryslaine Barbosa Cozer, proprietária gerente da DUDU'S PÃES E DOCES, por ter aberto as portas de seu estabelecimento e disponibilizado todos os meios necessários para a concretização deste estudo.

Agir, eis a inteligência verdadeira.
Serei o que quiser.
Mas tenho que querer o que for.
O êxito está em ter êxito,
não em ter condições de êxito.
Condições de palácio tem qualquer terra larga,
mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?
(Fernando Pessoa)

RESUMO

WACHHOLZ, Lucindo. ANÁLISE E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PÃO FRANCÊS EM UMA PANIFICADORA DE PEQUENO PORTE: UM ESTUDO DE CASO. 2013. 59 fls. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013.

Este trabalho teve como objetivo analisar através de técnicas de simulação discreta o processo produtivo do pão francês em uma panificadora de pequeno porte no município de Matelândia - PR. Um modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software de simulação Arena[®]. A partir deste algumas variações no modelo foram realizadas para estudar configurações com dois funcionários atuando, em um cenário apenas no setor de modelagem e em outro no processo todo. Os resultados obtidos das simulações demonstraram que a utilização de mais um funcionário no setor de modelagem, reduz o tempo de processo em aproximadamente 12 minutos por lote de 525 pães, refletindo em melhores condições de trabalho aos padeiros, enquanto que a aplicação de dois funcionários no processo todo possibilita a produção de cerca de 7.000 pães excedentes à demanda da panificadora por dia, excesso este que poderia ser congelado e revendido a outras congêneres da localidade, ampliando a atuação da empresa.

Palavras-chave: Arena[®]. Panificadora. Simulação.

ABSTRACT

WACHHOLZ, Lucindo. ANÁLISE E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PÃO FRANCÊS EM UMA PEQUENA PANIFICADORA: UM ESTUDO DE CASO. 2013. 59 fls. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013.

This work aimed to analyze the French bread productive process of French bread in a small bakery in the city of Matelândia state of Paraná, through discrete simulation techniques. A model of the dynamic, discrete and stochastic model was implemented in the Arena[®] simulation software. From this step, some variations in the model were conducted to study the settings with two employees working. In one scenario only in the modeling sector and in the other, the whole process. The simulation obtained results showed that the use of one more employee in the modeling sector, reduces the processing time in approximately 12 minutes per batch of 525 breads, reflecting in better working conditions for bakers, while the application of two employees in whole process allows the production of about 7,000 breads per day exceeding to the daily bakery demand. This excess could be frozen and resold to other local bakeries, expanding the company's operations.

Keywords: Arena[®]. Bakery. Simulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Apresentação da tela inicial do <i>software</i> ARENA®	22
Figura 2 - Formas de classificação da pesquisa científica	24
Figura 3 – Gráfico <i>boxplot</i> dos tempos da modeladora	37
Figura 4 - Dispersão dos tempos da modeladora.....	38
Figura 5 – Gráfico de distribuição de probabilidade – TCoPes.	39
Figura 6 – Gráfico de distribuição de probabilidade – TDiv.....	39
Figura 7 – Gráfico de distribuição de probabilidade – TMod.	40
Figura 8 - Modelo computacional.	40
Figura 9 – Gráfico de <i>boxplot</i> comparativo – Sistema Real x Modelo.	42

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Determinação do tamanho da amostra	31
Equação 2 – Cálculo do número de replicações	34
Equação 3 – Erro médio estimado do modelo computacional	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Identificação de outliers.....	32
Tabela 2 - Análise de dados - TMod.	36
Tabela 3 - Distribuições de probabilidade	38
Tabela 4 - Dados do sistema real e do modelo.	41
Tabela 5 - Resultados de simulação dos cenários 1, 2 e 3.	43
Tabela 6 – Comparativo de tempos – 1 funcionário X 2 funcionários	45
Tabela 7 – Comparativo de tempos médios por lote e por funcionário	45
Tabela 8 - Custos com a implantação do cenário 1	47
Tabela 9 - Custo com mão de obra	48
Tabela 10 - Custos com a implantação do cenário 2	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo Geral.....	12
1.1.2 Objetivos Específicos.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 HISTÓRIA DO PÃO	16
2.2 INDÚSTRIA DO PÃO.....	16
2.3 DIAGRAMA DE PARETO	17
2.4 SIMULAÇÃO DOS PROCESSOS	18
2.4.1 Fatores Positivos da Simulação.....	19
2.4.2 Fatores Negativos da Simulação	20
2.4.3 Justificativa Para se Fazer Simulação	21
2.4.4 O <i>Software</i> ARENA®	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	23
3.1.1 Natureza da Pesquisa.....	24
3.1.2 Objetivos da Pesquisa	24
3.1.3 Forma de Abordagem do Problema.....	25
3.1.4 Procedimentos Técnicos Adotados na Pesquisa	25
3.2 A PANIFICADORA.....	26
3.2.1 Descrição do Processo Produtivo do Pão Francês.....	27
3.3 COLETA DE DADOS	29
3.3.1 Tamanho da Amostra	30
3.4 ANÁLISE DOS DADOS	32
3.4.1 Análise Estatística dos Dados.....	32
3.4.2 Número de Replicações.....	33
3.4.3 Validação do Modelo	34
4 RESULTADOS E DICUSSÃO	36
4.1 TRATAMENTO DOS DADOS.....	36
4.2 VALIDAÇÃO DO MODELO COMPUTACIONAL	41
4.3 NÚMERO DE REPLICAÇÕES.....	42
4.4 SIMULAÇÃO DO PROCESSO	43
4.4.1 Cenários com Aumento de Funcionários na Modeladora	43
4.4.2 Cenário com Dois Funcionários em Toda a Linha	44
4.5 DISCUSÃO DOS RESULTADOS E DAS PROPOSTAS DE MELHORIAS	46
5 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O pão é um alimento amplamente difundido entre todas as classes sociais brasileiras e tem em estabelecimentos de micro e pequeno porte sua maior concentração de produção, em torno de 96,3% (ABIP, 2011).

Apesar de serem classificadas assim, as panificadoras são potenciais geradores de empregos e de distribuição de renda, tendo em vista que no Brasil existem em torno de 63.000 estabelecimentos, cada um empregando em média 12 funcionários e em 2009 foram responsáveis por negócios na ordem de cerca de R\$ 43,9 bilhões (ABIP, SEBRAE, 2009).

Contudo, mesmo com a importância que representam para o setor econômico e produtivo do país, devido a ser constituído de empresas de micro e pequeno porte como citado, por vezes esses estabelecimentos não possuem ferramentas que auxiliem na gestão da tomada de decisões no âmbito produtivo, sendo estas decisões geralmente tomadas conforme o conhecimento heurístico dos panificadores, o que por vezes traz problemas de gerenciamento e inclusive falências de estabelecimentos onde estas decisões acabam sendo tomadas erroneamente de maneira muito repetida.

Diante da necessidade de se ter uma estratégia na organização, que para Henderson (1998), é “a busca por um plano de ação para desenvolver e ajustar a vantagem competitiva de uma empresa”, é preciso buscar-se métodos que ajudem a viabilizar tais empreendimentos. Estudos que indiquem a viabilidade de mudanças que possam se fazer necessárias, sem contudo, onerar em demasia os custos destes estabelecimentos, ou seja, analisar mudanças possíveis que tragam bons resultados sem a implementação prática das referidas mudanças num momento inicial.

Para conseguir tais respostas, a utilização de ferramentas auxiliares na tomada de decisões, dentre as quais a determinação do mix de produtos a ser priorizado, através do diagrama de Pareto e a simulação dos processos produtivos, utilizando-se *softwares* de simulação, são de fundamental importância.

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 (CHWIF; MEDINA, 2007).

1.1 OBJETIVOS

Importante se faz apontar um objetivo a ser alcançado, com clareza e pontualidade, pois incontestavelmente, dentro de uma empresa, seja do porte que for, serão encontrados inúmeros problemas.

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo analisar através de técnicas de simulação discreta o processo produtivo do pão francês em uma panificadora de pequeno porte, no município de Matelândia, região oeste do Paraná.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral seja alcançado, é notório o fato de que etapas devem ser cumpridas, sendo estas definidas como objetivos específicos, seguindo neste trabalho a seguinte ordem:

- a) Investigar a importância do setor de panificação no âmbito econômico nacional;
- b) Construir e verificar o modelo conceitual do sistema;
- c) Construir e verificar o modelo computacional;
- d) Implementar cenários com variação de variáveis;

- e) Discutir os resultados da implementação de variáveis e sugerir possíveis melhorias.

1.2 JUSTIFICATIVA

A Panificação está entre os seis maiores segmentos industriais do país, representando em torno de 36% na indústria de alimentares e 7% na indústria de transformação, e busca novos desafios e tecnologias que permitam sua afirmação definitiva como setor de relevância no cenário econômico (ABIP, SEBRAE, 2009), assim sendo, dentro do foco do curso de Engenharia de Produção, que remete exatamente no sentido de viabilizar e otimizar processos produtivos, sem deixar de lado o cunho social da atividade, o referido trabalho tem importância no que concerne a esses tópicos, pois consiste em uma demonstração do potencial que o setor representa, mesmo sendo por muitas vezes relegado a segundo plano, devido a serem, em sua grande maioria, empresas de micro e pequeno porte.

Considerando também que atualmente os mais diversos setores produtivos devem passar por constantes mudanças, sempre no sentido de alcançarem melhorias para se adequarem as exigências cada vez maiores dos consumidores e do mercado de forma geral, pretende-se demonstrar que apesar dos estabelecimentos serem geralmente de pequeno porte e gerenciados de forma familiar, podem ser alcançadas melhorias controladas e dentro de expectativas realísticas em virtude dos investimentos realizados, viabilizando assim tais estabelecimentos de maneira mais sólida e consistente.

Tal demonstração pretende ser feita com o uso de ferramentas de gestão de tomadas de decisões, como o diagrama de Pareto, para se definir os produtos que devem ter maior ênfase no processo produtivo e ainda a simulação computacional dos processos para verificar e demonstrar como variáveis podem ser introduzidas no processo e quais suas consequências, podendo assim servir de fundamento para decisões futuras dos administradores, além de incentivar o interesse para futuros estudos na área.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O pão é um alimento que incontestavelmente está inserido no cardápio de praticamente toda a população, como já bem definido por Esteller, et al. (2004) quando diz que “o pão é um produto bastante popular no Brasil, consumido na forma de lanche, ou mesmo junto com as refeições principais”, concluindo ainda, os mesmos autores, afirmam que “a popularidade do pão é devida, sem dúvida, ao excelente sabor, preço e disponibilidade junto às milhares de padarias e supermercados do País”.

