



GESTÃO DA PRODUÇÃO EM FOCO

22



Editora Poisson

Editora Poisson

Gestão da Produção em Foco Volume 22

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2018

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Dra. Cacilda Nacur Lorentz – Universidade do Estado de Minas Gerais
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G393

**Gestão da Produção em Foco - Volume 22/
Organização Editora Poisson - Belo
Horizonte - MG: Poisson, 2018
255p**

Formato: PDF

ISBN: 978-85-7042-018-3

DOI: 10.5935/978-85-7042-018-3.2018B001

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Gestão 2. Produção. 3. I. Título

CDD-658

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

www.poisson.com.br

contato@poisson.com.br

Sumário

Capítulo 1: Simulação computacional como ferramenta de gestão de processos no setor de serviços: Estudo de um restaurante fast-food	7
Augusto da Costa Val Canabrava, Gisele Tessari Santos	
Capítulo 2: Sistema Fuzzy para previsão de séries temporais de demanda de energia elétrica	18
Joel Adelaide Medeiros, Ricardo Wagner Correia Guerra Filho, Diego Henrique da Silva Cavalcanti, Juan Moises Mauricio Villanueva, Thereza Rakel de Alcantara Lira Araujo da Cunha, Euler Cássio Tavares de Macêdo, Helon David de Macêdo Braz, Yuri Percy Molina Rodriguez	
Capítulo 3: Estudo do balanceamento da carga de trabalho no processo de armazenagem da produção em área de picking	28
Tais Helena Garcia Homem de Bittencourt, Ruy Cordeiro Accioly	
Capítulo 4: Auditoria e controle de execução de processos no setor público brasileiro	39
Roquemar de Lima Baldam, Guilherme Marques Fiorot, Eduardo Siqueira Bernabé, Leandro Fernandes Novaes, Lourenço Costa	
Capítulo 5: Simulação do processo de coleta em um laboratório de análises clínicas	46
Jessica Cabral de Frassatti, David Cassimiro de Melo, Jonathan Ferreira de Moraes, Marcel Alison Pimenta Bastos Cabral de Medeiros	
Capítulo 6: Estudo do uso de cronograma físico-financeiro e gerenciamento de milestones em um estudo de caso de um projeto de construção naval	54
Mateus Viard de Medeiros, Sandro Alberto Vianna Lordelo, Sara Monaliza Sousa Nogueira, Jose Rodrigues de Farias Filho	
Capítulo 7: Sincronização da cadeia de suprimentos: um estudo a partir da teoria das restrições para o gerenciamento da cadeia de suprimentos e distribuição	63
Leonardo Ritzmann, Ademir Jose Demetrio, Custódio da Cunha Alves, Gilson João dos Santos, Emerson José Corazza, Renato Cristofolini	

Sumário

Capítulo 8: A importância da avaliação qualitativa de resultados obtidos através da aplicação do método quantitativo de séries temporais: um estudo de caso em indústria.....	81
Viviane de Senna	
Capítulo 9: Manutenção preventiva de máquinas em uma empresa do setor gráfico através de planos de lubrificação.....	89
Carolina Figueiredo Escarabelo, Gill Bukvic	
Capítulo 10: Análise de confiabilidade e manutenibilidade de um processo de tratamento térmico: Estudo de caso em uma indústria de fabricação de tubos com costura	100
Carolina Clara Resende Machado, Stéfanie Olinda Cavalcante Carvalho, Fernanda Luiza Costa Silva, Alessandra Lopes Carvalho	
Capítulo 11: Aplicação da teoria das filas na movimentação de navios no complexo portuário de Itajaí	117
Bruna Grossl, Daiane Beckert, Christiane Wenck Nogueira Fernandes, Elyelton Cesar de Souza Lima, Silvia Lopes de Sena Tagliarenha	
Capítulo 12: Integração entre simulação computacional e mapeamento de fluxo de valor: uma pesquisa-ação em um processo produtivo.....	124
José Carlos do Prado Junior, Rodrigo Furlan de Assis, Cintia Blaskovsky Portilho Gomes, Rodrigo Lanzoni Fracaroli	
Capítulo 13: Proposta de aplicação de teoria das filas na linha de transporte coletivo de Macapá/Santana-AP simulado no software Arena ..	136
Manuela Barbosa Pereira, Vitor Hugo Raiol da Silva, Diego Armando Silva da Silva, Lenize Rodrigues Carneiro	
Capítulo 14: Aplicação da metodologia Box-Jenkins e de métodos de suavização exponencial na previsão da produção de concreto na região norte de Santa Catarina	144
Adriane Pczieczek, Elisa Henning, Carneane Effting, Cesar Eduardo Petersen	
Capítulo 15: Certificação compulsória de produto: Um estudo de caso em uma fábrica de colchões e colchonetes de espuma.....	155
Samanta da Silva Neri Gomes, Liliane da Costa Dias, Rodrigo Matos Rodrigues Leite, Herlander Costa Alegre da Gama Afonso	

Sumário

Capítulo 16: Cadeia do frio: Estudo de roteirização e performance térmica durante a distribuição de alimentos congelados	170
Gustavo Henrique Moresco, Vanina Macowski Durski Silva	
Capítulo 17: Análise da aplicabilidade da tecnologia RFID como controle da temperatura relacionada à cadeia do frio (alimentos)	178
Giset Natalia Montoya Moreno, Antonio Batocchio, Gilmara Machado Rabelo,	
Capítulo 18: Estudo do processo de pintura em uma metalúrgica.....	187
Ana Maria Sipp Machado , Andriele Maisa Luft , Patricia Stefan de Carvalho , Loana Wollmann Taborda , Júnior Rogério da Silva	
Capítulo 19: Análise do sistema de medição da remanência br do processo de produção da ferrita magnética PO2-C.....	196
Renata Aparecida Queiroz Dantas , Camila Massariol Nascimento , Carlos Henrique de Oliveira , Emerson Jose de Paiva , Marcio Dimas Ramos ,	
Capítulo 20: Implantação de custeio abc no processo produtivo em uma padaria de pequeno porte de um município do Centro-Oeste Mineiro	207
Rafael Izidoro Martins Neto , Patricia Reis , Cleiton Magela Luz,	
Capítulo 21: Análise de custos do sistema construtivo modular com estrutura de light steel frame em fábricas e o sistema construtivo convencional com tijolo cerâmico	216
Lucas de Carvalho Capobiango, Samantha Coelho Pinheiro	
Capítulo 22: A aplicação das técnicas de análise ergonômica em um ambiente de ensino	229
Leonardo Lopes de Campos, Mônica dos Santos de Oliveira	
Autores:	241

Capítulo 1

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE PROCESSOS NO SETOR DE SERVIÇOS: ESTUDO DE UM RESTAURANTE FAST-FOOD

Augusto da Costa Val Canabrava

Gisele Tessari Santos

Resumo: Para as empresas sobreviverem em longo prazo, tem que atender não só as necessidades do mercado como também as suas necessidades internas. Desta forma, as organizações necessitam de processos empresariais bem estruturados e eficientes, para assim oferecer um serviço de melhor qualidade aos seus clientes. Este artigo teve como objetivo desenvolver um modelo de simulação de eventos discretos para o processo de produção de uma loja de uma franquia de fast-food internacional de sanduíches. Foram coletados e analisados os tempos de cada etapa dos processos de produção. Os dados coletados foram inseridos no modelo desenvolvido e simulado no software Arena®. Os resultados da simulação foram analisados a fim de verificar a conformidade do processo em relação as medidas de desempenho e formular propostas de melhorias. Por meio da simulação, analisaram-se três diferentes cenários. Os resultados mostraram que as medidas de desempenho observadas na simulação do cenário 1 foram as maiores entre os três cenários. Já cenário 3 apresentou medidas de desempenho mais equilibradas. Como conclusão final, tem-se que a técnica de simulações de eventos discretos se mostrou adequada e eficaz para o estudo do comportamento da franquia analisada sendo uma importante ferramenta para auxiliar os gestores na tomada de decisão.

Palavras chave: Simulação de eventos discretos, gestão de processos, setor de serviços

1. INTRODUÇÃO

No mercado atual das empresas prestadoras de serviços e hospitalidade, devido ao alto número de companhias no mercado e altos custos fixos, constata-se uma crescente competitividade (BRUM, 2013). Para as empresas sobreviverem a longo prazo, tem que atender não só as necessidades do mercado como também as necessidades internas da empresa. Assim, as empresas têm que gerenciar seu negócio de maneira global considerando todas as variáveis internas e externas, recursos e fatores que afetam seu negócio (MÜLLER, 2003).

Para isso, as organizações necessitam de processos empresariais bem estruturados e eficientes (GONÇALVES, 2000). Ainda de acordo com autor, um processo pode ser caracterizado como um grupo de atividades que tem uma ou mais entradas que ao se atribuir valor às mesmas, obtém-se como resultado uma saída suficiente para atender um cliente específico. Assim, uma empresa que consegue utilizar as informações que possui e aprimorar seus fluxos processuais terá um maior ganho de produtividade e, conseqüentemente, de competitividade (DAVENPORT; SHORT, 1990; ALVES; DOS SANTOS e SCHMIDT, 2014).

No caso de restaurantes de comida rápida (fast-food), objeto de estudo deste trabalho, é de suma importância para a empresa entender e saber gerenciar a quantidade de recursos que é necessária para atender os clientes de maneira eficiente a fim de entregar o produto na qualidade esperada e no tempo certo. Segundo Brum (2013), alguns fatores como uma demanda altamente volátil, a expertise dos funcionários e conhecer as obrigações e deveres legais do negócio são fatores críticos para se dimensionar a força de trabalho – recurso essencial da empresa.

Uma metodologia adequada para a gestão de processos e que permite que uma empresa consiga atingir rápida adaptação organizacional para uma mudança constante de requisitos do mercado e seus clientes é o Business Process Management (BPM) (NEUBAUER, 2009). O BPM não só tem sido utilizado para descobrimento, design, desenvolvimento e execução do processo como também para interação, controle, análise e melhoria dos processos (KOHLEBACHER, 2010).

Outra abordagem que tem sido utilizada para gestão de processos é o Business Process

Reengineering (BPR) – reengenharia de processos empresarial. Esta metodologia tem como objetivo fundamental reexaminar e redesenhar os processos da empresa com a finalidade de atingir uma vantagem competitiva em qualidade, aumentar a capacidade de se adaptar às mudanças, melhorar custos, satisfação dos clientes, entre outras medidas de desempenho de processos críticos (DOOMUN; VUNKA JUNGUM, 2008). De acordo com Kettinger, Teng e Guha (1997), os consultores de BRP tem aplicado técnicas desenvolvidas em outros contextos tais como: implantação e desenvolvimento da função qualidade, técnicas de modelagem de processos, simulação de processos, modelagem de dados, diagramas de fluxo de processos, soluções criativas, brainstorming, dentre outras.

Uma das técnicas citadas por Kettinger, Teng e Guha (1997) é a simulação de processos de eventos discretos a qual será utilizada neste trabalho. A simulação de eventos discretos é uma técnica utilizada para a planificação e avaliação de novos projetos, bem como de sistemas existentes no que diz respeito a sua reconfiguração física, operação e controle. A simulação de eventos discretos compreende os modelos de simulação os quais as variáveis mudam em de maneira discreta em relação ao tempo, diferentemente de modelos contínuos (SAKURADA, 2009). Neste tipo de simulação, as variáveis como tempo de ciclo, tempo e tamanho de fila, chegadas e saídas, e recursos são alterados de acordo com os dados de entrada a fim de fornecer uma análise quantitativa dos diferentes cenários do sistema estudado em tempo real (KETTINGER, TENG E GUHA, 1997).