Devido a grande maioria das empresas panificadoras do país serem consideradas de micro e pequeno porte (ABIP; SEBRAE, 2009), e portanto serem conduzidas de uma forma familiar, muitas vezes seus proprietários, que geralmente também são seus administradores, não se utilizam de ferramentas gerenciais para melhor conduzirem seus empreendimentos, o que por vezes se reflete em falta de uma estratégia da empresa, implicando em perdas e menor poder de crescimento, pois a estratégia segundo Henderson (1998), é “a busca por um plano de ação para desenvolver e ajustar a vantagem competitiva de uma empresa”.

Dentro dessa busca de estratégias de otimização dos processos produtivos, existem várias ferramentas passíveis de serem utilizadas, sendo que uma delas é a pesquisa operacional ou “pesquisa sobre operações”, que “é aplicada a problemas envolvendo como conduzir e coordenar operações em uma organização” (HILLIER E LIEBERMAN, 2010).

Contudo como se trata de um método de análise, a pesquisa operacional deve seguir uma sequência lógica, devendo, segundo Arenales, et. al (2007), envolver várias fases, que são:

- 1 A definição do problema, onde se define o escopo do problema em estudo;
- 2 A construção do modelo, através de relações matemáticas ou lógicas de simulação;
- 3 A solução do modelo, utilizando técnicas e algoritmos já conhecidos;
- 4 A validação do modelo, responsável por verificar se o modelo gerado representa apropriadamente o problema e;
- 5 A implantação da solução, visando traduzir os resultados obtidos no modelo em decisões.

Assim sendo, há que se atentar às referidas fases, observando-se que para o referido trabalho, o escopo consistirá da análise dos processos produtivos que apresentem maior alocação de mão de obra, em uma panificadora do município de Matelândia - PR. Contudo, tendo em vista a amplitude de produtos oferecidos pelo estabelecimento, há que se definir de uma forma mais pontual quais serão objetos de estudo, utilizando-se para tanto o diagrama de Pareto e com essa ferramenta determinar a curva ABC, uma vez que “esta técnica auxilia o controle de produtividade, pois uma vez que selecionados e classificados os elementos em análise, pode-se dedicar mais recursos ao que é mais relevante e de maior impacto sob quaisquer aspectos” (BERNARDI, 2008).

Para construção do modelo, deve ser entendido que este é uma simplificação da realidade. Os modelos podem auxiliar na tomada de decisão, pois “ajudam na visualização da estrutura do sistema real, representam as informações e suas inter-relações, auxilia na análise e avaliação do valor de cada alternativa” (ANDRADE, 2007). “A modelagem busca representar as situações do mundo real, proporcionando uma melhor visualização, planejamento e previsões das atividades” (VOGEL, 2011).

Contudo não basta construir um modelo do processo, há também que se submeter tal modelo às condições nas quais está inserido, sendo que para tanto pode se lançar mão da simulação que pode ser entendida como o “processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação” (PEGDEN, 1995).

O campo para a aplicação de simulação é bastante amplo e pode ser muito variado, como no caso de “sistemas de produção, na logística, nos sistemas computacionais, nos sistemas administrativos, sistemas de prestações de serviços”, entre tantos outros (PRADO, 2010; FREITAS FILHO, 2008).

Contudo há que se ter vistas ao fato que “existem muitas dificuldades no momento da validação dos modelos, isto está ligado à veracidade introduzida na montagem dos mesmos” (CAIXETA-FILHO, 2009) e portanto antes de se criarem novos contextos para estudo, a validação do processo de simulação comparando-o com o processo real é de suma importância.

Uma vez analisado o modelo construído, através do processo de simulação e comparado ao que está em uso na empresa podem então ser criados cenários

alternativos que possam vir a melhorar o desempenho produtivo e com base nisso serem feitas sugestões de melhorias.

2.1 HISTÓRIA DO PÃO

Apesar das inúmeras divergências dos historiadores a respeito das origens do pão, estudos indicam que o homem já se alimentava com uma forma primitiva de pão a cerca de trinta mil anos atrás, como sugere descoberta divulgada por Revedin et al. (2010) no periódico *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* onde relatam ter encontrado vestígios de amido em pedras de moer datadas dessa época. Segundo os historiadores, a descoberta indica que os europeus do Paleolítico moíam raízes semelhantes à batata para fazer farinha, que depois era usada numa massa, que após ser achatada e cozida em forno resultava num produto final semelhante a um biscoito, mas que não seria tão saboroso como o pão conhecido hoje (REVEDIN et al., 2010).

Mesmo com controvérsias sobre o assunto, existe uma convergência na opinião de todos os estudiosos indicando que apesar da origem do pão ser mais antiga, este de fato começou a ter sua importância destacada no antigo Egito, onde os povos egípcios descobriram e, portanto, já se utilizavam de técnicas de fermentação, tanto para produção de vinhos quanto de pães entre 4000 e 2500 anos antes de Cristo (FERRO, 2010).

O processo de fermentação trouxe consigo uma espécie de revolução na história do pão, pois dessa forma a massa adquire mais leveza, melhor aparência e um sabor característico, sendo que devido ao contato de outros povos com os egípcios, a técnica de fabricação do pão através de fermentação foi difundida para inúmeras outras localidades.

2.2 INDÚSTRIA DO PÃO

Segundo a ABIP (2011), o segmento de panificadoras é representado por mais de 63.000 estabelecimentos no país, estando entre os maiores segmentos

industriais brasileiros, composto em sua grande maioria de micro e pequenas empresas (96,3% das panificadoras brasileiras) que atendem em média cerca de 40 milhões de clientes por dia o que representa em torno de 21,5% da população nacional.

Ainda conforme ABIP (2011), a participação das panificadoras na indústria de produtos alimentares é de 36,2% e na indústria de transformação representa 7% do total, demonstrando com isso seu enorme potencial no campo produtivo.

Diante de tamanha importância que o setor representa, sem dúvidas a análise de suas variáveis produtivas mostra-se relevante dentro do contexto produtivo, econômico e social, devido ao impacto que produz em termos de emprego de mão de obra e máquinas, uma vez que, segundo a ABIP (2011), a média geral de funcionários contratados pelas panificadoras é de 12 pessoas por estabelecimento, além do uso de máquinas específicas destinadas ao preparo das massas.

Em 2008, no Brasil, os negócios no setor apresentaram um faturamento de cerca de R\$ 43,9 bilhões, desse total, 45% diz respeito aos produtos fabricados nas próprias empresas de panificação (ABIP; SEBRAE, 2009), sendo que os mesmos institutos ainda afirmam que devido ao relacionamento intrínseco que o setor de panificação tem com outros setores da economia, participa incisivamente na economia nacional como potencial gerador de empregos e de distribuidor de renda.

2.3 DIAGRAMA DE PARETO

Em indústrias onde a amplitude de produtos é grande e existe a necessidade de serem determinados alguns que merecem maior atenção, uma técnica simples e bastante utilizada é o Diagrama de Pareto, também conhecido como Curva ABC.

Esta técnica auxilia o controle de produtividade, pois uma vez que selecionados e classificados os elementos em análise, pode-se dedicar mais recursos ao que é mais relevante e de maior impacto sob quaisquer aspectos (BERNARDI, 2008).

Em inúmeras atividades são muito comuns sistemas que apresentem uma característica, onde cerca de 80% das atividades estão relacionados a 20% dos

produtos e vice-versa, ou seja, um número pequeno de itens possui uma representatividade grande em relação a alguma característica (GOEBEL, 1996).

O Diagrama de Pareto consiste em um método de ordenação dos itens conforme sua importância relativa, gerando assim um gráfico onde facilmente se observa a construção de uma curva, denominada ABC, na qual itens com maior repetição de ocorrência serão os que devem ser levados em maior consideração.

2.4 SIMULAÇÃO DOS PROCESSOS

Implementar mudanças dentro de uma determinada organização, sempre requer investimentos e com isso geram-se gastos que por vezes acabam traduzidos em desperdícios, pois as melhorias esperadas com as referidas mudanças não acontecem ou não alcançam as expectativas originais do projeto.

Ter o controle ou saber as respostas que serão obtidas do sistema em relação a determinadas mudanças com antecipação, ou seja, antes de implementá-las na prática, traz consigo vantagens que podem ser utilizadas pelo responsável pela tomada de decisão, no sentido de implementar ou não tais mudanças.

Dentro desse contexto aparecem várias formas de estudos que podem ser adotadas para se obter a antecipação dos resultados com determinadas mudanças, dentre os quais pode ser citada a simulação computacional que está tendo um crescimento em sua utilização na área da produção manufatureira, pois é uma maneira de ter uma visão virtual de um sistema real e que tem como objetivo achar uma solução satisfatória ou ótima de um problema (MALIGO, 2005).

Também na visão de Sakurada e Miyake (2009), percebe-se o crescimento da aplicação da simulação computacional em todas as áreas, o que auxilia os gestores na tomada de decisão em problemas complexos e possibilitando um melhor conhecimento dos processos nas organizações.

Segundo Pidd (1998) a simulação computacional é a aplicação de um modelo como base para exploração e experimentação da realidade e o objetivo de sua utilização em projetos é de tornar modelos em veículos, com a finalidade de responder questões do tipo “*o que aconteceria se...?*”. Ainda segundo o mesmo

autor, um modelo de simulação computacional está sujeito a entradas conhecidas, sendo que os efeitos destas entradas são observados nas saídas do sistema.

Complementando a ideia pode-se dizer que “simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital” (PRADO, 2010).

Considerando, portanto que a simulação é “uma experiência, um ensaio no qual se procura representar com semelhança, uma determinada situação, o que acontece ou poderia acontecer na vida real” (MOTOMURA, 1980), obtendo-se assim prognósticos relacionados às mudanças pretendidas, é notório o uso dessa ferramenta como auxiliar norteador do gestor de tomadas de decisões, a fim de minimizar seus erros na implementação destas.

Contudo, há que se considerar que muitos fatores estão relacionados ao processo produtivo e portanto é necessário ter-se em mente que dificuldades podem ser encontradas durante a utilização de ferramentas gerenciais, quer seja a simulação, quer seja outra ferramenta qualquer, portanto de grande importância se faz a análise dos fatores que envolvem a ferramenta que se pretende utilizar e assim verificar a viabilidade ou não do uso desta no estudo pretendido.

2.4.1 Fatores Positivos da Simulação

Como já visto acima, a simulação é uma forma de se criar um retrato dos processos produtivos, possibilitando uma interação com estes de modo a verificar antecipadamente quais os resultados que se irá obter com a manipulação de determinada variável.

Dentro desse contexto Freitas Filho (2008) cita diversos pontos considerados como positivos no uso da simulação sintetizando algumas na forma seguinte: - a simulação geralmente tem maior facilidade de aplicação frente a métodos analíticos, por não exigir restrições; - a simulação pode retratar a realidade de uma maneira muito detalhada, quase idêntica à real; - na simulação podem ser identificados gargalos no processo de forma visual, uma vez que essa ferramenta possibilita tal acompanhamento; - permite ainda estimar o desempenho de sistemas existentes sob condições de operações projetadas, por exemplo, para verificar o seu comportamento quando aumenta a demanda de serviço; - na simulação tem-se

maior controle sobre as variáveis que se pretende implementar, o que muitas vezes não é possível em sistemas reais; - permite a análise e estudo das mudanças no sistema durante um longo período de tempo simulado.

“Assim como em outras metodologias de modelagem, a simulação é utilizada em função do seu baixo custo, maior segurança e rapidez em comparação com a realização de experimentações na realidade” (PERGHER e VACCARO, 2009).

Ainda segundo Pergher e Vaccaro (2009), “a simulação pode ser utilizada tanto para projeto e avaliação de novos sistemas, como para reconfiguração física ou mudanças no controle e/ou regras de operação de sistemas existentes”.

Demonstrando assim sua flexibilidade e viabilidade de uso junto aos diferentes setores produtivos.

2.4.2 Fatores Negativos da Simulação

Testar possíveis opções da realidade é bom, mas também pode ser desastroso (PIDD, 2001), portanto há que se atentar também aos fatores que interferem no estudo de maneira negativa.

Segundo Freitas e Filho (2008), as principais desvantagens no uso da simulação são: - a construção do modelo requer treinamento específico; - cada execução da simulação estocástica produz apenas estimativas dos parâmetros analisados; - muitas vezes, devido a complexidade dos dados de entrada, os resultados são de difícil interpretação; - a modelagem e a experimentação, por vezes são caras e consomem tempo e a simplificação na modelagem ou nos experimentos objetivando economia de recursos costuma levar a resultados insatisfatórios.

Outros autores como Banks (1998), Carson II (2004) e Centeno & Carrillo (2001), também citam desvantagens do uso da simulação, como: - para desenvolver modelos há necessidade de treinamento especial; - os resultados podem ser de difícil interpretação e assim podem ser mal interpretados; - a fase de modelagem e análise, pode apresentar um alto custo e consumir muito tempo; - pode ser usada inadequadamente, por exemplo, quando uma solução analítica é passível de falhas; e ainda - se os recursos computacionais não forem apropriados, a programação de um modelo de simulação pode se tornar desgastante e dispendiosa.

Assim sendo, prós e contras devem ser analisados à luz da razoabilidade para se definir, em determinado processo, a viabilidade ou não da utilização dessa ferramenta como auxiliar na tomada de decisões.

2.4.3 Justificativa Para se Fazer Simulação

Tendo em vistas os aspectos descritos acima, analisando os fatores, percebe-se que para o estudo em questão, os aspectos negativos relacionados ao processo de modelagem e simulação são de fácil transposição, requerendo pouco esforço para que tais barreiras sejam superadas. Em contrapartida, a vasta gama de benefícios que podem ser alcançados utilizando-se desta ferramenta, devido a sua versatilidade e flexibilidade, pois “contempla a variabilidade do sistema, gerando resultados dinâmicos, de acordo com os parâmetros estabelecidos, possibilitando uma melhor visualização e entendimento do sistema real” (STEFFEN, 2005), optou-se então em fazer uso da simulação para análise dos processos estudados.

2.4.4 O Software ARENA[®]

Existem no mercado uma série de softwares utilizados para se fazer simulação, dentre os quais está o ARENA[®], lançado pela *Systems Modeling* em 1993, é um dos mais utilizados no mundo, tanto por empresas como por universidades (ALMEIDA, et al. 2006).

O ARENA[®] é um ambiente gráfico integrado de simulação. Não há necessidade de escrever nenhuma linha de código, pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual.

A Figura 1 apresenta a tela inicial do ARENA[®], no momento em que se inicia um novo ambiente de programação, modelo computacional.

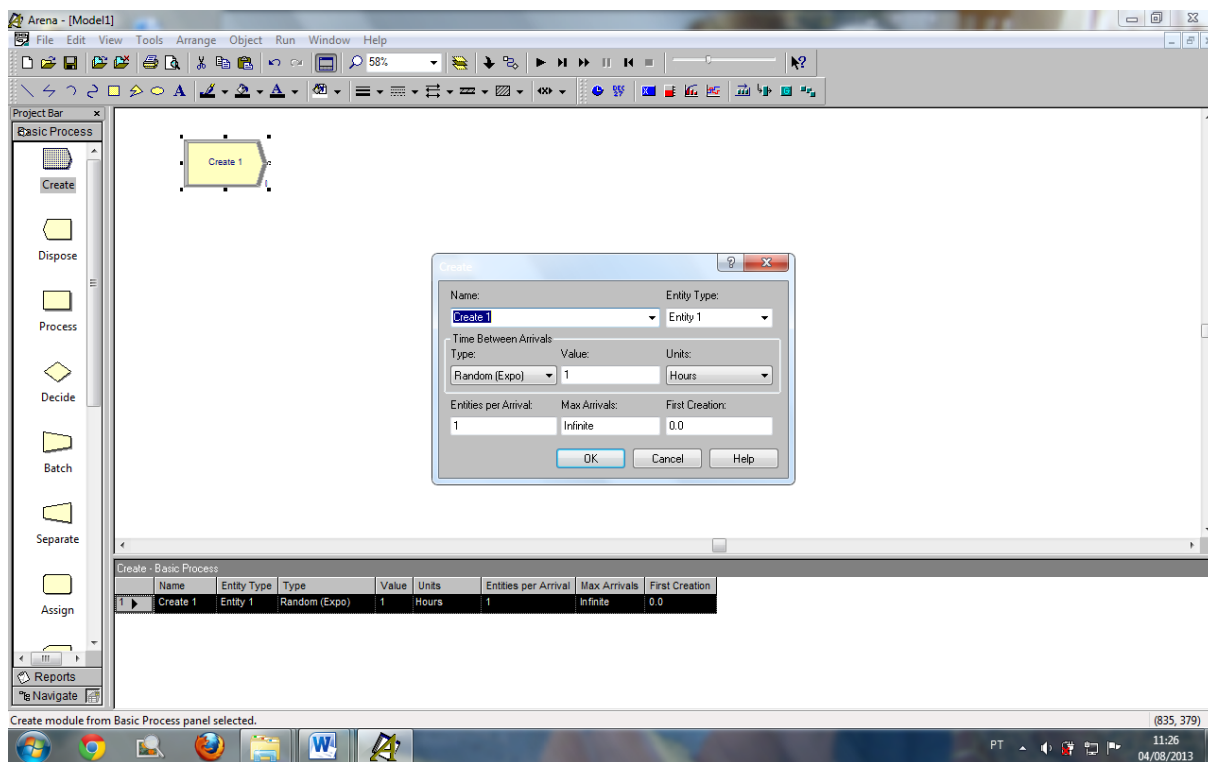


Figura 1 – Apresentação da tela inicial do software ARENA®

Fonte: Software ARENA®

Este software possui um conjunto de blocos utilizados para se descrever uma aplicação real, estes blocos funcionam como comando de uma linguagem de programação, sendo que possui facilidade de programação devido ao fato de terem sido projetados sob a ótica da simulação (PRADO, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Após serem levantadas as questões referentes ao assunto, é através de métodos científicos em uma pesquisa, que se busca comprovação (SILVA e MENEZES, 2001).

A realização da pesquisa é entendida também como a busca de respostas para determinados questionamentos, sendo que segundo Gil (1991) é determinada por dois grupos de razões principais, as razões de ordem intelectual e as de ordem prática, onde as primeiras buscam respostas do conhecimento por si só, enquanto as outras buscam o conhecimento com vistas a fazer algo de maneira mais eficiente ou eficaz.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Uma pesquisa pode ser realizada de vários modos diferentes, exigindo para isso, coerência epistemológica, metodológica e técnica, para o seu adequado desenvolvimento (SEVERINO, 2007).

Como se percebe pela Figura 2, as pesquisas são classificadas em quatro áreas gerais, quanto a natureza, objetivos, forma de abordar e procedimentos técnicos, que se desdobram, delineando cada qual conforme suas características.

Uma pesquisa, segundo Silva e Menezes (2001), pode ser classificada em quatro partes, descritas de uma maneira sintetizada pela figura a seguir:

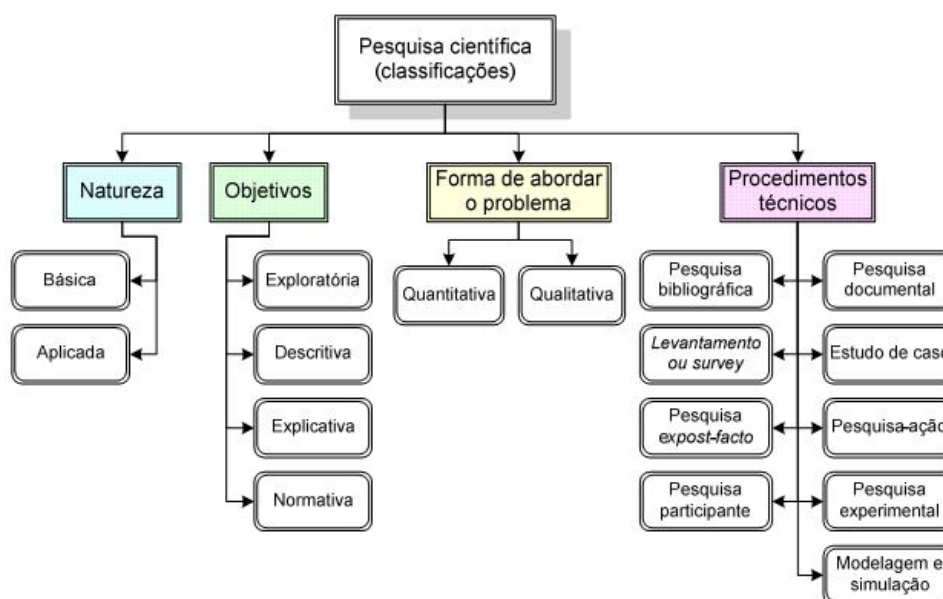


Figura 2 - Formas de classificação da pesquisa científica
 Fonte: SILVA; MENEZES (2005) apud BRIGHENTI (2006)

Descreve-se abaixo algumas características de cada área, enquadrando-se por conseguinte essa pesquisa, delineando-a.