Podem-se destacar algumas vantagens da simulação de processos de eventos discretos como possibilitar a simulação de diversos cenários sem de fato utilizar recursos reais para tal, conseguir reproduzir uma operação por um longo período de tempo sem precisar aguardar este período real, permitir de maneira mais fácil a identificação de problemas e gargalos no sistema real analisado, necessitar de investimentos baixos se comparado ao valor total do projeto, seja de implementação, desenho ou redesenho do processo, e por fim, permitir testar requisitos de uma máquina ou equipamento que será utilizada (BANKS, 2000).

A técnica de simulação de eventos discretos pode ser aplicada em diferentes áreas do

conhecimento. Loureiro (2009) desenvolveu um modelo de simulação para avaliar o gerenciamento de uma operação de serviços em um parque de diversões. Já Mundim (2009) realizou um estudo de simulação de eventos discretos em uma usina de produção de cana de açúcar a fim de dimensionar e otimizar os recursos logísticos da planta da usina. Babashov et al. (2017), por sua vez, desenvolveram um modelo de simulação para um hospital especializado no tratamento de câncer (radioterapia) com o objetivo de reduzir os tempos de fila e aprimorar os processos de tratamento dos pacientes.

Ao se tratar do ramo de alimentação e serviço, que é a área de estudo deste trabalho, podem-se citar os seguintes trabalhos que utilizaram a simulação a fim de melhorar este tipo de processo: Alves et al. (2013), Frank, Baud-Naly e Caten (2007) e De Carvalho Oliveira e Favaretto (2013). Todos estes estudos foram desenvolvidos a fim de simular o funcionamento de restaurantes universitários com foco em suas restrições e gargalos. Os trabalhos utilizaram na simulação modelos discretos, estocásticos e dinâmicos.

Church e Newman (2000) utilizaram também a simulação para analisar alguns fatores críticos para um bom serviço de entregas de lanches rápidos, entre eles o tempo de espera para a compra e retirada do produto, tamanho da fila e as características dos clientes nas respectivas filas. Os autores mostraram que estes fatores são cruciais para alavancar o lucro das empresas do segmento, além de aumentar o nível de qualidade percebida pelo cliente. Assim, a partir do referido estudo, constata-se a importância de se utilizar softwares de simulação na otimização do serviço de empresas de fast-food a fim de melhorar o posicionamento dos produtos e da marca no mercado em que atua.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo de simulação de eventos discretos para o processo de produção de uma loja de uma franquia de fast-food internacional de sanduíches na qual o cliente tem o poder de customização do seu produto. Após o desenvolvimento do modelo, coletaram-se e analisaram-se as informações e tempos de cada etapa dos processos de produção. Os

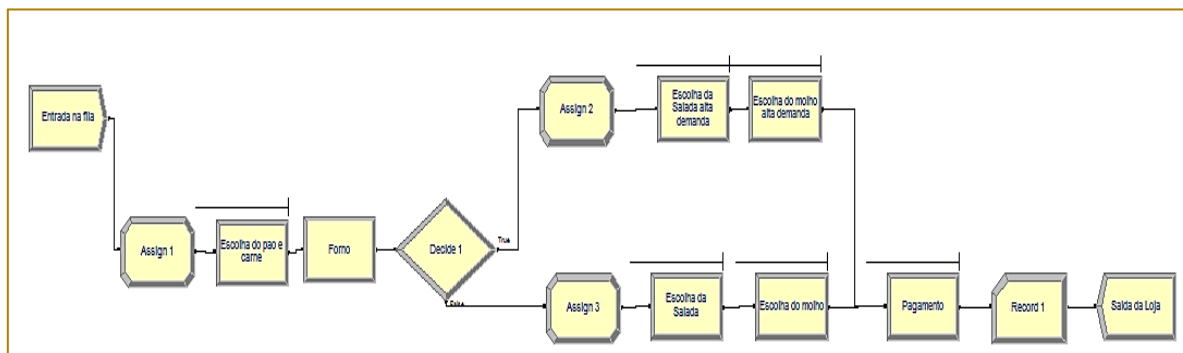
dados coletados foram inseridos no modelo desenvolvido o qual foi simulado no software Arena®. Os resultados da simulação foram analisados a fim de encontrar restrições não mapeadas inicialmente, tempos de fila, tempos de atendimento, gargalos de produção e verificar a adequação dos recursos utilizados nos processos de produção. A análise permitiu a verificação da conformidade do processo em relação aos parâmetros padrões estabelecidos pela rede de franquias e a formulação de propostas de melhorias, caso seja identificada a necessidade.

2. METODOLOGIA

A lanchonete estudada tem um processo padrão de funcionamento. O cliente entra na loja e se direciona à fila de espera para fazer seu pedido. Enquanto aguarda, ele pode ir analisando qual pedido fazer de acordo com os quadros informativos posicionados acima do balcão de atendimento. Assim que chega à sua vez de atendimento, o cliente começa o processo de escolha dos ingredientes do seu sanduíche. O processo de montagem do sanduíche é feito de acordo com o ritmo de escolha do cliente junto ao atendente do momento.

A primeira etapa é escolher o tamanho (15 ou 30 cm) e tipo de pão a ser utilizado. Após isso, o cliente deve escolher o(s) ingrediente(s) principal e o queijo de sua preferência. Nesta etapa também é possível adicionar algum elemento extra ao sanduíche. Após, o sanduíche segue para o forno, o qual é assado por 28 segundos. Após sair do forno, outro funcionário retira o(s) sanduíche(s) do forno e o coloca sobre a bancada da salada. Na sequência, o cliente deve escolher suas preferências de salada e molho para serem adicionadas ao sanduíche. O sanduíche é, então, cortado (caso seja a opção de 30cm) e embalado. Por fim, o cliente se direciona ao caixa, aonde outro funcionário lhe atende. Neste momento, o cliente pode escolher sua opção de bebida, acompanhamento e sobremesa. O freguês pode ainda escolher se vai levar o sanduíche para casa ou se comerá no próprio estabelecimento. Observa-se na figura 1 o fluxograma do modelo de simulação desenvolvido no Arena®.

Figura 1 – Fluxograma do modelo desenvolvido para representar o processo de atendimento da Lanchonete



Ao se planejar a coleta de dados, constatou-se que as variáveis necessárias para se realizar o estudo eram: tempo entre chegadas de clientes, tempo de escolha do pão e carne e preparação para ir ao forno, tempo de escolha da salada e adição da mesma ao sanduíche, tempo de escolha dos molhos, tempo de pagamento (tempo no qual o cliente escolhe sua bebida e/ou sobremesa e realiza o respectivo pagamento de sua refeição).

Para conseguir mensurar estas variáveis, utilizou-se o método de cronometragem dos tempos de cada processo. Desta maneira, foi possível coletar uma amostra adequada para cada processo.

Após realizada a coleta dos dados, os dados foram analisados por meio do gráfico boxplot a fim de retirar os outliers moderados conforme metodologia proposta por Chwif e Medina (2007) e, posteriormente, realizou-se o teste de aderência para cada processo.

A próxima etapa foi a simulação de uma amostra piloto do modelo. Após esta simulação, os resultados foram analisados a fim de encontrar o número de replicações adequado para se obter resultados confiáveis. Considerou-se uma confiança de 95% para cada medida de desempenho analisada. Para se determinar o número de replicações (n) do modelo simulado, utilizou-se a equação disponibilizada por Rossetti (2008) e Chwif e Medina (2007).

Cabe destacar que o caso estudado é considerado um sistema terminal e, desta forma, não foi necessário o cálculo do tempo de warm-up.

Neste trabalho o modelo foi devidamente verificado a fim de saber se os parâmetros de entrada e a estrutura lógica do modelo respeita adequadamente a lógica do

processo real. Quanto à validação, esta foi feita de maneira simplificada, apenas por meio de observação do pesquisador que conseguiu constatar que o número de clientes na fila do processo de escolha do pão e da carne e tempo do cliente no sistema tanto no sistema real quanto no simulado foram similares.

A partir do modelo desenvolvido, simulou-se 3 cenários diferentes considerando os dados de entrada do horário de pico da lanchonete, ou seja, o horário do almoço (12:00 às 13:30 - 5.400 segundos). No cenário 1, foram considerados 2 funcionários para a preparação do sanduíche, sendo 1 na montagem do tipo de pão, carne e queijo e o outro adicionando a salada e os molhos, além de 1 funcionário no caixa. Já no cenário 2, considerou-se o mínimo de funcionários para seu funcionamento, sendo 1 funcionário preparando os sanduíches completos e 1 funcionário no caixa. No cenário 3, apresentado na figura 1, foi utilizada uma lógica de que se a fila de espera para iniciar o pedido fosse maior do que 5 pessoas (alta demanda), seriam alocados 2 funcionários para a preparação dos sanduíches como no cenário 1; caso contrário, se a demanda for considerada baixa, somente 1 colaborador prepararia os sanduíches. Além disso, considerou-se 1 funcionário no caixa independente do tamanho da fila. Esse último cenário é o mais utilizado na loja da franquia analisada neste trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DADOS DE ENTRADA DA SIMULAÇÃO

As amostras dos tempos para cada parâmetro de entrada do modelo foram coletadas, analisadas e ajustadas conforme

descrito na metodologia. O resumo dos resultados obtidos após a análise para cada parâmetro pode ser observado na Tabela 1.

De acordo com a tabela 1, nota-se que os testes estatísticos (Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov) apresentaram p-value

maiores que 0,10 para pelo menos um dos testes, evidenciando que as distribuições encontradas para cada variável são consideradas válidas para representar os dados reais. É importante lembrar que o tempo de espera do forno foi considerado constante sendo igual a 28 segundos.

Tabela 1 – Resumo da análise e ajuste dos parâmetros de entrada do modelo simulado

Variável	Quantidade de dados utilizados	Outliers retirados	Distribuição de probabilidade utilizada (segundos)	p-value	
				Teste Kolmogorov-Smirnov	Teste Qui-quadrado
Tempo entre chegadas	92	SIM	-0.001 + EXPO (98,4)	< 0.01	0.111
Tempo de escolha do pão e carne	114	NÃO	TRIA (22, 45,7, 180)	> 0.15	0.322
Tempo de escolha da salada	57	SIM	NORM (19, 7,44)	-	0.709
Tempo de escolha dos molhos	59	NÃO	-0.5+GAMM (5,71, 3,36)	-	0.672
Tempo de pagamento	73	NÃO	13 + WEIB (50,5, 1,2)	> 0.15	0.106

Fonte: Elaboração própria

3.2 CENÁRIO 1

Ao simular o modelo do cenário 1, calculou-se o número de replicações necessárias para uma confiança de 95% considerando as medidas de desempenho tempo médio do cliente no sistema e número médio de clientes na fila do processo de escolha do pão e da carne. Para isso, simulou-se, primeiramente, uma amostra piloto de apenas 10 replicações. Estas variáveis foram analisadas no módulo Output Analyzer com o objetivo de verificar se a precisão dos indicadores analisados era menor que 10% da média amostral. Esta análise foi feita nos 3 cenários simulados neste trabalho.

Para o cenário 1, o número ideal de replicações encontrado foi 200. Para este cenário, foi encontrado uma fila média no sistema de aproximadamente 2 pessoas, podendo variar aproximadamente 1 para mais ou menos e chegando ao máximo de 7 pessoas. Já com relação ao tempo total do cliente no sistema, foi constatado um tempo médio de 410 segundos (6 minutos e 50 segundos). O máximo de tempo que um cliente ficou na fila durante a simulação foi 1.690 segundos (28 minutos e 10 segundos).

Cabe lembrar que este cenário foi simulado com 1 funcionário no setor de pão e carne, outro para adição de saladas e molhos e outro no caixa para realização de pagamentos.

No que diz respeito ao parâmetro tempo de espera na fila, o processo de escolha do pão e carne foi o único que apresentou espera na montagem do sanduíche como um todo. O tempo de espera encontrado na simulação foi de 169 segundos (2 minutos 49 segundos) em média, sendo que o processo de adicionar salada e molho tiveram em média tempos de fila de aproximadamente 0 segundos. O tempo de espera para pagamento foi em média de 25 segundos.