3.1.1 Natureza da Pesquisa

Quanto à natureza as pesquisas podem classificar-se em básica, que busca tão somente o conhecimento, sem a necessidade de pôr este em prática, e aplicada, que busca obter o conhecimento para colocá-lo em prática, encontrando soluções para problemas característicos (SILVA E MENEZES 2001).

Assim, portanto, o referido trabalho consiste em uma pesquisa aplicada, uma vez que se pretende fazer uma análise dentro da panificadora com o fito de analisarem-se os processos, sugerindo possíveis melhorias que venham a ser observadas.

3.1.2 Objetivos da Pesquisa

A pesquisa com relação aos seus objetivos segundo Gil (2002) pode ser do tipo exploratória, descritiva ou explicativa.

O trabalho em questão está direcionado no sentido de ser uma pesquisa descritiva, pois busca informações a respeito do processo de panificação apenas por observação, registros e análises, sendo que a princípio não se tem intenção de interferência no processo. (RODRIGUES, 2005; ANDRADE, 2007).

3.1.3 Forma de Abordagem do Problema

Quanto a forma de abordagem, as pesquisas podem ser classificadas como qualitativas ou quantitativas.

Esse trabalho caracteriza-se pelo uso da quantificação de seus dados e no tratamento estatístico destes, o que lhe confere cunho quantitativo (RICHARDSON, 1999).

3.1.4 Procedimentos Técnicos Adotados na Pesquisa

Considerando os procedimentos técnicos que se pode adotar para a realização de uma pesquisa, estes podem ser de várias naturezas, podendo ser denominadas como:

Pesquisa experimental onde “É detalhada a forma usada para fazer a observação, a manipulação da variável independente, o tipo do experimento, o uso ou não de grupo de controle e a maneira do registro dos resultados.” (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007);

Pesquisa com modelagem e simulação que se caracteriza pela utilização da pesquisa operacional que trata da modelagem matemática para tomada de decisões (ARENALES et al., 2007);

Entre outras várias formas de pesquisa com relação aos procedimentos técnicos que não cabem ser salientados no referido estudo.

Considerando o exposto acima o trabalho em tela apresenta-se, portanto, como uma pesquisa experimental, com revisão bibliográfica e uso de modelagem e simulação.

3.2 A PANIFICADORA

A Empresa, objeto deste estudo, é uma panificadora localizada no município de Matelândia, conta atualmente com 16 funcionários, sendo destinados como responsáveis pela confecção dos pães franceses, apenas dois, um no turno da manhã e outro à tarde, que eventualmente recebem ajuda de qualquer outro funcionário que estiver sem ocupação no momento em que a massa estiver sendo preparada. A panificadora possui três áreas distintas, sendo duas dedicadas para a produção e outra destinada ao comércio dos produtos.

No setor de produção dos panificados, existe a distinção entre a área de produção específica para pães e outra destinada aos produtos de confeitaria, contudo algumas atividades relacionadas a confeitaria também fazem uso de equipamentos dispostos na área de panificação, como no caso da masseira, fornos e outros.

Os equipamentos dispostos na área de produção da panificadora são os seguintes:

- Masseira – que tem a função de misturar os ingredientes das massas, a empresa dispõe de duas masseiras, sendo uma pequena e outra grande, utilizadas conforme a demanda de massa a ser processada;
- Sovadeira ou Cilindro – utilizado para sovar as massas (esticar a massa para se atingir textura necessária);
- Balança – a empresa possui uma única balança na área de produção, utilizada tanto para fazer as medições dos ingredientes, quanto para pesar as porções de massas no momento de sua segregação durante o processo.
- Mesa para descanso de massas – o setor dispõe de duas mesas para essa finalidade;
- Divisora – equipamento utilizado para dividir a massa de pão francês em porções iguais, correspondentes a um pão cada.
- Modeladora – utilizada para esticar e enrolar as massas dos diferentes tipos de pães, dando-lhes seu formato final;

- Estufas móveis – equipamento que possui suportes para grades, nas quais as formas, após cheias, são colocadas e ficam aguardando o crescimento dos pães;
- Fornos – nos quais é feito o processo de assar as massas, sendo que a empresa dispõe de dois, um maior, outro menor, usados conforme a demanda da massa.
- Esqueletos para descanso dos produtos acabados – suporte semelhante às estufas, onde os produtos assados aguardam o tempo necessário para seu resfriamento.

Ainda no setor de produção há um bebedouro junto à pia onde os funcionários lavam as mãos e utensílios como colheres, facas, formas, travessas e outros.

Os equipamentos podem ou não ser utilizados para processos diferentes, conforme a massa que se vai preparar.

Devido ao fato de não existirem ainda planilhas de controle da produção, não foi possível aplicar-se a ferramenta do Diagrama de Pareto, sendo a determinação dos que mais se destacam, feita conforme a indicação da proprietária e subsequente comprovação junto ao funcionário responsável pelo setor de panificação e ainda pela observação do andamento dos serviços *in loco*, onde identificaram-se quatro tipos de pães os quais absorvem, juntos, cerca de 80% da mão de obra alocada pela empresa para a área de panificação. Sendo destes o pão francês, aquele que absorve maior mão de obra.

3.2.1 Descrição do Processo Produtivo do Pão Francês

Segundo os dados colhidos junto aos funcionários envolvidos no processo e ainda a proprietária gerente, o pão francês é o produto que dispense maior tempo de preparação, devido ao grande volume de saída, sendo que as etapas de preparação deste seguem-se a seguir:

1. Trazer as matérias primas do estoque e pesá-las;
2. Dispor os ingredientes na masseira grande e misturá-los;

3. Sovar a massa misturada, no cilindro;
4. Colocar a massa na mesa de descanso, onde está a balança;
5. Cortar a massa e pesar porções de 2,05 Kg cada;
6. Levar as porções para serem subdivididas na divisora, em trinta porções, relativas a um pão cada;
7. Levar a massa para a modeladora;
8. Modelar e dispor a massa em formas, cada uma com vinte e cinco pães e dispô-las nas estufas;
9. Levar as estufas cheias até ao lado dos fornos, onde a temperatura é ideal para o crescimento da massa;
10. Levar os pães crescidos ao forno grande;
11. Levar os pães assados para o esqueleto para resfriarem.

Para o funcionamento da panificadora, que precisa oferecer pães frescos logo cedo todos os dias, um funcionário inicia os trabalhos quatro horas da madrugada, momento em que assa os pães preparados no dia anterior e ainda prepara outras três receitas (38 kg de massa cada – referentes a 525 pães), deixando os pães nas estufas, para serem assados na parte da tarde, além de outras atividades. Na parte da tarde, outro funcionário prepara outras receitas e as deixa crescendo para serem assadas de madrugada, sendo que este funcionário prepara duas receitas de domingo a quinta-feira e três na sexta-feira e sábado, sendo ainda que no sábado tal atividade é realizada no período noturno.

Assim sendo, o tempo despendido no processo de fabricação do pão, somados os tempos de ambos os funcionários é de cinco receitas por dia de domingo até quinta-feira e de seis na sexta-feira e sábado, considerando que para cada receita são despendidos em torno de 75 minutos, perfazem-se totais de 6h15m e 7h30m respectivamente.

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados é o momento em que se parte em direção das informações necessárias para o estudo por meio dos instrumentos de pesquisa.

Neste sentido Cervo e Bervian (2007) completam que, “há diversas formas de coleta de dados, todas com suas vantagens e desvantagens. Na decisão do uso de uma forma ou de outra o pesquisador levará em conta a que menos desvantagens oferecer, respeitando os objetivos da pesquisa”.

A coleta de dados é uma parte fundamental do processo de simulação, pois o insucesso nesta etapa compromete todo o trabalho. A coleta deve ser realizada de forma direta por observação e medição dos tempos das atividades que compõem o processo e por acesso a dados históricos da empresa.

No referido estudo os dados sobre produtos com maior rotatividade e portanto mais relevantes, foram coletados junto à proprietária gerente do estabelecimento e dos funcionários envolvidos no processo em questão, que forneceram de forma empírica, uma vez que não existe ainda o controle destes dados por planilhas de controle, não sendo possível, portanto, aplicar as técnicas do diagrama de Pareto.

O processo foi dividido em cinco grupos principais para análise, uma vez que analisar todos os detalhes envolvidos traria uma elevada complexidade ao estudo, conforme segue a seguir:

- 1.Masseira – que envolve o processo desde a colocação dos ingredientes na máquina que os mistura, até o momento em que esta é desligada e a referida massa é encaminhada à sovadeira.
- 2.Sovadeira – processo onde a quantidade inicial é dividida em duas porções, sendo que enquanto uma é processada a outra aguarda, para o estudo em tela, cada tempo é relativo a cada porção citada.
- 3.Corte e pesagem das porções – quando a porção termina de ser sovada é disposta em uma mesa e é cortada e pesada em porções menores, com 2,05 Kg cada, sendo que os tempos coletados são relativos a esta operação, iniciando-se no momento em que o operário inicia o corte e terminando com a disposição desta porção em local de onde será encaminhada ao próximo processo.

4. Divisora – cada porção de 2,05 Kg é colocada na máquina divisora e com uso de força física é exercida uma pressão que, devido à máquina ser equipada com guilhotinas internas, subdivide a referida porção em 30 porções menores, relativas a um pão cada, sendo então colocada em local de onde serão encaminhadas à modeladora.
5. Modeladora – com todas as porções divididas, inicia-se o processo de modelagem, no qual os pães são inseridos manualmente, dois a dois, em uma máquina provida de rolos que os moldam em seus formatos definitivos e os expõem prontos na outra extremidade, onde o mesmo funcionário deve retirá-los e acondicioná-los em bandejas com capacidade para 25 unidades cada e quando está completa deve ser colocada em um esqueleto de onde irão para a estufa, sendo os tempos coletados relativos ao processo, desde a colocação dos pães até o momento em que a bandeja é colocada no esqueleto.

O tempo de crescimento das massas e o processo de assar os pães, não foram analisados no estudo devido a serem tempos relativamente fixos e dispõem pouca mão de obra.

Para fazer as devidas cronometragens dos tempos, foi utilizado um computador tipo notebook marca “JCE”, com processador “Intel – Core™2 Duo”, com o qual, com auxílio do programa Snap Time Pro, que funciona como um cronômetro que registra os diversos tempos verificados em uma lista de dados e os salva como um documento do *Word*, os tempos foram tomados. Sendo que após as tomadas de todos os tempos relativos ao processo todo, estes foram compilados e tabulados separadamente cada qual relativo à sua fase do processo, em tabelas do aplicativo *MS Excel*.

3.3.1 Tamanho da Amostra

O tamanho das amostras, a serem cronometradas neste trabalho, foi obtido, para um nível de confiança de 95%, através da seguinte expressão (MORROCO, 2003):

$$n_A = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{E} \right)^2 \quad (1)$$

Equação 1 – Determinação do tamanho da amostra

onde:

n_A - número de indivíduos da amostra;

$Z_{\alpha/2}$ - valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado (no caso, para um grau de confiança de 95% é igual a 1,96);

S- desvio padrão; e

E- erro máximo estimado.

Análise esta, que foi feita após uma cronometragem preliminar, onde foram tomados uma série de tempos de cada processo e com base nestes foi calculado o número mínimo de cronometragens que deveriam ser feitas, dos quais resultaram as seguintes quantidades:

- Número mínimo de cronometragens no corte e pesagem igual a 19,2, sendo arredondadas para 20;
- Número mínimo no corte com a divisora igual a 69,15, arredondadas portanto para 70;
- Número mínimo na modeladora igual a 96.

Considerando que o processo é dependente entre si e a cada vez que se processa uma porção de massa de aproximadamente 36 Kg, derivam-se um determinado número de sub processos, utilizou-se as referidas cronometragens mínimas de forma que todas fossem atingidas, independente das outras, ou seja, enquanto não fosse atingido número mínimo na última exigência, as cronometragens das outras continuavam a ser feitas, o que resultou nos seguintes números de cronometragens para cada processo:

- Corte e pesagem de porções – 20 cronometragens;
- Corte com a divisora – 160 cronometragens;
- Modeladora – 142 cronometragens.

Desta forma, uma vez que todos os valores mínimos foram ultrapassados, foi conferido um grau satisfatório de confiança à coleta de dados.

Os tempos relativos à masseira e à sovadeira, não foram tratados da mesma forma devido a serem processos com tempos relativamente fixos, uma vez que são realizados de forma mecânica, com interferência humana insignificante. Sendo que para tais dados foram estipulados tempos médios fixos, para fins de modelagem do processo.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Devidamente cronometrados e tabulados, os dados devem ser estudados, de forma a retirar-se destes, informações buscadas no contexto do estudo. Portanto, uma série de análises foram feitas, no sentido de buscar as respostas às questões sugeridas no referido trabalho.

3.4.1 Análise Estatística dos Dados

Buscando a validação dos dados colhidos, foi aplicada a técnica de identificação de *outliers* (valores fora da normalidade) apresentada na Tabela 1. 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 serão descartados das amostras, depois de uma análise criteriosa de suas causas. Os valores julgados como possíveis de ocorrer devem ser mantidos nas amostras (CHWIF; MEDINA, 2007).

Tabela 1 - Identificação de *outliers*

Outliers
$A=Q3-Q1$
Valor $< Q1-1,5A$ - Outlier Moderado
Valor $> Q3+1,5A$ - Outlier Moderado
Valor $< Q1-3,0A$ - Outlier Extremo
Valor $> Q3+3,0A$ - Outlier Extremo

Fonte: CHWIF; MEDINA, 2007.

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 verificar a correlação entre os dados e ainda 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[®]. Os valores-p dos testes de aderência: teste qui-quadrado e do teste Kolmogorov-Smirnof, devem ser maiores, em todos os casos a serem analisados, que o nível de significância adotado (0,1).

No planejamento da análise de dados concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis: Tempo na Masseuria (TMas=1565s); Tempo na Sovadeira (TSov=378s); Tempo de Corte e Pesagem (TCoPes); Tempos na Divisora (TDiv) e Tempos na Modeladora (TMod). Os demais 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 foi realizada com o *software* ARENA[®], e os resultados analisados nas ferramentas *Output Analyzer* e *Process Analyzer*.

3.4.2 Número de Replicações

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 (FREITAS FILHO, 2008)::

1. Fazer uso das observações individuais dentro de cada replicação. Por exemplo, pode-se simular o processo e utilizar o tempo que cada item esperou na fila de determinada máquina, para realizar uma estimativa do tempo médio de espera na fila. Neste caso, o tamanho da amostra será igual à quantidade de itens 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.

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

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

Equação 2 – Cálculo do número de replicações

onde:

n - número de replicações já realizadas;

h - semi-intervalo de confiança já obtido; e

h^* - semi-intervalo de confiança desejado.

3.4.3 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: (i) calculado o erro médio estimado; (ii) feita análise das médias de tempo de processo do sistema real com o computacional através de gráfico de *boxplot* comparativo.

$$SE = \sqrt{\frac{(SR - MD)^2}{GLR}} \quad (3)$$

Equação 3 – Erro médio estimado do modelo computacional

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 (MONTEGOMERY, 2005).

4 RESULTADOS E DICUSSÃO

Verificados todos os preceitos acima, com relação aos dados coletados, foram feitas então os devidos tratamentos e análises, das quais observaram-se os seguintes resultados.

4.1 TRATAMENTO DOS DADOS

Foi realizada uma avaliação descritiva completa dos dados coletados na panificadora no software Statistica[®] versão 10. A Tabela 1 apresenta os dados coletados no processo de modelagem (TMod).

Tabela 2 - Análise de dados - TMod.

Parâmetro analisado	TMod
Pontos	142
Média	75,93 s
Mediana	74 s
Mínimo	39 s
Máximo	110 s
1 Quartil (Q1)	65 s
3 Quartil (Q3)	87 s
Desvio Padrão	15,36
Coeficiente de Variação	20,23 %

Fonte: O autor

Após realizar a análise exploratória, os dados foram plotados em forma de *boxplots* (Figura 3), para uma análise preliminar do comportamento das observações, então aplicou-se a técnica de identificação de *outliers*, conforme já descrito.

A Figura 3 mostra a existência dos *outliers* (pontos discrepantes), que após análise, junto ao banco de dados, não tiveram uma explicação satisfatória de sua existência, sendo atribuídos assim a possíveis erros de coleta e, portanto, foram excluídos do estudo, acontecendo da mesma forma para os outros blocos de dados.

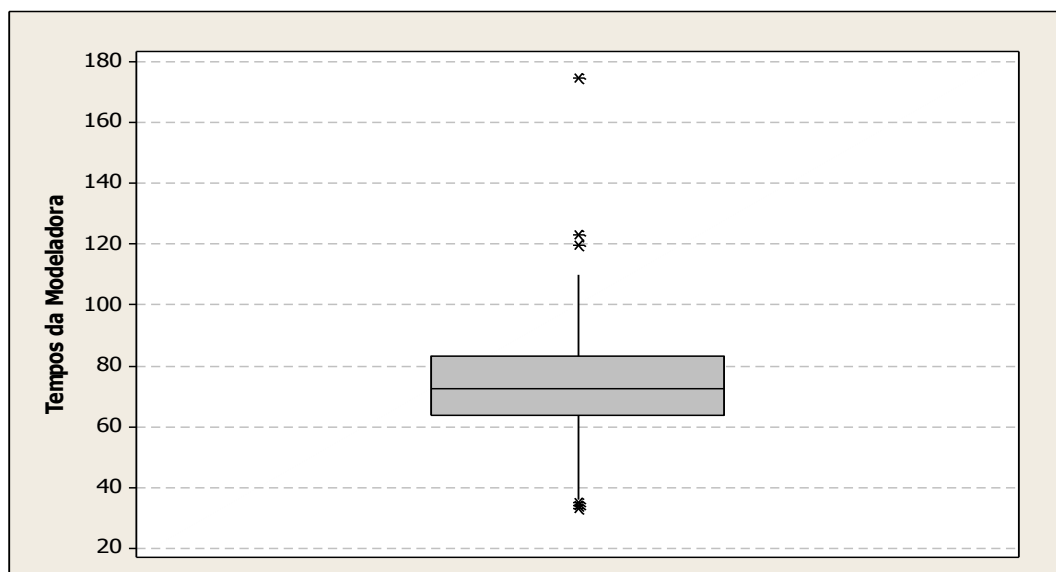


Figura 3 – Gráfico *boxplot* dos tempos da modeladora

Fonte: O autor

Após a utilização da técnica de identificação dos *outliers*, o passo seguinte foi a análise de correlação entre os dados, ou seja, verificar se há dependência entre os valores.

Na Figura 4, são apresentados os tempos coletados no processo de modelagem dos pães, sendo que tal dispersão indica no sentido de não existir correlação entre as observações das amostras, corroborando assim para a validação da coleta de dados.

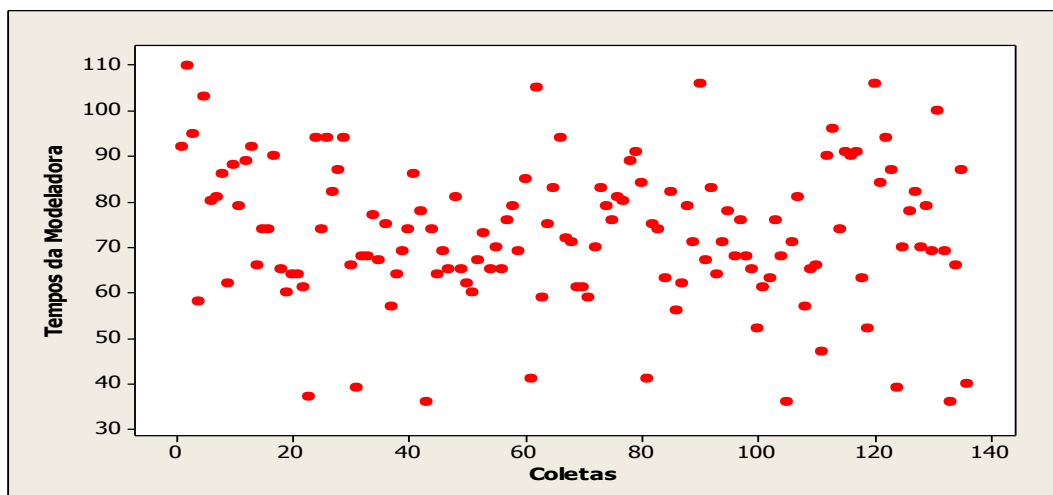


Figura 4 - Dispersão dos tempos da modeladora

Fonte: O autor

Após a análise dos dados, através de técnicas estatísticas (MARIN; TOMI, 2010), 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 valores-p encontrados nos testes de aderência: teste Qui-quadrado 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 3, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

Tabela 3 - Distribuições de probabilidade

Itens	Distribuição (S)
TCoPes	TRIA(128, 159, 232)
TDiv	6.5 + ERLA(2.46, 5)
TMod	NORM(72.9, 15.4)

Fonte: O autor

Tais distribuições são específicas do *software Arena*[®], geradas quando os dados são analisados no *Input Analyzer*, não sendo usuais, carecendo assim de esclarecimentos, significam respectivamente:

- TRIA - distribuição triangular, é a distribuição de probabilidade contínua que possui um valor mínimo “a”, um valor máximo “b” e uma moda “c”.
- ERLA – distribuição Erlang, é a distribuição da soma de n variáveis aleatórias, independentes e identicamente distribuídas exponencialmente.
- NORM – distribuição normal, que é inteiramente descrita por seus parâmetros de média e desvio padrão.