Quanto à medida de desempenho número de clientes na fila observou-se que em apenas um processo existiria fila neste cenário: escolha do pão e carne, com número médio de 2 pessoas na fila aproximadamente atingindo no máximo 14.

A taxa de ocupação dos recursos foi verificada a fim de identificar qual atendente ficaria mais ocioso ou ocupado. A partir dos resultados, observou-se que o funcionário com maior ocupação do seu tempo seria o

atendente 1, responsável pela montagem do pão e da carne, tendo uma ocupação de 82,4% do seu tempo.

A partir da tabela 2, é possível comparar os tempos padrão disponibilizados no manual de operações da rede de franquia com os tempos obtidos na simulação. Estes tempos

padrão foram estabelecidos considerando que se tem 3 funcionários a disposição, por isso a comparação foi realizada apenas com os resultados do cenário 1. Desta maneira, é possível notar que as maiores discrepâncias são nos processos de escolha do pão e carne e pagamento.

Tabela 2 – Comparação entre os tempos padrão da franquia e os resultados do cenário 1

Processo	Tempo médio (seg)			
	Padrão Franquia	Cenário 1	Desvio Absoluto	Desvio Relativo
Escolha do pão e carne	37	250	213	576%
Forno	30	28	2	-7%
Escolha da salada	28	20	8	-29%
Escolha do molho	18	19	1	6%
Pagamento	37	85	48	130%
Total	150	402	252	168%

Fonte: Elaboração própria

Cabe destacar que o pesquisador, ao coletar os tempos, pôde perceber que uma parte desta diferença se dá por perguntas iniciais feitas pelo cliente em seu pedido, de forma que, assim, o início da montagem do seu sanduíche pode demorar mais impactando o tempo deste processo. Já quanto ao pagamento, foi observado que a demora para a escolha da bebida e forma de pagamento podem alterar significativamente o tempo deste processo.

A rede de franquia ao estabelecer estes tempos padrão também considera que eles podem variar devido aos equipamentos disponíveis e a habilidade dos funcionários. Portanto, os gestores devem ficar atentos a esta diferença já que é um indicativo de que os funcionários precisam passar por um treinamento de aperfeiçoamento de habilidades, ou até mesmo aumentar a equipe de funcionários, de maneira que os tempos se aproximem dos estabelecidos pela franquia, principalmente no processo de escolha de pão e carne. Um cenário com maior número de funcionários do que o adotado pela unidade analisada não foi foco de estudo neste trabalho.

3.3 CENÁRIO 2

Para o cenário 2, o número ideal de replicações encontrado foi de 270, quantia

essa que atendeu os requisitos estatísticos pré-definidos.

A simulação deste cenário mostrou que o número médio de pessoas na fila do processo de escolha do pão e da carne é de aproximadamente 5. O valor máximo de pessoas na fila seria de aproximadamente 18. Já quando se trata do tempo total do cliente no sistema, a média é considerada de 1340 segundos (22 minutos e 20 segundos), além de ser no máximo 4460 segundos (74 minutos e 20 segundos).

Destaca-se, que neste cenário, diferentemente do cenário 1, considerou-se apenas 1 funcionário para montar todo o sanduíche e 1 funcionário para receber os pagamentos dos clientes no caixa.

A medida de desempenho tempo médio de espera na fila apresenta um valor bem parecido para todos os processos de montagem do sanduíche. O maior tempo de fila identificado na simulação foi no processo de montagem da salada, sendo 490 segundos (8 minutos e 10 segundos) em média. Diferentemente do cenário anterior, o processo de montagem do pão e carne tem o 3º menor tempo de fila, sendo que em média 445 segundos (7 minutos e 25 segundos).

O número de clientes na fila representa uma medida de desempenho importante, determinando muitas vezes se os clientes vão

ou não permanecer no estabelecimento para comprar sua refeição. No cenário discutido, o primeiro processo em que o cliente tem contato é o de escolha do pão e da carne. Este processo apresentou em média uma fila de 5 pessoas, podendo chegar em no máximo 32 pessoas.

Neste cenário, apenas 2 funcionários são utilizados, fato que faz com que a taxa de ocupação média do atendente do sanduíche seja alta com 96,3% do seu tempo ocupado. Isto acontece, pois, o mesmo realiza todos os processos de montagem do produto. Já o funcionário 3, que se localiza no caixa, não apresenta uma ocupação significativa do seu tempo, sendo que tem apenas 35,1% de ocupação do seu tempo disponível. Esses resultados indicam a necessidade de mais um atendente para ajudar o atendente 1, responsável pela montagem do sanduíche, equilibrando, assim, a sua taxa de ocupação e reduzindo o tempo total do cliente no sistema.

3.4 CENÁRIO 3

Novamente, calculou-se do número de replicações para a confiança de 95% chegando-se a aproximadamente 200 replicações.

Neste cenário, o tamanho médio da fila foi de aproximadamente 4 pessoas. Além de poder atingir um número máximo de aproximadamente 10 pessoas na fila. Já o tempo total do cliente no sistema tem uma média de 915 segundos (15 minutos e 15 segundos). Neste caso, o máximo que um cliente poderia esperar na fila seria em torno de 2.490 segundos (41 minutos e 30 segundos).

Vale ressaltar que, neste cenário, a quantidade de funcionários que preparam os sanduíches é diferente caso seja constatado uma alta ou baixa demanda, de acordo com o descrito na metodologia.

Em relação ao tempo médio de espera na fila, é possível notar que o processo de escolha do pão e carne apresenta o maior tempo de fila, demorando 351 segundos (5 minutos e 51 segundos) em média para ser iniciado. Ao considerar a variação do número de funcionários que preparam os sanduíches de acordo com a demanda, é notável que quando se inclui um funcionário no processo de montagem da salada e molho, os tempos de fila dos mesmos se reduzem a quase 0

segundos, demonstrando que quando há alta demanda estes processos não terão fila. Em contrapartida, quando há baixa demanda e, conseqüentemente, somente 1 funcionário para realizar todos os processos de montagem dos sanduíches, houve a formação de uma fila de 256 (4 minutos e 16 segundos) e 298 segundos (4 minutos e 58 segundos) para os processos de adição de salada e molhos, respectivamente.

Em relação à medida de desempenho número de clientes na fila, é possível perceber o mesmo padrão apresentado acima, de modo que a maior média de pessoas na fila se encontra no processo de escolha do pão e carne, com média de aproximadamente 4 pessoas e máximo de 22. Além disso, as filas para os outros processos quando há alta demanda são consideradas inexistentes, pois ao invés de apenas 1 funcionário ter de realizar todo o processo de montagem, a adição de salada e molhos é feita exclusivamente por um segundo funcionário incluído no sistema.

Quanto à taxa de ocupação média de cada um dos 3 funcionários considerados neste cenário, percebe-se que como o funcionário 2 só entra no processo caso a fila para a escolha do pão e carne seja maior ou igual a 5 pessoas, a taxa de ocupação deste atendente fica por volta de 13%, algo que se comparada aos 96% do atendente 1 mostra uma discrepância considerável. Já o atendente 3, não possui uma demanda tão alta de atendimento, apresentando uma taxa de ocupação de 50%. Como falado anteriormente, este processo não apresenta filas consideráveis.

Por fim, criou-se, neste cenário, um contador após o processo decisório para avaliar qual seria em média a quantidade de sanduíches que seriam preparados no período de alta demanda e de baixa demanda. Notou-se por esta medida que a fila de escolha do pão e carne poucas vezes ficou maior que 5 pessoas, momento o qual no processo decisório é incluído o segundo funcionário no processo. Dessa maneira, a quantidade média de sanduíches preparados no período de baixa demanda foi bem superior ao de alta demanda sendo em média 17 e 7, respectivamente.

3.5 COMPARAÇÕES ENTRE OS CENÁRIOS

Ao comparar os cenários de simulação quanto a taxa de ocupação média, conforme mostrado na tabela 3, é possível notar que os cenários 2 e 3 apresentam ocupação quase idêntica em relação ao funcionário 1. Isso pode ser justificado pelo fato que na saída do módulo de decisão, a maior parte dos sanduíches foi preparada no período de baixa. Ainda sobre esta tendência, é

perceptível que no cenário 3, o atendente 2 tem uma ocupação bastante baixa, considerada ociosa, enquanto o atendente 1 está trabalhando quase em capacidade máxima. Cabe lembrar que no cenário 2 o segundo atendente não está disponível. É possível notar também, que o cenário 1 possui taxas de ocupação melhores distribuídas em relação aos cenários 2 e 3, sendo que possui 3 funcionários trabalhando na linha, independente da demanda.

Tabela 3 – Taxa de ocupação média dos atendentes

Recurso	Média de ocupação (%)		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Atendente 1	82,4%	96,3%	96,3%
Atendente 2	37,1%	-	13,0%
Atendente 3	58,7%	35,1%	50,0%

Fonte: Elaboração própria

Apesar do número médio de ocupação dos cenários 2 e 3, ser praticamente o mesmo em relação ao atendente 1, é notável que o tempo total médio do cliente no sistema é maior no cenário 2. Este dado pode ser justificado pelo fato de que em nenhum momento no cenário 2 o atendente 2 está disponível para dar continuidade a montagem do sanduíche, assim o atendente 1 é responsável por todo este processo até o momento de ser embalado. O tempo total médio no sistema é 32% menor no cenário 3 comparado ao cenário 2. Ainda de acordo com o tempo no sistema, o cenário 1 se mostra o mais eficiente, já que apresenta um tempo total no sistema menor, sendo em média de 410 segundos (6 minutos e 50 segundos). Este cenário apresenta tempo no sistema 123% menor se comparado ao 3º, sendo que ambos apresentam a sua disposição o atendente 2, porém no caso do cenário 3 este funcionário só é requerido caso a demanda seja alta.

Observando a quantidade média de sanduíches que entram e saem da linha de produção na tabela 4, nota-se que os cenários 2 e 3 apresentam quantidades bem diferentes. O segundo cenário, tem uma saída de 31 sanduíches aproximadamente, diferente do cenário 3 em que saem do sistema aproximadamente 45. Esta diferença de produtividade é notada devido a diferença

de disponibilidade de recursos entre os cenários. Enquanto o terceiro possui 2 atendentes, sendo um deles responsável por adicionar salada e molho quando demandado, o segundo tem apenas 1 funcionário a disposição para realizar a montagem completa dos sanduíches.

Nos três cenários, o número de sanduíches que entraram no sistema é praticamente o mesmo, aproximadamente 56, já que os intervalos entre chegadas de clientes são os mesmos.

De acordo com a tabela 4, pode-se observar que o cenário 1 apresentou melhor eficiência de produção, mas foi necessária uma maior quantidade de recursos – 3 funcionários trabalhando em horário integral. Já o terceiro cenário apresentou a segunda melhor eficiência, utilizando 2 funcionários em tempo integral e 1 colaborador trabalhando sob demanda. E por último, o cenário 2 apresentou a menor eficiência dos três, porém utilizou somente 2 funcionários em tempo integral. O fato de se ter um funcionário realizando todo o processo de fabricação do sanduíche, retratado no cenário 2, tende a ser um indicativo de perda de qualidade dos mesmos, uma vez que este teria que apresentar uma alta agilidade e atenção ao preparar os pedidos dos clientes em períodos de alta demanda.

Tabela 4– Quantidade de sanduíches do sistema

Cenários	Média (un)		
	Entrada no sistema	Saída do Sistema	WIP
1	56,6	52,0	4,2
2	55,84	31,4	14,1
3	55,88	44,7	8,85

Fonte: Elaboração própria

Em relação aos tempos médios de fila dos processos, foi possível constatar que o cenário 2 apresentou os maiores tempos de fila. Este fato se deve ao cenário não ter a sua disposição o atendente 2. O cenário 1, que por sua vez tem a sua disposição uma maior quantidade de funcionários, apresentou fila somente nos processos de escolha do pão e carne e na realização do pagamento.