Nas Figuras 5, 6 e 7 são apresentadas as curvas das distribuições de probabilidades obtidas por meio do *Input Analyzer* do Arena[®].

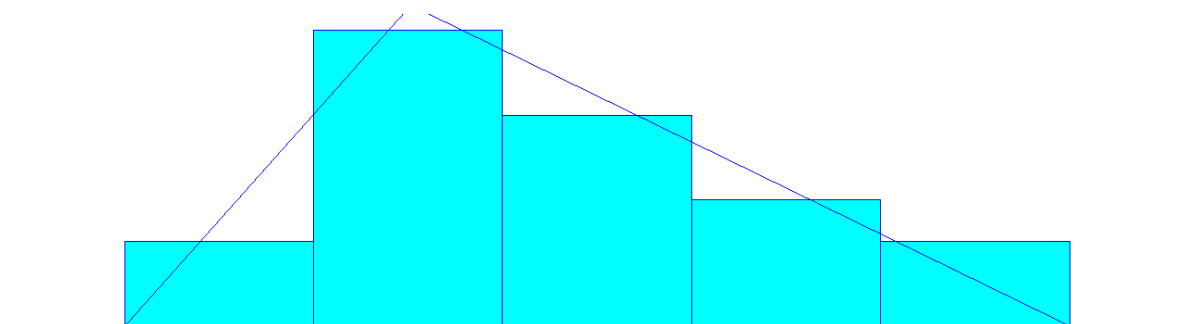


Figura 5 – Gráfico de distribuição de probabilidade – TCoPes.

Fonte: O autor

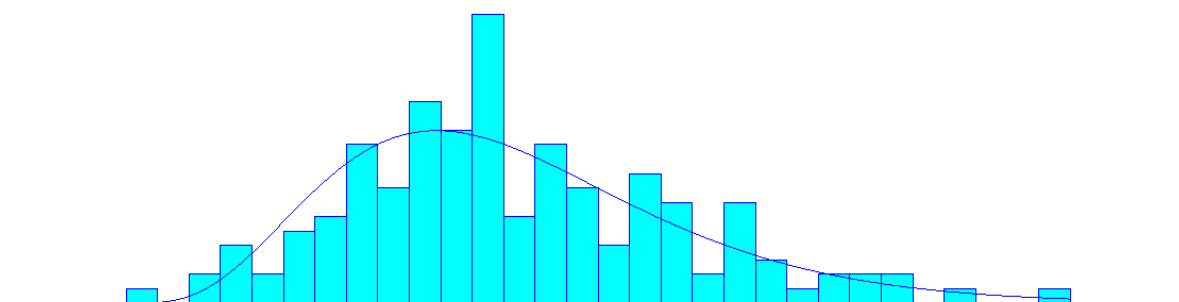


Figura 6 – Gráfico de distribuição de probabilidade – TDiv.

Fonte: O autor

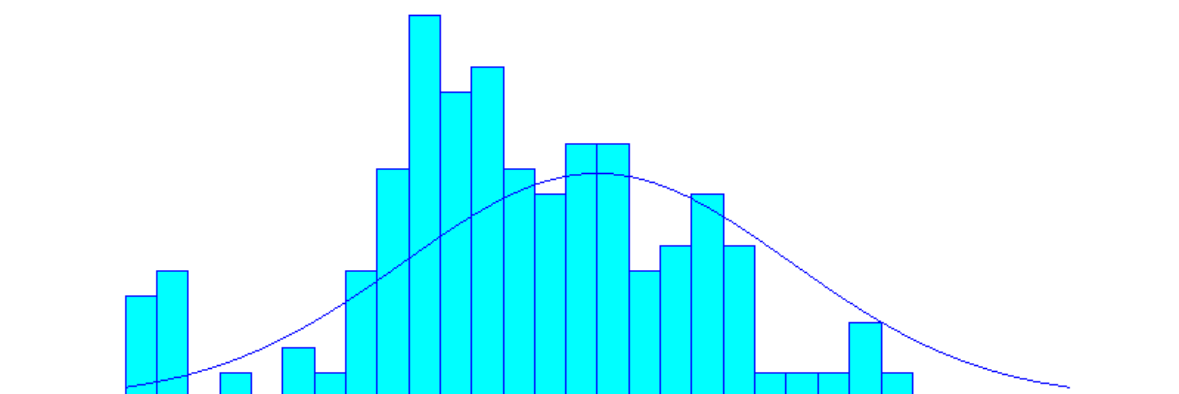


Figura 7 – Gráfico de distribuição de probabilidade – TMod.

Fonte: O Autor

De posse destes resultados procedeu-se em seguida à implementação no *software* ARENA[®], com a respectiva construção do modelo computacional, que é o parâmetro de análises iniciais, onde poderão ser feita modificações e comparações entre este e os novos cenários sugeridos.

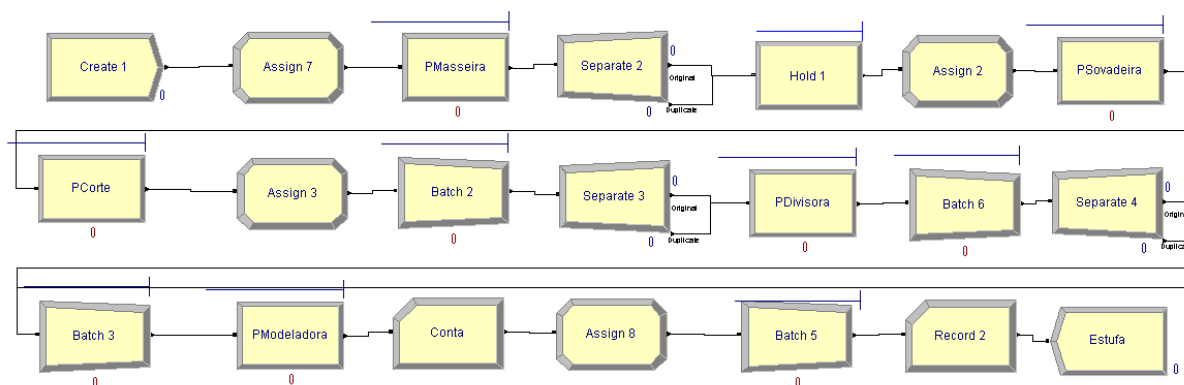


Figura 8 - Modelo computacional.

Fonte: O autor

Contudo, antes de se iniciarem as análises comparativas entre o cenário atual e os futuros, é necessário fazer-se a devida verificação a fim de comprovar que a distribuição implementada no *software* corresponda à realidade do processo em estudo.

4.2 VALIDAÇÃO DO MODELO COMPUTACIONAL

Inicialmente, a validação, do modelo computacional, foi realizada por meio da técnica face a face onde o modelo foi executado para os funcionários da panificadora que o consideraram correto.

Na sequência realizou-se uma comparação (Tabela 4 – Figura 9) entre a média obtida do sistema real com a média gerada pelo modelo para a variável Tempo do Processo de produção de 1 lote de pães (TP). Nesta tabela apresenta-se o erro médio estimado (SE, em decimal), relativo à comparação entre os casos.

Tabela 4 - Dados do sistema real e do modelo.

Tempo de Processo Total – TP		
Sistema Real	Modelo Computacional	SE
75±5	75,9±0,7	0,23

Fonte: O autor

Como se observa, o valor do erro médio é baixo, indicando a fidelidade satisfatória entre o modelo implementado e o processo real, contudo para reforçar as conclusões e distanciar ao máximo possíveis erros na construção do modelo, foi ainda analisada a dispersão dos resultados, de ambos os casos, gerando-se um gráfico de *boxplot*, conforme Figura 9, onde se verificou a correspondência dos dados, uma vez que pode se observar a dispersão dos dados do modelo computacional compreendida entre o espaço de dispersão do modelo real.

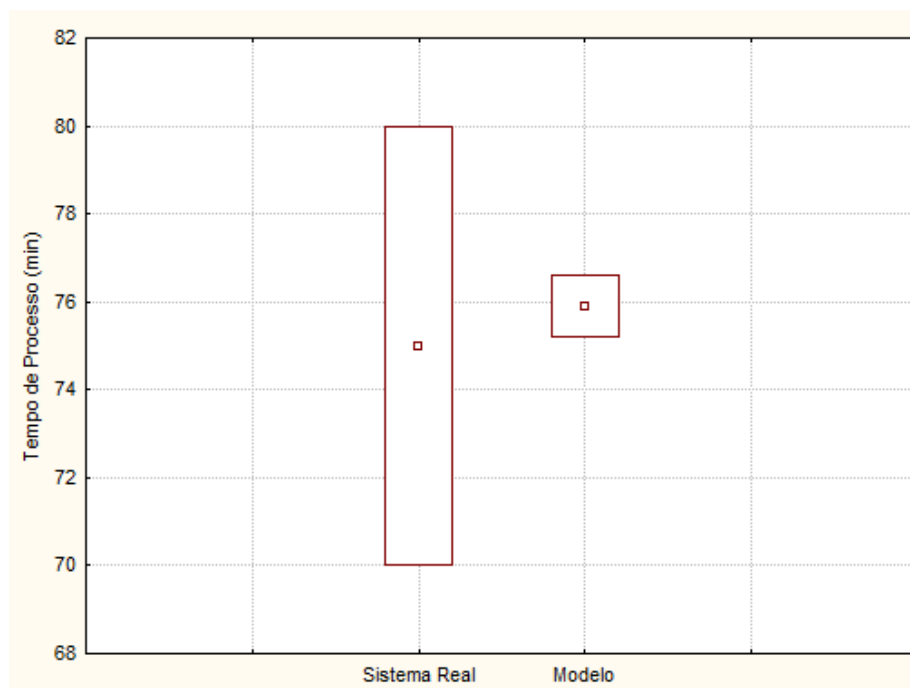


Figura 9 – Gráfico de *boxplot* comparativo – Sistema Real x Modelo.
Fonte: O autor

Podendo concluir-se portanto, através da análise dos resultados da Tabela 4 e da Figura 9, que o modelo computacional apresenta uma boa aproximação, em relação ao tempo do processo real de produção.