Ao comparar o processo de pão e carne do cenário 1 e 3, foi possível notar um aumento na espera de 108%. Analisando a diferença entre o cenário 1 e 2, a discrepância de espera se torna ainda maior, aumentando em 164%. Os cenários que possuem a possibilidade de ter somente 1 funcionário montando o sanduíche do início ao fim, possuem um aumento de tempo na fila considerável.

Ao se tratar de tempo na fila para a montagem de salada em período de baixa demanda, observou-se variação de -48% entre os cenários 2 e 3. Quanto a escolha dos molhos em momentos de baixa demanda, a variação foi de -37%.

Em relação a fila para a realização do pagamento é perceptível que os cenários 1 e

2 apresentaram tempos similares, mas ao compará-los com o cenário 3 esta variação na espera aumentou para 73% e 64%, respectivamente.

Foi observado na tabela 5, que número médio de clientes na fila segue a mesma tendência do tempo de fila. O cenário 2 apresentou o maior número de pessoas na fila, podendo-se destacar que o processo de escolha do pão e carne tem em média 5 pessoas na fila aproximadamente. Já o cenário com menor fila é o de número 1, tendo aproximadamente 2 pessoas na fila em média, para o mesmo processo. Os processos em período de alta demanda não apresentaram fila, uma vez que dois funcionários estavam disponíveis para a montagem dos sanduíches. Nos períodos de baixa demanda, ao se comparar os cenários 2 e 3, observou-se uma redução considerável do número de clientes na fila do processo de adição da salada e molho. O número médio na fila reduziu 67% e 55%, para salada e molho, respectivamente.

O processo do caixa não apresentou nenhuma pessoa esperando na fila para efetuar o pagamento.

Tabela 5 – Número médio de clientes na fila

Processo	Média (un)			Desvio Relativo entre Cenários (%)		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	1 e 2	1 e 3	2 e 3
Escolha do pão e carne	1,8	4,8	3,8	162%	104%	-22%
Escolha da Salada alta demanda	0,0	-	0,0	-	0%	-
Escolha da Salada baixa demanda	-	4,2	1,4	-	-	-67%
Escolha do molho alta demanda	0,0	-	0,0	-	0%	-
Escolha do molho baixa demanda	-	3,3	1,5	-	-	-55%
Pagamento	0,3	0,2	0,4	-35%	52%	132%

Fonte: Elaboração própria

Comparando as medidas de desempenho entre os cenários, é possível perceber uma relação de custo-benefício considerando a percepção de qualidade dos clientes. Enquanto no cenário 1 é apresentada uma eficiência de produção elevada, com menores tempos e números de pessoas nas filas, a quantidade de recursos utilizada é maior, gerando assim maiores custos. Cabe destacar que mesmo este cenário, com maior quantidade de recursos disponíveis, não conseguiu atingir a meta de tempo para o processo de escolha do pão e carne e de pagamento disponibilizados pela rede de franquias.

Já no cenário 2, a quantidade de recursos utilizada é menor dentre os cenários, apresentando os maiores tempos e tamanhos de filas, além de uma produção inferior. Neste cenário, o gestor deve ficar atento, uma vez que, a fim de eliminar as grandes filas, o atendente tenderá a agilizar o processo de montagem do sanduíche o que pode afetar a qualidade do produto final.

Em contrapartida, o cenário 3 mostrou um maior equilíbrio se comparado aos cenários 1 e 2, já que apresentou medidas de desempenho intermediárias. Conforme constatado anteriormente, o atendente 2 no cenário 3, apresentou baixa taxa de ocupação (13%) no período de pico de demanda do estabelecimento, analisado neste estudo. Este fato é um indicativo de que este funcionário deva ser contratado por tempo parcial, já que ele foi pouco demandado neste período. Esta mudança geraria, então, uma redução no custo com pessoal para a franquia analisada sem afetar de maneira significativa a produtividade e qualidade de produção dos sanduíches.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo de simulação de eventos discretos para uma franquia internacional de fast-food de sanduíches, a fim de identificar e analisar restrições não mapeadas inicialmente. A partir da simulação realizada, analisou-se como as medidas de desempenho dos processos de montagem dos sanduíches se comparavam com a realidade de atendimento para identificar a necessidade de adequação ou mudança nos processos e recursos do estabelecimento, de

maneira a melhorar o processo como um todo. Para isto, foram simulados e analisados três diferentes cenários.

Os resultados obtidos por meio das simulações e análises dos cenários propostos permitem concluir que:

a) No cenário 1 as medidas de desempenho observadas na simulação obtiveram os menores valores entre os três cenários - menores números de fila e o menor tempo de sistema. Este cenário foi considerado o mais produtivo também. Ao comparar os resultados da simulação com os tempos padrão estabelecidos pela franquia, constatou-se que maiores tempos nos processos de escolha de pão e carne e pagamento. Este fato é um indicativo de necessidade de realizar treinamentos de aperfeiçoamento dos funcionários, de maneira a aumentar a habilidade dos mesmos, ou até o aumento da equipe de colaboradores no processo a fim de se aproximar dos tempos padrão estabelecidos pela rede. As mudanças propostas teriam como objetivo aumentar a produtividade e a lucratividade do empreendimento.

b) O cenário 2 foi o que apresentou o pior desempenho dos três estudados. Obtiveram-se os maiores números de pessoas e tempos na fila. Além disso, teve a pior produtividade comparado aos outros cenários. Apesar desse cenário apresentar o menor custo com pessoal por considerar apenas dois funcionários, os gestores devem ficar atentos já que o atendente pode tender a agilizar o processo de montagem do sanduíche afetando a qualidade do produto final o que seria uma ameaça à sustentabilidade do negócio.

c) No cenário 3 as medidas de desempenho obtidas foram mais equilibradas e com valores intermediários quando comparadas aos outros dois cenários. A análise desta simulação mostrou que a utilização de um funcionário contratado em tempo parcial para o horário de pico, sendo requisitado em momentos de maior demanda, traria benefícios à linha de produção reduzindo em 32% o tempo médio do sanduíche no sistema e aumentando a produtividade de sanduíches saindo do sistema em aproximadamente 13 unidade se comparado ao cenário 2, sem correr o risco de comprometer a qualidade do produto final. Isto mostra que mesmo realizando pequenas alterações de alocação

de recursos, é possível trazer benefícios à produção e custo da unidade estudada.

Como conclusão final tem-se que a técnica de simulações de eventos discretos se mostrou

adequada e eficaz para o estudo do comportamento do sistema analisado sendo uma importante ferramenta para auxiliar os gestores na tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- [1]. ALVES, R. et al. Simulação da dinâmica operacional de um pequeno restaurante universitário: um estudo de caso. Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador – BA, 08 a 11 de outubro de 2013.
- [2]. ALVES, R.; DOS SANTOS, J.A.A.; SCHMIDT, C.; PIZARRO, A.. Aplicação dos princípios da teoria das restrições e de técnicas de simulação na gestão da dinâmica operacional de um pequeno restaurante: um estudo de caso. Revista Espacios, v. 35, p. 21, 2014.
- [3]. BABASHOV, V. et al. Reducing Patient Waiting Times for Radiation Therapy and Improving the Treatment Planning Process: a Discrete-event Simulation Model (Radiation Treatment Planning). *Clinical Oncology*, v. 29, n. 6, p. 385-391, 2017.
- [4]. BANKS, J. Introduction to simulation. Proceedings of the Winter Simulation Conference. Atlanta, 2000.
- [5]. BRUM, L. Simulação da capacidade da força de trabalho: estudo de caso em um restaurante. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia de Produção. Rio Grande do Sul 2013.
- [6]. CHURCH, I.; NEWMAN, A. J. Using simulations in the optimisation of fast food service delivery. *British Food Journal*, v. 102, n. 5/6, p. 398-405, 2000.
- [7]. CHWIF, L.; MEDINA, A.C. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações. 2ª ed. São Paulo, SP: Ed. dos Autores, 2007.
- [8]. DAVENPORT, T. H.; SHORT, J. E. The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. *MIT Sloan Management Review*, v. 31, n. 4, p. 11, 1990.
- [9]. DE CARVALHO OLIVEIRA, N. M.; FAVARETTO, F. Análise das filas de um sistema de serviços utilizando simulação a eventos discretos. Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador – BA, 08 a 11 de outubro de 2013.
- [10]. DOOMUN, R.; VUNKA JUNGUM, N. Business process modelling, simulation and reengineering: call centres. *Business Process Management Journal*, v. 14, n. 6, p. 838-848, 2008.
- [11]. FRANK, A. G.; BAUD-NALY, V. F.; CATEN, CST. Avaliação de possíveis melhorias do processo de atendimento a clientes de um restaurante universitário mediante simulação. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XIV, Bauru, p. 1-11, 2007.
- [12]. GONÇALVES, J. E. L. As empresas são grandes coleções de processos. *Revista de administração de empresas*, v. 40, n. 1, p. 6-9, 2000.
- [13]. KETTINGER, W. J.; TENG, J.T.C; GUHA, S. Business process change: a study of methodologies, techniques, and tools. *MIS quarterly*, p. 55-80, 1997.
- [14]. KOHLBACHER, M. The effects of process orientation: a literature review. *Business Process Management Journal*, v. 16, n. 1, p. 135-152, 2010.
- [15]. LOUREIRO, S. A. Uso integrado de métodos de simulação de eventos discretos e contínuos na resolução de problemas logísticos em parques de diversão. Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Campinas. Campinas. 2009.
- [16]. MÜLLER, C. J. Modelo de gestão integrando planejamento estratégico, sistemas de avaliação de desempenho e gerenciamento de processos (MEIO – Modelo de Estratégia, Indicadores e Operações). Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- [17]. MUNDIM, J.U.C. Uso de simulação de eventos discretos para o dimensionamento de frota para colheita e transporte de cana-de-açúcar. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009.
- [18]. NEUBAUER, T. An empirical study about the status of business process management. *Business Process Management Journal*, v. 15, n. 2, p. 166-183, 2009.
- [19]. ROSSETTI, M. D. Simulation modeling and Arena. 2nd. ed. Hoboken, NJ: John Wiley, 2008.
- [20]. SAKURADA, N. et al. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. *Gestão & Produção*, v. 16, n. 1, p. 25-43, 2009.

Capítulo 2

SISTEMA FUZZY PARA PREVISÃO DE SÉRIES TEMPORAIS DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA

Joel Adelaide Medeiros

Ricardo Wagner Correia Guerra Filho

Diego Henrique da Silva Cavalcanti

Juan Moises Mauricio Villanueva

Thereza Rakel de Alcantara Lira Araujo da Cunha

Euler Cássio Tavares de Macêdo

Helon David de Macêdo Braz

Yuri Percy Molina Rodriguez

Resumo: Nos dias atuais, a previsão de demanda é uma importante ferramenta de apoio à decisão no planejamento de sistemas de energia, fornecendo informações necessárias para os especialistas do setor. Nesse trabalho, foi desenvolvido um sistema de previsão de séries temporais de demanda, por meio de um sistema de inferência fuzzy. O caso estudado foi uma subestação de energia elétrica, localizada em Itaporanga, no estado da Paraíba/Brasil. Foram utilizadas as séries temporais de potência ativa entre os anos 2008 e 2014. Os dados foram obtidos por meio de medições de um sistema aquisição de dados (SCADA), e estas medições foram armazenadas em um banco de dados. Após a coleta dos dados, foram criados dois conjuntos de dados, um usado para a extração de regras, e a outra, para validação da previsão. Os resultados obtidos das previsões foram avaliados por meio do erro percentual absoluto médio e o erro absoluto médio, comprovando, assim, a eficiência da lógica fuzzy na previsão de séries temporais.

1 INTRODUÇÃO

Uma série temporal ou histórica é um conjunto de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo, existindo nas mais variadas áreas de aplicação, como finanças, marketing, demografia, epidemiologia, energia.