4.3 NÚMERO DE REPLICAÇÕES

Uma vez validado o modelo, procedeu-se a busca com relação ao número de vezes que a simulação teria que ser replicada a fim de se obter uma quantidade de dados satisfatória para análise, conforme discutido anteriormente, sendo que inicialmente o modelo foi replicado 15 vezes e a partir daí, feitas as devidas análises, que demonstraram que o intervalo de confiança dos dados com tal quantidade de replicações mostrou-se satisfatório.

4.4 SIMULAÇÃO DO PROCESSO

Vencidas as etapas preliminares pôde-se passar, segundo o método de pesquisa, para a etapa de análise. Nesta etapa o modelo computacional, agora denominado operacional, passa a trabalhar para o modelador com o intuito de responder aos objetivos do projeto de simulação.

4.4.1 Cenários com Aumento de Funcionários na Modeladora

Observou-se de dados coletados junto aos funcionários da empresa que o “gargalo” principal do sistema em estudo está no processo de modelagem dos pães.

Para analisar este processo, foram propostos três cenários com o objetivo de observar a resposta do sistema a partir de alterações no número de funcionários que atuam no processo de modelagem. O indicador de desempenho utilizado para a análise é o tempo de processo de fabricação de um lote de pão francês (525 unidades).

- Cenário 1 (atual): Processo de produção de 1 lote com 1 funcionário;
- Cenário 2: Processo de produção de 1 lote com 2 funcionários;
- Cenário 3: Processo de produção de 1 lote com 3 funcionários.

Na Tabela 5 apresentam-se os resultados obtidos da simulação do sistema, para os três cenários. Observa-se que os resultados foram obtidos após 15 replicações.

Tabela 5 - Resultados de simulação dos cenários 1, 2 e 3.

Cenário	Nº de Funcionários	Tempo de Produção (min)	Δt (min)
1	1	75,9	-
2	2	64,1	11,8
3	3	60,1	4

Fonte: O autor

A partir dos dados apresentados na Tabela 5 pode-se observar que o melhor tempo de produção encontrado foi para o sistema com 2 funcionários na

modeladora. Observa-se que para o tempo de produção de 75,9 minutos o cenário 2 produz 200 pães a mais que o cenário atual.

Para este cenário, sugere-se que no momento em que fosse iniciar o processo de modelagem dos pães, um funcionário fosse realocado de algum outro setor, como do balcão por exemplo, para auxiliar o padeiro especificamente nesse processo, evitando assim um aumento de gastos com contratação de mão de obra.

Para o funcionário da madrugada, que fica sozinho até as 06h00m da manhã, sugere-se que deixasse o processamento de pães franceses para este horário, de forma que quando chegasse na modeladora, já tivesse alguém para ajudá-lo.

Desta forma, seriam diminuídos cerca de sessenta minutos de domingo a quinta e setenta e dois minutos sexta e sábado, a cada dia, no processo relativo à fabricação desse tipo de pão. Tempo este que poderia ser reduzido da carga horária noturna e também de finais de semana, dos funcionários, reduzindo assim, as despesas com horas extraordinárias destes, além de proporcionar um horário mais confortável de trabalho.

4.4.2 Cenário com Dois Funcionários em Toda a Linha

Para simular a linha toda com dois funcionários, foram feitos ajustes no modelo, sem alterar sua estrutura e assim verificar qual o comportamento do processo neste caso.

Entretanto, com esta configuração não é possível simular o processo como anteriormente, onde cada receita era “rodada” no sistema e depois replicava-se as necessárias vezes e então podiam ser feitas as devidas considerações, pois aqui como são dois funcionários, o processo toma forma de linha contínua, onde, quando uma receita estiver “no meio do processo”, outra já estará iniciando pela mistura na masseira que é processo mecânico. Ainda, não há a necessidade de uma parte da massa ficar aguardando em fila para ser sovada, uma vez que enquanto um funcionário estiver fazendo o corte e pesagem, outro já poderá sovar a segunda parte da massa e ainda repor os ingredientes para a próxima receita, o que torna o processo muito mais dinâmico, do que decorre ser necessário analisar o processo de forma mais ampla, como por exemplo, um dia de serviço.

Além disso, não há parâmetro para comparação com modelo real, contudo, como a estrutura inicial do modelo não sofreu alteração, supõe-se que seus resultados sejam aproximados, devido à validação inicial.

Como a cada semana são preparadas 31 receitas, procurou-se inicialmente simular qual o tempo necessário para tal, de forma ininterrupta e assim comparar estes tempos com os respectivos tempos reais igualmente necessários para as 31 receitas, como se observa na tabela abaixo.

Tabela 6 – Comparativo de tempos – 1 funcionário X 2 funcionários

Cenário	Nº de Funcionários	Tempo de Produção (min)	Δt (min)
1	1	2352,90	-
2	2	840,65	1512,25

Fonte: O autor

Percebe-se assim uma redução expressiva no tempo de processo, mas há que se ponderar o fato de serem dois funcionários e assim, ao serem analisados os tempos de médias de produção, em função de funcionários, em cada caso, verificou-se o seguinte:

Tabela 7 – Comparativo de tempos médios por lote e por funcionário

Cenário	Nº de Funcionários	Tempo de Produção (min)	Δt (min)
1	1	75,9	-
2	2	57,4	18,5

Fonte: O autor

Com este cenário, portanto percebe-se uma redução de 18,5 minutos no processo, o que representa em torno de 24% de economia de tempo.

Contudo, mesmo diante da perceptível economia, ainda há que se fazer considerações, uma vez que tal configuração requer exclusividade de dois funcionários ao referido processo, que quando simulado em função de turnos de trabalho diário de oito horas representou 14 horas de trabalho, praticamente dois dias da semana dedicados a esta atividade. Além disso, há o fato de que os pães devem ser fracionados de forma a serem oferecidos frescos, assim sendo existiria a

necessidade de congelar certa quantia de pães, o que traria um aumento de despesas.

Outra sugestão possível de análise, a partir do cenário com dois funcionários em toda a linha, seria a questão de criar-se um setor exclusivo para fabricação de pães, com vistas a dedicar-se ao referido processo e fornecer pães congelados a outras panificadoras. Para isso buscou simular-se quantos pães poderiam ser produzidos com o trabalho dos dois funcionários trabalhando 8 horas, do que resultou uma quantia de 9650 unidades por dia, ou seja, trabalhando cinco dias por semana, um total de 48.250 pães. Como a demanda da panificadora em estudo é de cerca de 16.275 unidades por semana, restariam 31.975 pães, para serem comercializados com outras panificadoras.

No município, além da referida panificadora, existem ainda cerca de sete estabelecimentos congêneres, os quais poderiam absorver a oferta.

O pão francês é visto pelas panificadoras como um produto “abacaxi”, ou seja, apresenta pequena margem de contribuição líquida, mas que não pode deixar de ser oferecido aos clientes.

Assim, por esta proposta, as panificadoras poderiam diminuir seus custos fixos com funcionários e equipamentos ligados com a produção deste tipo de pão, sem descontinuar sua oferta, pois precisariam dispor apenas de um forno em seus estabelecimentos, a fim de assar os pães, podendo assim concentrar seus esforços nos produtos que consideram mais vantajosos financeiramente, enquanto que a referida panificadora, concentrando um maior volume de produção no setor em questão poderia observar uma redução de custos, viabilizando economicamente o processo.

4.5 DISCUSÃO DOS RESULTADOS E DAS PROPOSTAS DE MELHORIAS

Após as considerações acima, em suma, verificou-se que devidamente tratados, os dados apresentaram-se confiáveis e a partir daí foram criadas as respectivas curvas de confiança, relativas à dispersão destes, com o fim de implementarem-se tais dados no modelo computacional, o qual foi devidamente

experimentado e comparado com o processo atual, demonstrando ter elevado grau de confiabilidade, passando-se a partir daí a fazerem-se as devidas análises.

Foram sugeridas três propostas, onde a primeira consiste em realocar um funcionário de outro setor para a modeladora somente no horário de uso desta, sem aumentar custos para a empresa com contratação de mão de obra, sendo que tal redução de tempo poderia ser diminuído de horários noturnos e de finais de semana dos dois panificadores, trazendo melhores condições de trabalho a estes.

Na segunda sugere-se contratar outro funcionário para auxiliar na produção do pão francês, porém isso aumentaria custos e a panificadora não tem previsão de aumento de demanda que justificasse tal aumento, não sendo aplicável ao caso.

Ainda considerando a contratação de funcionário, sugere-se criar uma linha exclusiva para este processo e assim dedicar-se à fabricação do pão francês para ofertá-los a outras panificadoras apenas para serem assados por estas, trazendo assim reduções de custos relativos à mão de obra e equipamentos, refletindo em melhores ganhos para a empresa e em horários mais convenientes aos funcionários.

Contudo, nas três propostas existe a necessidade de uma tecnologia ainda não utilizada, que é o congelamento dos pães modelados, sendo assim necessário avaliar o aumento de custos relativos a isso. Pesquisas de mercado de equipamentos indicam que o investimento em aparelhos de congelamento, gira em torno de R\$ 2,00 (dois reais) por pão a ser congelado, assim, conforme cada caso observar-se-ia investimentos conforme as tabelas abaixo:

Na Tabela 8, é demonstrado os custos relativos no caso de realocação de um funcionário de outro setor para a modeladora, somente no horário necessário, o que traria uma redução com custos de mão de obra, referente a trabalho noturno e de finais de semana e como nessa formatação de processo, apenas uma pequena parcela dos pães precisaria ser congelada, observa-se o seguinte:

Tabela 8 - Custos com a implantação do cenário 1

Item	Custo (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Mão de obra	- 2,60 (hora ext.)	29,6 (mensal)	- 76,96
Freezer para pães	2,00	1000	2.000,00

Fonte: O autor

Demonstrando um investimento relativamente baixo, além da redução de custos com mão de obra, sendo que, com tal redução, o investimento seria resgatado no prazo estimado de 26 meses.