Na engenharia, as séries históricas podem ser associadas aos processos industriais, como na venda de automóveis, serviços de transportes, venda de produtos, entre outros. Pode-se caracterizar as séries por meio de parâmetros estatísticos e funções de densidade de probabilidade. Também pode-se utilizar as séries temporais para construir modelos matemáticos e de inferência para utilização em aplicações de previsão, obtendo cenários futuros de acordo com o conhecimento passado, auxiliando, por exemplo, na determinação dos recursos necessários nos processos industriais.

A previsão de curto, médio e em especial longo prazo são de difícil elaboração devido a incertezas nos setores econômico, sócio-político e tecnológico. Por exemplo, as flutuações nos mercados de capital, suprimentos, mão de obra e vendas ajudam na concepção de um ambiente instável e competitivo. Neste ambiente dinâmico, a grande preocupação das empresas é com o que pode acontecer e como atuar sobre estes eventos preventivamente ou como adaptar suas estratégias às mudanças previstas (KOTLER, 1991)Fonte inválida especificada., (MOON, MENTZER, et al., 1998)Fonte inválida especificada..

Montgomery, Johnson e Gardiner (1990) e Makridakis (1996) afirmam que, para obter sucesso na formulação de planejamentos e no direcionamento estratégico das empresas, são necessárias a identificação e a previsão correta das mudanças emergentes no ambiente de negócios, o que torna a previsão de demanda um elemento chave na tomada de decisão gerencial. As empresas podem melhorar sua eficiência se elas puderem antecipar problemas e desenvolver planos para responder a esses problemas (ARMSTRONG, 1983)Fonte inválida especificada..

Para atingir esses objetivos, novas abordagens na construção de modelos de previsão tem sido publicados na literatura baseadas nas técnicas de inteligência artificial (GHANBARI, 2010)Fonte inválida especificada., (DE AQUINO, LIRA, et al.,

2012)Fonte inválida especificada., (XU, CAI e MILANOVIC, 2014)Fonte inválida especificada., como a lógica fuzzy (ZHOU TAO, 2013)Fonte inválida especificada. e redes neurais artificiais (DONGXIAO NIU, 2007)Fonte inválida especificada., as quais apresentaram resultados muito relevantes. Essas técnicas são inspiradas em aspectos biológicos de aprendizagem e raciocínio, e são executadas e aplicadas em diferentes campos da ciência e da engenharia (G. E. P. BOX, 2008)Fonte inválida especificada., (S. G. MAKRIDAKIS, 1998)Fonte inválida especificada..

Uma rede neural artificial (RNA) é um sistema capaz de processar informação de forma distribuída e de incorporar conhecimento através de exemplos. Logo após a validação do modelo, são realizados mapeamentos, do tipo caixa preta, da entrada para saída do sistema proposto. De outro lado, os modelos de previsão baseados em lógica fuzzy são construídos baseados em regras oriundas de especialistas, interpretando, assim, os resultados de acordo com o raciocínio imposto pelo especialista.

Portanto, este artigo tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de previsão utilizando a lógica fuzzy. Para tal fim, será tomado como estudo de caso os históricos de demanda de uma concessionária de energia elétrica. A partir dos históricos coletados, foram definidas as regras para a inserção do conhecimento ao sistema. Os dados correspondem ao período de 2008 a 2014, com intervalos de amostragem das máximas potências ativas semanais. Para validar os resultados obtidos de previsão foram utilizadas métricas estatísticas, como o erro percentual absoluto médio (MAPE) e o erro absoluto médio (MAE).

2 DEFINIÇÕES PRELIMINARES: LÓGICA FUZZY

Afirmar que uma declaração é verdadeira ou falsa (COX, 1994)Fonte inválida especificada., não podendo ser ao mesmo tempo parcialmente verdadeira e parcialmente falsa, junto ao princípio da contradição, formam a base do pensamento lógico clássico.

A lógica fuzzy ou lógica nebulosa (MENDEL, 1995)Fonte inválida especificada. viola estas suposições. Um sim ou um não, na maioria das vezes, é uma resposta incompleta. Na verdade, entre a total certeza e a total

incerteza, existem infinitos graus. No passado, esta imperfeição intrínseca à informação representada numa linguagem natural tem sido tratada matematicamente com o uso da teoria das probabilidades. Contudo, a lógica nebulosa, com base na teoria dos conjuntos nebulosos ou conjuntos fuzzy (fuzzy set), tem se mostrado mais adequada para tratar imperfeições de informação quando comparada a teoria das probabilidades.

A lógica fuzzy (ALTROCK, 1995) é a lógica que suporta os modos de raciocínio que são aproximados ao invés de exatos. Controle de decisões, sistemas de previsões, controle e modelagem são técnicas para o tratamento de informações qualitativas de uma forma rigorosa.

Proveniente do conceito de conjuntos fuzzy, a lógica fuzzy constitui a base para o desenvolvimento de métodos e algoritmos de modelagem e controle de processos, permitindo a redução da complexidade de projeto e implementação. Assim, torna-se a

solução para problemas até então intratáveis por técnicas clássicas ou métodos estatísticos.

2.1 CONJUNTOS FUZZY E GRAU DE PERTINÊNCIA

Os conjuntos fuzzy são conjuntos que não possuem fronteiras bem definidas e que foram introduzidos devido ao fato de os conjuntos clássicos apresentarem limitações para lidar com problemas onde as transições de uma classe para outra acontecem de forma suave, e não de forma brusca como nos conjuntos clássicos. Sua definição, propriedades e operações são obtidas da generalização da teoria de conjuntos clássicos, recaindo esta em um caso particular da teoria de conjuntos fuzzy.

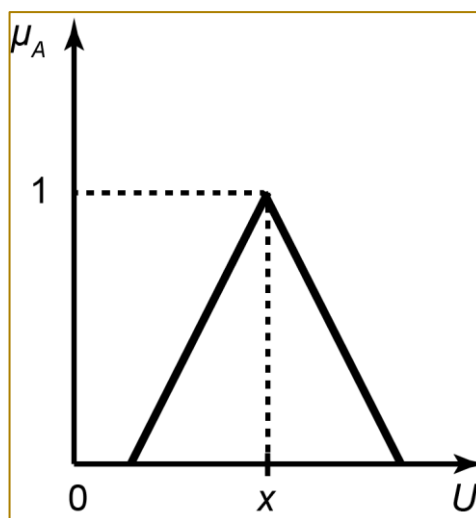
Na teoria clássica de conjuntos, um elemento ou pertence a um conjunto ou não. Dado um universo U e um elemento $x \in U$, o grau de pertinência do elemento x , $\mu_A(x)$ com relação ao conjunto $A \subseteq U$ é dado por:

$$\mu_A(x) \begin{cases} 1, & \text{se } x \in A \\ 0, & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

A função $\mu_A(x): U \rightarrow \{0,1\}$ é nomeada de função característica na teoria clássica de conjuntos. Essa função pode somente

assumir valores discretos, ou 0 ou 1. Pode-se observar esse fato na expressão (1).

Figura 1 - Função de pertinência triangular



Na lógica fuzzy, um elemento x que pertence ao conjunto universo U tem um determinado grau de pertinência com relação

ao conjunto A , grau este que é definido no intervalo $[0,1]$ e descrito por $\mu_A(x)$. O grau 0 significa a exclusão total do elemento em

relação ao conjunto, o valor 1 significa a inclusão total do elemento e qualquer valor entre esse dois representa um pertinência ou inclusão parcial.

A Figura 1 aborda uma função de pertinência triangular com pico em x . Quanto mais próximo de x , mais o elemento se identifica com o conceito representado por x em relação ao conjunto A . Em outras palavras,

quando mais próximo a x , maior seu grau de pertinência.

Portanto, como o grau de pertinência não é mais um dado binário, não é definido um conjunto apenas pelos seus elementos. Agora, conjuntos fuzzy são definidos por pares ordenados, que indicam cada elemento com seu grau de pertinência para o conjunto em questão, assim como na expressão (2).

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\} \quad (2)$$

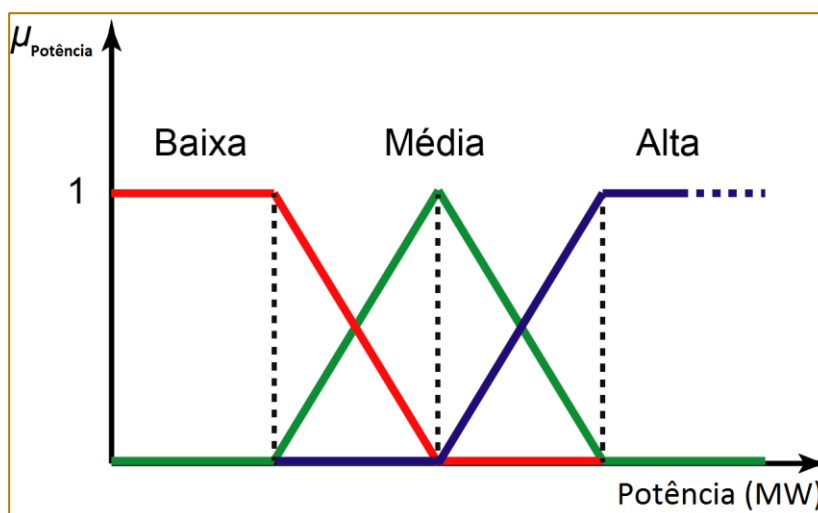
2.2 REGRAS DE INFERÊNCIA

Na teoria fuzzy, os parâmetros de entrada do sistema são mapeados em variáveis linguísticas que são utilizadas na definição de regras para o processamento de variáveis de saída, que também são representadas por variáveis linguísticas.

Assim, ao invés de assumir instâncias numéricas, as entradas e saídas assumem

instâncias linguísticas. A Figura 2 ilustra três possíveis termos linguísticos para a variável linguística representando a potência elétrica. Nesta figura observa-se a construção de três conjuntos fuzzy (baixa, média, alta) contidas dentro do domínio da variável Potência. Nesta subdivisão do domínio, as interfaces entre os conjuntos são do tipo fuzzy, isto é, não existe uma definição binária entre eles.

Figura 2 - Representação da variável linguística potência



A forma mais comum de expressar o conhecimento é por meio de regras do tipo condição-ação (ALTROCK, 1995)Fonte inválida especificada.. As regras são formadas por antecedentes e consequentes.

Os termos denominados antecedentes descrevem as condições necessárias para que haja um determinado resultado, sendo que os termos denominados consequentes representam os próprios resultados ou ações que podem ser executadas quando os

antecedentes são verificados. De uma forma diferente da teoria clássica, uma regra fuzzy pode ser avaliada mesmo se os antecedentes não forem completamente satisfeitos (ZADEH, 1973)Fonte inválida especificada..

Um sistema de inferência fuzzy baseado em regras permite a fusão de múltiplas regras fuzzy. Esta fusão é obtida pelo uso de ponderadores, ou seja, valores que se associam às regras e que determinam um grau de importância a cada uma delas.

Um sistema de inferência baseado em regras é uma generalização do esquema lógico de raciocínio denominado modus ponens. Na lógica clássica, se o antecedente de uma regra é dito verdadeiro, então pode-se afirmar

que o consequente dessa regra também será verdade (ZADEH, 1973)Fonte inválida especificada..

Uma regra fuzzy típica pode ser dada por:

Se Potência_(n-1) é Alta e Potência_(n) é Alta então Potência_(n+1) é Alta (3)

onde: Potência_(n-1), Potência_(n), Potência_(n+1) são conjuntos fuzzy que representam a potência elétrica de um determinado equipamento e o operador “então” indica uma função de implicação fuzzy. O índice (n) representa o instante de tempo atual, (n-1) representa o instante de tempo passado e (n+1) representa o instante de tempo futuro.

2.3 SISTEMAS DE INFERÊNCIA

O processo de inferência (ZADEH, 1973)Fonte inválida especificada. ocorre através da determinação do valor de cada consequente das regras nebulosas, a partir dos graus de compatibilidade entre as proposições derivadas das medidas com as respectivas proposições presentes nos antecedentes das regras.

Uma vez descrito alguns dos aspectos de sistemas fuzzy, pode-se resumir o sistema de inferência fuzzy ou controlador fuzzy em três fases: fuzzificação, inferência e defuzzificação. A Figura 3 apresenta o

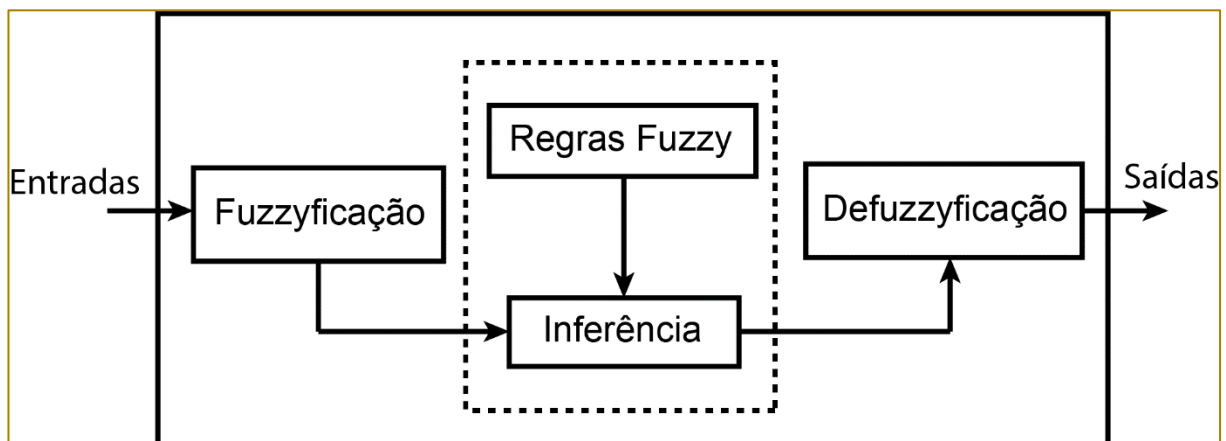
sistema de inferência fuzzy e a forma de interligação entre as fases. A função de cada fase pode ser descrita da seguinte forma:

Na fuzzificação, os valores de entrada, fornecidos no formato numérico por sensores ou medidores, são convertidos em valores linguísticos;

Na fase de inferência, os valores linguísticos, resultados da fuzzificação, são combinados de forma a gerar valores linguísticos de saída, de acordo com regras de inferência fuzzy. Em um controlador fuzzy, as regras têm um papel fundamental, pois o bom desempenho do sistema está vinculado à produção de regras consistentes. A base do conhecimento pode ser fornecida por especialistas através de termos linguísticos. Esse processo pode ser complicado, mas, independente do conhecimento do especialista, uma alternativa para formação da base de regras é através da mineração de dados numéricos;

Por fim, na defuzzificação, os valores de saída são, novamente, convertidos em valores numéricos.

Figura 3 - Sistema fuzzy

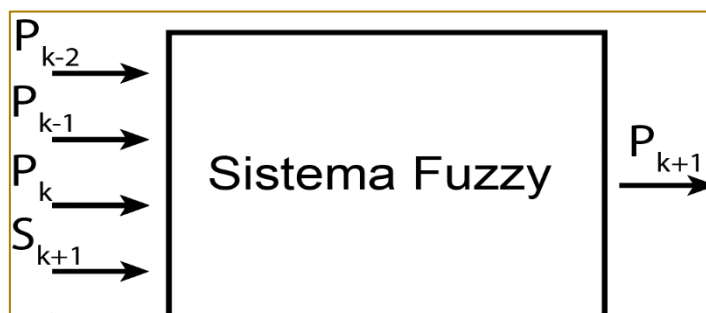


3 MÉTODO PROPOSTO PARA PREVISÃO DE DEMANDA

Na Figura 4 é ilustrado o método proposto para previsão, no qual utiliza-se uma janela de 4 entradas no sistema fuzzy (3 potências anteriores (P_k , P_{k-1} , P_{k-2}), representando a

demanda de energia elétrica, e 1 entrada do índice da semana a prever (S_{k+1})) para prever 1 potência (P_{k+1}). O Sistema de Inferência Fuzzy (FIS) incorpora conhecimento através de regras para ser utilizada na inferência e assim construir um sistema não linear para mapear entradas para saídas.

Figura 4 - Sistema fuzzy



O processo de construção do sistema fuzzy para previsão de demanda é definido em 6 etapas:

- Coleta de dados;
- Definição de variáveis;
- Preparo dos dados;
- Configuração dos conjuntos fuzzy;
- Inferência: execução do sistema de inferência fuzzy;
- Previsão: saída do sistema fuzzy.

A Etapa 1 é o extração do banco de dados das máximas potências de cada semana, assim como a data respectiva dessa potência e os índices da semana.

Em seguida, na etapa 2, construi-se tabelas com dados de entradas e saídas precisas, em que foi adotado 4 entradas e 1 saída, tendo essas saídas como possíveis entradas para realimentações de previsões feitas pelo sistema.

Na etapa 3, realiza-se a separação dos dados para análise. Nesta proposta, foi utilizado os dados do período de 2008 a 2011 para extrair o comportamento da demanda (gerar as regras) e de 2012 para validar a previsão da demanda.

Prosseguindo, na etapa 4, foi configurado as variáveis do sistema. Definiu-se as configurações das variáveis de potência e de semana. Vale salientar que o número de conjuntos fuzzy para potência é variado e os

ranges (intervalo de valores possíveis para variável) são constantes e comuns para todas as variáveis do mesmo tipo.

Foi definindo para este trabalho, de forma empírica, uma quantidade fixa de variáveis linguísticas para a semana de 31. Já para as potências, foi variada essa quantidade entre 3 a 50, todos do tipo triangular, mantendo um mesmo range.

Após a preparação dos dados e a configuração do sistema fuzzy, é realizada a etapa 5 no qual, inicialmente os valores de entrada sofrem processo de fuzzyficação, transformando os valores numéricos em linguísticos, retornando um conjunto fuzzy com um grau de pertinência. O procedimento de inferência avalia a entrada de valores linguísticos para cada regra, ativando algumas delas e fornecendo um grau de pertinência de cada conjunto.

Por fim, na etapa 6, o procedimento defuzzificação transforma um conjunto fuzzy para um valor numérico de saída. Neste trabalho foi considerada a técnica de defuzzificação do centro geométrico (RUNKLER, 1997)Fonte inválida especificada..

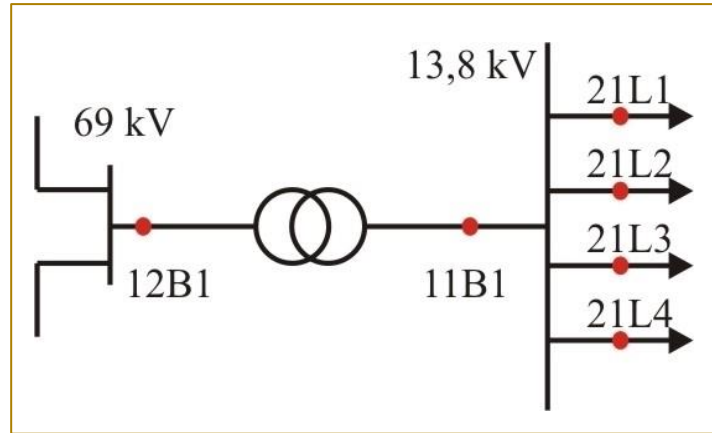
4 ESTUDO DE CASO: SUBESTAÇÃO DE ESPERANÇA

É necessário para o sistema de previsão em estudo as amostras passadas de demanda. Para isso, considerou-se os dados recolhidos a partir de uma subestação de alta tensão real

de uma cidade brasileira chamada Esperança, localizada no estado da Paraíba. Os dados medidos foram de 2008 até 2014 e considerou-se a potência ativa máxima

semanal. Na Figura 5 é ilustrado o diagrama unifilar da subestação em questão. Foram recolhidos dados sobre os pontos de medição 21L1 e 21L2.

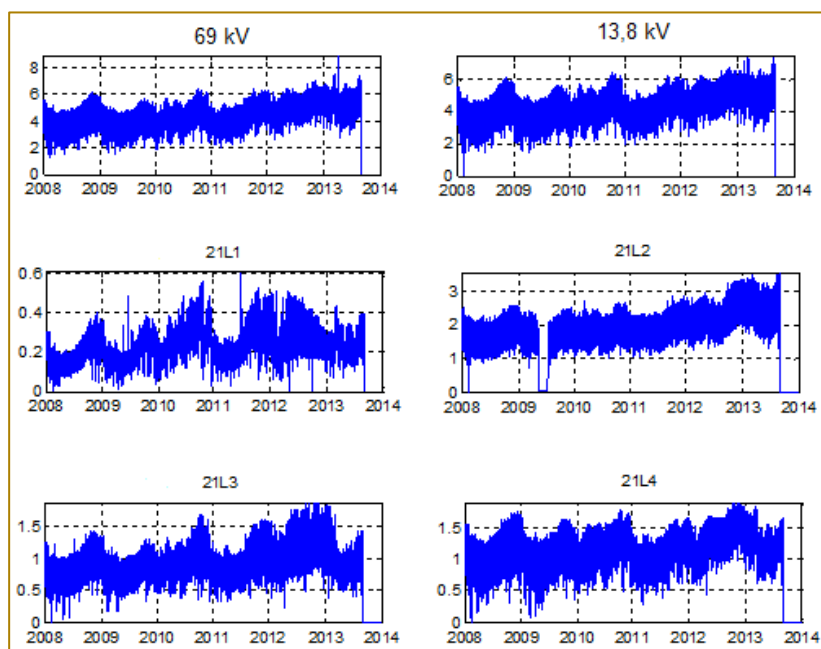
Figura 5 - Diagrama Unifilar da Subestação Esperança, localizada na Paraíba/Brasil



Um sistema elétrico de potência contém subestações de distribuição de energia, e estes são normalmente monitorados por sistemas de aquisição de dados (RTU - Unidade Terminal Remota), onde registra tensão, corrente, potência, fator de potência, etc., e todos os dados medidos são enviados para um servidor, com base em um sistema SCADA. Estas informações são usadas para extração do comportamento desta rede.

A Figura 6 ilustra a representação de séries temporais dos dados medidos, com um período de amostragem de 15 minutos, em níveis de média e alta tensão para o período de 2008-2013. É possível observar nos perfis de demanda uma alta não-linearidade da série histórica, com características sazonais e tendência.

Figura 6 - Séries temporais de demanda para o período de 2008-2013 para a subestação Esperança / Brasil



O objetivo do sistema de previsão é determinar a potência fornecida pelos transformadores em um passo futuro, evitando sobrecarregamento do mesmo e possibilitando o planejamento da demanda futura e expansão da subestação. Com isso, a concessionária de energia elétrica terá uma importante ferramenta estratégica para o planejamento anual. Ela poderá efetuar a expansão e manutenção da rede elétrica de uma determinada região com mais precisão.