Na tabela 9, há o demonstrativo de despesas com a contratação de um funcionário auxiliar na linha de panificação:

Tabela 9 - Custo com mão de obra

Despesa	%	Auxiliar (R\$)
Salário Bruto		770
Sub Total		770
Provisão de Férias	8,33	64,14
Provisão de 130		
Salário	8,33	64,14
1/3 Férias	2,78	21,41
Sub Total		919,69
Previsões	7%	64,38
Previdência Social	8%	73,57
FGTS	8%	73,57
Total		1.131,21
Nº de Funcionários		1
Custo Total		1.131,21

Fonte: O autor

Ainda, no caso de uma linha exclusiva, a produção diária seria de 9650 pães por dia, dos quais a panificadora assa diretamente 1.850 unidades, que não precisariam ser congelados, restando em torno de 7800 para congelar, do que resulta um investimento, total, conforme Tabela 10:

Tabela 10 - Custos com a implantação do cenário 2

Item	Custo (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Funcionário	1.131,21 (Mensal)	1	1.131,21
Freezer para pães	2,00	7.800	15.600,00

Fonte: O autor

Observa-se neste cenário um investimento maior e o acréscimo de despesas de mão de obra, contudo seria possível comercializar o excedente de pães, que no

caso seriam de 7.000 unidades ao dia, uma vez que dos congelados 800 ainda seriam necessários para suprir a demanda da própria panificadora, assim, considerando que o custo com ingredientes gira em torno de R\$ 0,086 por pão, a depreciação dos equipamentos seria insignificante, uma vez que os mesmos já utilizados seriam empregados, o aumento de energia elétrica para o processo, estimado em R\$ 150,00 mensais, oneraria o custo em mais R\$ 0,001 por pão e ainda considerando outros custos indiretos (limpeza, espaço, iluminação, comercialização, etc), outros R\$ 0,003 seriam acrescidos, teria-se um preço de custo final em torno de R\$ 0,09. Uma vez que o preço de venda final do pão francês é de aproximadamente R\$ 0,35 a unidade, os pães congelados poderiam ser vendidos a R\$ 0,18, dando uma boa margem de lucro ao vendedor final e mesmo assim seria observado uma contribuição líquida de R\$ 0,09 por unidade.

Nesse contexto, ponderando que seriam vendidos 140.000 unidades por mês, tem-se um ganho mensal de R\$ 12.600,00, descontando-se daí a mão de obra, restariam em torno de R\$ 11.450,00. Tendo-se assim o retorno do capital investido em menos de dois meses.

Portanto, em ambos os casos, realocação de um funcionário na modeladora somente no horário necessário, ou contratação de um funcionário extra para linha, existem vantagens, ficando a cargo do administrador decidir qual das opções lhe parece mais atrativa:

- Pouco investimento, com retorno lento, mais voltado para o bem estar profissional dos funcionários;
- Maior investimento, com aumento de operários e de volume de trabalho, voltado para a ampliação do ramo de atuação da empresa.

Cabe ainda frisar-se que as análises de custos e demanda, feitas nesse trabalho foram superficiais, pois não eram objeto do atual estudo tais considerações, sendo assim, restam como sugestões de estudos futuros tal aprofundamento, em especial no que tange à assuntos relativos à:

- Análise da demanda de pão congelado;
- Análise detalhada dos custos de processo do pão francês;
- Análise de riscos do investimento; entre outros.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentou-se a metodologia utilizada na implementação do modelo computacional usado para simular a dinâmica operacional do processo de produção de pão francês de uma panificadora de pequeno porte, localizada no município de Matelândia – PR.

Observou-se, através dos resultados obtidos de simulação, que a realocação de um funcionário no processo de modelagem, reduz o tempo de produção de um lote de 525 pães franceses em aproximadamente 12 minutos.

Apresentou-se ainda proposta de criar uma linha exclusiva para fabricação do pão francês, com a contratação de mais um funcionário e compra de equipamentos necessários, aumentando a produção, sendo o excedente congelado para venda a outras panificadoras, trazendo um incremento produtivo à empresa em estudo.

Deve-se destacar ainda que o potencial de uso da simulação é inexplorado em diversos contextos brasileiros, principalmente, em pequenas e médias empresas e que estudos deste tipo contribuem para a aproximação entre a universidade e as empresas, promovendo o crescimento das pequenas empresas da região.

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 o processo de produção de pão francês da panificadora.

Assim, todos os objetivos inicialmente propostos foram alcançados, tanto no âmbito de sugestões de melhorias de processos, quanto no educacional, que se propôs em ampliar os conhecimentos relativos aos temas abordados e ainda demonstrou o potencial que o setor representa, deixando assim em aberto a possibilidade de se ampliarem estudos nesta área.

REFERÊNCIAS

ABIP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA. 2011. **Perfil da Panificação: Perfil do Setor de Panificação no Brasil**. Disponível em: <http://www.abip.org.br/perfil.aspx>. Acesso em: 08 jan. 2013.

ABIP; SEBRAE. ESTUDO DE TENDÊNCIAS, **Pespectivas para a Panificação e Confeitaria: Projeto de Fortalecimento e Oportunidades para Micro e Pequenas Empresas do Setor de Panificação, Biscoitos e Confeitaria**. 2009. Disponível em: [http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/4AC5C034FC7F782E832576330053107A/\\$File/NT0004207E.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/4AC5C034FC7F782E832576330053107A/$File/NT0004207E.pdf). Acesso em: 10 jan. 2013.

ALMEIDA, Marina Soares; et al.; **Utilização da simulação em ARENA 7.0 no auxílio ao balanceamento da célula de montagem de uma fábrica de calçados**. In: XXVI ENEGEP. 2006. Fortaleza – CE. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR460314_7752.pdf. Acesso em: 15 jan. 2013

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução a metodologia do trabalho científico**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

ARENALES, M. N. et al. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2007. xvii, 523 p. (Coleção CAMPUS-ABEPRO. Engenharia de produção.)

BANKS, Jerry. **Handbook of Simulation – Principles, methodology, advances, applications and practice**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

BERNARDI, L. A. **Manual de empreendedorismo e gestão: fundamentos, estratégias e dinâmicas**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BRIGHENTI, J. R. N. **Simulação e otimização de uma linha de manufatura em fase de projeto**. 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 2006.

CARSON II, J. S. **Introduction to modeling and simulation**. In: Winter Simulation Conference, 2004. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=01371297>. Acesso em: 15 jan. 2013.

CENTENO, M. A.; CARRILLO, M. **Challenges of introducing simulation as a decision making tool**. In: Winter Simulation Conference, 2001. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1517190>>. Acesso em: 15 jan 2013.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da.; **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007.

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

ESTELLER Mauricio Sergio; YOSHIMOTO, Rosa Maria de Oliveira ; AMARAL, Renata Lira; LANNES, Suzana Caetano da Silva; **Uso de açúcares em produtos panificados**. Ciências e Tecnologia de Alimentos, v.24, n.4, Campinas/SP out./dez. 2004.

FERRO, Emer Suavinho; **Biotecnologia translacional: hemopressina e outros peptídeos intracelulares**. Estudos. avançados., v.24, n.70, São Paulo 2010, p. 109-121. ISSN 0103-4014

FONSECA, João José Saraiva da; **Metodologia da pesquisa científica: Modalidades de pesquisa**. Universidade Estadual do Ceará. Apostila, 2002.

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

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOEBEL, D. **Logística – Otimização do transporte e estoques na empresa**. Curso de Pós-Graduação em Comércio Exterior. ECEX/IE/UFRJ v. 1, n. 1, jul/dez 1996.

HENDERSON, Bruce D.; **As origens da estratégia**. In: **Estratégia: a busca da vantagem competitiva**. Coleção Harvard Business Review Book. Rio de Janeiro: Campus 1998.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J.; **INTRODUÇÃO À PESQUISA OPERACIONAL**. 9. ed. New York: Editora Mcgraw Hill, 2012.

MALIGO, Carlos; **Modelo para Simulação da Operação de Carregamento de Caminhões-Tanque em uma Base de Distribuição de Combustíveis Automotivos**. 2005. 170 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica. Rio de Janeiro, 2005.

MARCONI, Marina de Andrade, LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MARTINS, Rosilda Baron. **Metodologia científica: como tornar mais agradável a elaboração de trabalhos acadêmicos**. Curitiba, PR: Juruá, 2004.

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

MOTOMURA, O. **Jogos de Empresa**. In: BOOG, G. G. Manual de treinamento e desenvolvimento. São Paulo: McGraw-Hill, 1980.

PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to simulation using Siman**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1995. 600p.

PERGHER, I. ; VACCARO, Guilherme Luís Roehe . **Determinação da Capacidade Produtiva de uma Empresa de Alimentos por Meio da Aplicação da Simulação Computacional**. In: SPOLM 2009 - XII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, 2009, Rio de Janeiro. Anais do SPOLM 2009, 2009.

PIDD, Michael. **Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.

PRADO, D. S.; **Usando o arena em simulação**. 4. ed. Belo Horizonte: INDG-Tecnologia e serviços, 2010. v. 3, 307 p.

REVEDIN, Anna; et al. **Thirty thousand-year-old evidence of plant food processing**; PNAS November 2, 2010, vol. 107, nº44, p 18815–18819. Disponível em: <http://www.pnas.org/content/107/44/18815.full.pdf+html?sid=50c9f234-c1c3-41d6-968a-596766aa453b>. Acesso em: 01 jan. 2013

RIBEIRO JUNIOR, Elson Heraldo; PENTEADO, Rosangela de Fatima Stankowitz. **Modelo para formatação de trabalhos acadêmicos da UTFPR**. Ponta Grossa, 2011.

RICHARDSON, Roberto Jary et al. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUES, Maria das G. V. **Metodologia da pesquisa: elaboração de projetos, trabalhos acadêmicos e dissertações em ciências militares**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

SAKURADA, Nelson; MIYAKE, Dario I. **Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços**. Revista Gestão & Produção, São Carlos - SP, v. 16, n. 1, p. 25-43, jan.-mar. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v16n1/v16n1a04.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

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

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, Antonio Carlos Ribeiro da. **Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade: orientações de estudos, projetos, artigos, relatórios, monografias, dissertações, teses**. São Paulo: Atlas, 2003.

SILVA, Edna L. da.; MENEZES, Estera M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. ver. atual. Florianópolis - Laboratório a distância da Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. 2001.

STEFFEN, Diego A.; **Avaliação empírica do método utilizado na implantação da técnica de simulação computacional**: Estudo de caso em uma mineração de lavra. Trabalho de conclusão de curso em Administração de Empresas. UNISINOS 2005.

VOGEL, Camila Cristine; **Simulação e estudo da ergonomia física do processo industrial de paletização de caixas de leite uht.** 86 f. Trabalho de conclusão de curso. Coordenação de Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.