Os resultados apresentados a seguir são associados com as medições reais da subestação de Esperança localizada na Paraíba / Brasil. Os pontos de medição utilizados foram os alimentadores 21L1 e 21L2 por um período de análise de 2008-2014, considerando apenas as máximas potências semanais. Todas as previsões têm base de tempo como o número de semanas, ou seja, 52 semanas por ano conforme apresentado na Figura 7 e Figura 8 . Vale salientar que o sistema proposto é adequado para diversos tipos de séries temporais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Figura 7 - Dados o alimentador 21L1 no período de 2008 a 2012

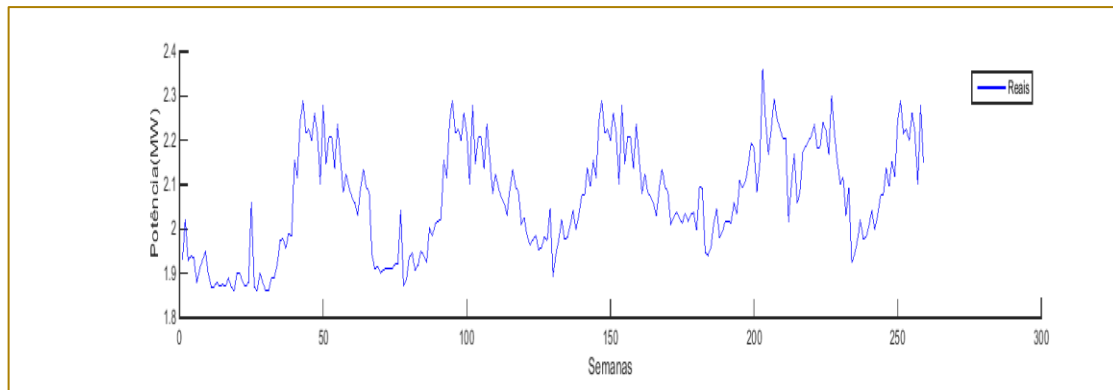
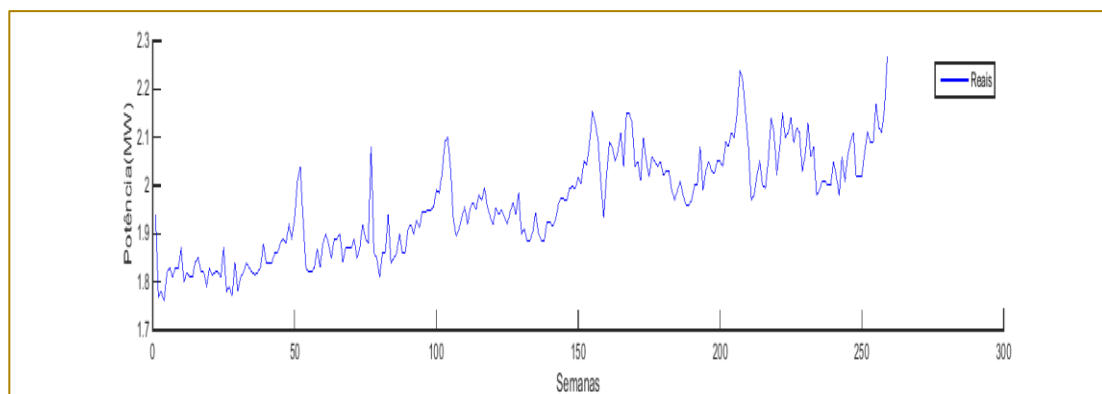


Figura 8 - Dados o alimentador 21L1 no período de 2008 a 2012



Para avaliar os resultados, utilizou-se do erro absoluto percentual médio (MAPE) e o máximo erro absoluto (MAE).

Na Figura 9 e Figura 10 estão ilustrados os resultados da fase de previsão, considerando os menores valores de MAPE para a variação proposta da quantidade de conjuntos fuzzy da potência. A curva vermelha representa os dados da série temporal real, no período de 2013 a 2014. A linha azul é o resultado da previsão para o mesmo período. Importante

salientar que as figuras contêm apenas os dados separados para previsão, compreendendo em 104 semanas ou 2 anos de previsão.

Na Figura 9, ilustra-se a previsão do ponto de medição 21L1 com 24 conjuntos fuzzy nas variáveis de potência e 31 conjuntos fuzzy na variável semana. Foi encontrado um MAPE de 4,32% para a previsão de 2 anos ou 104 semanas. Também foi encontrado o MAE de 0,27 MW.

Figura 9 - Previsão Subestação Esperança21L1

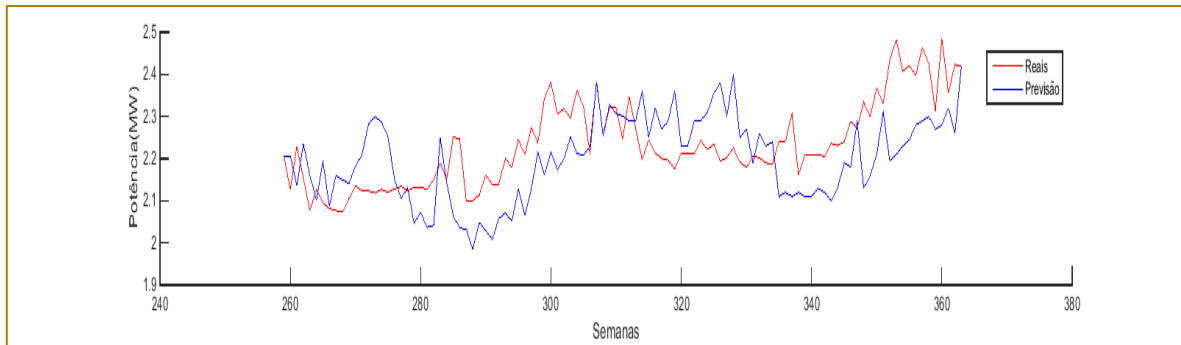
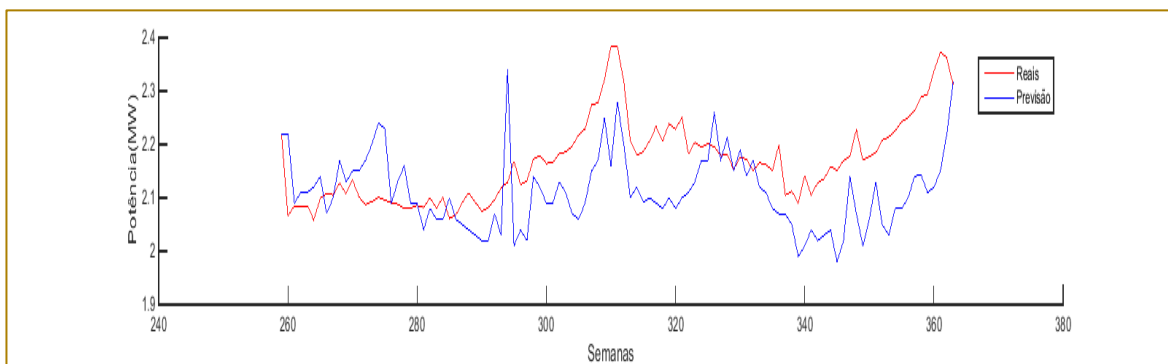


Figura 10 - Previsão Subestação Esperança21L2



Na Figura 10 foi encontrado uma previsão do ponto de medição 21L2 com MAPE de 4,05% para as 104 semanas. A configuração utilizada para esse resultado foi de 26 conjuntos fuzzy nas variáveis de potência e 31 conjuntos para variável semana. Foi encontrado o MAE de 0,22 MW.

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema de previsão de demanda utilizando um sistema de inferência fuzzy. Sendo que para o caso estudado, foi utilizado de forma empírica, algumas variações na quantidade de conjuntos fuzzy das variáveis de potência, verificado a eficiência da previsão por meio do MAPE e MAE. Para a aplicação realizada, foi encontrado uma previsão demanda de 104 semanas (2 anos) futura com um MAPE de

4,32% para o ponto de medição 21L1 e 4,05% para 21L2, utilizando uma quantidade de 24 e 26 conjuntos fuzzy na variável de potência, respectivamente. E o erro absoluto médio foi de 0,27 MW para o ponto de medição 21L1 e 0,22 MW para 21L2. O que concluímos que o sistema proposto opera de forma confiável e robusta na previsão de demanda. O desenvolvimento do sistema de previsão permitirá que especialistas de energia / indústria possam realizar a tomada de decisão de forma precisa, especialmente para definir os projetos de expansão da rede, os orçamentos e investimentos em novas tecnologias. Por fim, os resultados apresentados para a subestação de Esperança, localizada na Paraíba / Brasil foram bastante satisfatórios.

REFERÊNCIAS

- [1]. ALTROCK, C. V. Fuzzy Logic & NeuroFuzzy Applications Explained. [S.l.]: Prentice-Hall PTR, 1995.
- [2]. ARMSTRONG, J. Strategic Planning and Forecasting Fundamentals. In: ALBERT, K. The

Strategic Management Handbook, New York: MacGraw Hill, 1983.

- [3]. COX, E. The Fuzzy Systems Handbook: A Practitioner's Guide to Building, Using, and

Maintaining Fuzzy Systems. [S.l.]: AP Professional, 1994.

[4]. DE AQUINO, R. R. B. . G. H. T. V. et al. Wind forecasting and wind power generation: Looking for the best model based on artificial intelligence. Neural Networks (IJCNN), The 2012 International Joint Conference on, p. 1-8, 2012.

[5]. DONGXIAO NIU, Z. G. . X. Research on Neural Networks Based on Culture Particle Swarm Optimization and Its Application in Power Load Forecasting, Natural Computation, 2007. ICNC 2007. Third International Conference on, v. 1, p. 24-27, 2007.

[6]. G. E. P. BOX, G. M. J. G. C. R. Time Series Analysis: Forecasting and Control. 4th. ed. [S.l.]: Wiley, 2008.

[7]. GHANBARI, A. . H. E. . A.-N. S. Comparison of Artificial Intelligence Based Techniques for Short Term Load Forecasting. Business Intelligence and Financial Engineering (BIFE), 2010 Third International Conference on, p. 6 – 10, 2010.

[8]. KOTLER, P. Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation, and Control, New Jersey: Prentice-Hall, 1991.

[9]. MAKRIDAKIS, S. Forecasting: Its Role and Value for Planning and Strategy. Internacional Journal of Forecasting, v. 12, p. 513-537, 1996. ISSN 4.

[10]. MENDEL, J. M. Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial, Proc. of the IEEE, v. 83, n.3, 1995.

[11]. MONTGOMERY, D.; JOHNSON, L.; GARDINER, J. Forecasting and Time Series Analysis, New York: McGraw-Hill, 1990.

[12]. MOON, M. et al. Seven Keys to Better Forecasting. Business Horizons, v. 41, p. 44-52, 1998.

[13]. RUNKLER, T. A. Selection of Appropriate Defuzzification Methods Using Application Specific Properties. IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS, v. 5, FEBRUARY 1997.

[14]. S. G. MAKRIDAKIS, S. C. W. R. J. H. Forecasting: Methods and Applications. 3rd. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1998.

[15]. XU, Y.; CAI, J.; MILANOVIC, J. V. On accuracy of demand forecasting and its extension to demand composition forecasting using artificial intelligence based methods. Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe), 2014 IEEE PES, p. 1 - 6, 2014.

[16]. ZADEH, L. A. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. IEEE Transactions on Systems, 1973.

[17]. ZHOU TAO, T. Z. . R. S. Medium and long term load forecasting based on fuzzy times series. Advanced Mechatronic Systems (ICAMEchS), 2013 International Conference on, p. 671 – 673, 2013.

Capítulo 3

ESTUDO DO BALANCEAMENTO DA CARGA DE TRABALHO NO PROCESSO DE ARMAZENAGEM DA PRODUÇÃO EM ÁREA DE PICKING

Tais Helena Garcia Homem de Bittencourt

Ruy Cordeiro Accioly

Resumo: A armazenagem possui grande importância dentro da cadeia de suprimentos, ainda que não agregue valor ao produto é responsável por uma alta porcentagem dos custos logísticos. Entre as atividades que ocorrem em um armazém, a que mais demanda tempo é o *picking*, sendo que uma das estratégias para realizá-lo é o *picking* por zona, porém o grande problema deste método é o balanceamento da carga de trabalho entre as zonas. Neste sentido o objetivo deste estudo é balancear a carga de trabalho de um armazém de uma empresa do setor alimentício que faz uso desta estratégia, relacionando a área da produção com a área de *picking*, por meio de análises quantitativas destas áreas como: velocidade das linhas de produção, quantidade de produtos fabricados, quantidades e variedades de produtos separados por cada colaborador entre outros. Os resultados obtidos sugerem que a estratégia de *picking* por zona se for usada em conjunto com o balanceamento da carga de trabalho entre as zonas, por meio da integração das atividades ligadas entre as áreas de produção e de *picking*, ocorre um aumento significativo da otimização desta estratégia.

Palavras-Chave: Balanceamento de carga de trabalho, Picking, Processo de armazenagem

1. INTRODUÇÃO

Segundo Chopra e Meindl (2014) a cadeia de suprimentos é definida como todas as partes envolvidas de forma direta ou indiretamente na execução do pedido de um cliente incluindo: transportadoras, armazéns, varejistas e até mesmo os próprios clientes. Seu objetivo é maximizar o valor geral gerado sendo este valor a diferença entre: o preço que o produto final vale para o cliente e os custos gerados em decorrência de atender sua solicitação.

Neste sentido a armazenagem possui um papel importante nas empresas, pois de acordo com Tompkins e Smith (1998 apud POCINHO, 2013) a armazenagem possui custos, mas não acrescenta valor ao produto, ainda assim é necessária uma vez que o seu valor está em fornecer o produto certo no lugar e hora correta. Porém, as atividades de armazenagem quando bem desempenhadas podem aumentar a produtividade e eficiência do armazém, conseqüentemente reduzindo o tempo das operações e os prazos de entrega, diminuindo os custos e aumentando a satisfação do cliente (POCINHO, 2013).

A principal atividade logística da maioria dos armazéns é o *picking*, pois é uma das mais dispendiosas e trabalhosas, sendo que na maioria dos casos os custos podem chegar a 50% do total dos custos do armazém, portanto otimizar e melhorar esta atividade é uma forma de reduzi-los e atender mais rapidamente o pedido do cliente (SANTOS, 2014).

A área de estocagem ocupa um espaço grande na maioria dos armazéns em função do acondicionamento dos estoques, por esta razão os operadores em média gastam 60% do seu tempo com deslocamentos para fazer o *picking*, para isso foram desenvolvidos estratégias a fim de diminuí-los (FERNANDES, 2012)(Fernandes, 2012).

Entre estas estratégias está o *picking* por zona, sendo que sua maior desvantagem segundo Alegre (2005, p.14) seria “o atraso que pode resultar do desequilíbrio das cargas de trabalho das zonas de *picking* e a sequência de pedidos”. Neste sentido Lima (2002) afirma que a grande dificuldade deste método é balancear a carga de trabalho entre as zonas.

Neste contexto, o objetivo deste estudo é balancear a carga de trabalho entre os operadores de uma empresa do setor

alimentício que utiliza a estratégia de *picking* por zona, dado que a existência deste desequilíbrio foi observada e confirmada por meio de uma análise quantitativa relacionada a atividade de *picking*.

Segundo Ballou (2006) o campo da logística empresarial trabalha com o conceito de gestão integrada, ou seja, a gestão coordenada de atividades inter-relacionadas. Por esta razão, o método para balancear a carga de trabalho baseou-se em relacionar a área de *picking* com a produção, visto que as zonas de *picking* são abastecidas por ela e, conseqüentemente estão associadas. Além do que, buscou-se observar como estas atividades interagem identificando assim, as causas do desequilíbrio.

Com base nestes dados, foi feita uma nova redistribuição de produtos entre as zonas e os resultados obtidos sugerem que, apesar das estratégias de *picking* serem baseadas na diminuição do deslocamento e sendo este o fator que mais demanda tempo do operador, as estratégias podem ter um efeito melhor em relação a otimização do armazém se não forem aplicadas de forma isolada, é preciso considerar todos os fatores que interferem de forma direta e/ou indireta na atividade de *picking*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Apresenta-se nesta parte o embasamento teórico abordando assuntos envolvendo logística, *picking* e classificação ABC.

2.1. PICKING

Picking é definido por Rodrigues (2007 apud LEITÃO; 2007) como a atividade responsável pela coleta do mix de produtos e quantidades corretos da área de armazenagem para satisfazer as necessidades do consumidor.

Segundo Bozer (1985 apud AGUILAR; 2005) para a execução da atividade de *picking*, pode-se adotar algumas estratégias, entre elas existe a estratégia de *picking* por zona.

De acordo com Lima (2002) este método é indicado para armazéns grandes que possuem alta variedade de produtos e exigem diferentes métodos de manuseio.

[...] neste método o armazém é segmentado em seções ou zonas e cada operador é associado a uma zona. Assim, cada operador coleta os itens do pedido que fazem parte de

sua seção, deixando-os em uma área de consolidação, onde os itens coletados em diferentes zonas são agrupados, compondo o pedido original[...] (LIMA, 2002, p.5).

2.2. CLASSIFICAÇÃO ABC

A classificação ABC é uma ferramenta que pode ser usada para: administração de estoques, estabelecer prioridades, programação da produção, entre outros problemas usuais nas empresas. Ela permite classificar os itens conforme seu nível de importância, sendo os itens classificados como A os mais relevantes, e os itens B e C são intermediários e menos importantes respectivamente (DIAS, 1993).

Esse grau é mensurado em porcentagem, de modo que os itens A representam 75% do valor (podendo ser em termos de custo, tempo ou lucro) B e C representam 20% e 5% respectivamente (POZO, 2015).

3. DESCRIÇÃO DO CENÁRIO

O estudo foi realizado em 2016 entre os meses de outubro e dezembro em uma empresa do setor alimentício localizada na América do Norte. Esta empresa fabrica os seus próprios produtos e os distribui para múltiplos destinos.

A atividade de *picking* no armazém foi o foco deste estudo. Esta área dispõe de 10 colaboradores que trabalham todos os dias, exceto aos sábados, e estão distribuídos em 3 turnos sendo: 3 no período matutino, 3 no vespertino e 4 no período noturno.

A fábrica possui 9 linhas de produção que funcionam todos os dias. São fabricados aproximadamente 100 produtos entre bolachas, pães e bolos. Estes produtos são organizados em lotes que consistem em unidades de caixas de plástico, semelhantes a Figura 1, empilhadas em um palete de madeira. Em seguida são enviados para a área de *picking*, onde serão separados em função do número de caixas e posteriormente enviados para múltiplos destinos.

Figura 1 - Modelo de caixa plástica semelhante ao usado na empresa



Fonte: Portal Solução Industriais

A separação dos pedidos é realizada na ordem das saídas dos transportes para os respectivos destinos, que é de conhecimento dos colaboradores. Uma vez que todos os pedidos do turno já foram separados, eles começam a antecipar os próximos, embora nem sempre isso era possível.

A área de *picking* era dividida em 3 zonas, uma para cada operador (no caso do turno noturno um colaborador trabalhava fechando os pedidos). Essa divisão foi criada com o objetivo de facilitar a memorização e a localização dos produtos para os operadores que traziam os produtos da produção.

Entre os colaboradores da área de *picking* observou-se diferenças de tempo referentes: a velocidade de operação (alguns pareciam

trabalhar de forma mais acelerada que outros) e a finalização dos pedidos (o colaborador responsável pela zona 3 sempre era o último a terminar o seu trabalho, enquanto que os outros dois terminavam aproximadamente juntos).

Outro fator observado foi que os colaboradores entendiam que em sua jornada de trabalho consistia em apenas separar os pedidos de seu turno, ou seja, o seu ritmo de trabalho era ajustado em relação aos pedidos, enquanto que em realidade este era o mínimo que eles deveriam separar.

Por esta razão, considerou-se a hipótese de um desequilíbrio da carga de trabalho entre as zonas.

4. ESTUDO E ANÁLISE DO DESEQUILÍBRIO NO SETOR DE PICKING

O método utilizado para balancear a carga de trabalho entre os colaboradores consistiu em mensurar o ritmo da saída de produtos da área de produção, e sincronizá-los com o ritmo de trabalho da área de *picking*. A partir desses dados, elaborou-se uma proposta de redistribuição dos produtos entre as zonas.

Em relação ao setor de produção foi considerado a velocidade média das linhas de produção, as quantidades de lotes produzidos em cada turno e a média diária de fabricação de cada produto.

Em relação a área de *picking* foram analisadas as variedades de produtos entre as zonas e a quantidade de fabricação de cada produto em relação aos dias da semana.

Para fazer essas análises utilizou-se os dados do mês com a maior demanda do ano de 2016.

4.1. ANÁLISE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO

Nesta fase do estudo foram analisadas as variáveis da produção que possuem relação com a área de *picking*.

4.1.1. VELOCIDADE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO

As linhas de produção possuem diferentes velocidades de funcionamento. Considerando um cenário com duas linhas de produção, uma mais rápida (Linha A) e outra mais lenta (Linha B), o colaborador da linha "A" teria que ser mais ágil para recolher seus produtos no mesmo tempo que o colaborador da linha "B", ou seja, existiria um desequilíbrio entre o ritmo de saída de produtos da área de produção e o ritmo de trabalho dos colaboradores na área de *picking*. Por esta razão, foi calculada a velocidade média diária de cada linha de produção, em relação ao número de lotes por hora para posteriormente fazer a distribuição.

A equação 1 representa o tempo gasto em uma linha de produção, durante um mês, necessário para produzir lotes no turno "j".

$$S'_{jk} = \sum_{i=1}^8 S_{ijk} \quad (1)$$

Onde:

i - índice que corresponde a cada uma das 8 horas de trabalho de cada turno, com i = 1, 2, ... 8.

j - índice que corresponde aos turnos de trabalho: [1] = matutino, [2] = vespertino, [3] = noturno, com j = 1, 2, 3.

k - índice que corresponde a uma das 9 linhas de produção, com k = 1, 2, ... 9.

S_{ijk} - soma mensal dos intervalos de tempo entre um lote e outro na saída da produção, da hora "i" (em minutos), turno "j" e linha de produção "k".

S'_{jk} - soma mensal total dos intervalos de tempo entre um lote e outro, na saída da produção, da hora "i", no turno "j" (em minutos) e na linha de produção "k".

A equação (2) representa a quantidade total de lotes finalizados na produção na equação 1.

$$Q_{jk} = \sum_{i=1}^8 Q_{ijk} \quad (2)$$

Onde:

Q_{ijk} = quantidade de saídas de lotes, na hora "i", no turno "j", e na linha de produção "k".

Q_{jk} = quantidade de saídas de lotes no turno "j", e na linha de produção "k".

A equação 3 representa a média do número de lotes produzidos em cada turno "j".

$$\bar{S}_{jk} = \frac{S'_{jk}}{Q_{jk}} \quad (3)$$

Onde:

\bar{S}_{jk} = média da linha de produção em minutos por lote no turno "j" e linha de produção "k".

A equação 4 representa a soma total de todos os intervalos de tempo entre as saídas de lotes, considerando todos os turnos.

$$ST_k = \sum_{j=1}^3 S'_{jk} \quad (4)$$

Onde:

ST_k = soma total dos intervalos de tempo entre saídas (em minutos) em todos os turnos.

A equação 5 representa o número total de lotes finalizados na produção na equação 4.

$$QT_k = \sum_{j=1}^3 Q_{jk} \quad (5)$$

Onde:

QT_k = soma total da quantidade de saídas de lotes de todos os turnos na linha de produção "k".

A equação 6 representa a quantidade média de lotes produzidos por hora, por mês, na linha de produção "k".

$$VL_k = \frac{60}{\frac{ST_k}{QT_k}} \quad (6)$$

Onde:

VL_k = velocidade média de saída de lotes por hora, por mês, na linha de produção "k".

Determinou-se também a quantidade média de lotes (em porcentagem) produzidos em cada turno, identificando assim qual é o mais saturado para posteriormente remanejar o número de colaboradores para que correspondam a demanda da produção.

4.1.2. QUANTIDADES DE LOTES PRODUZIDOS EM CADA TURNO

A equação 7 representa a produção mensal de lotes no turno calculado.

$$PL_{jk} = \frac{60}{\bar{S}_{jk}} \quad (7)$$

Onde:

PL_{jk} = total de lote produzidos no turno j.

A equação 8 representa a produção total de lotes no mês.

$$PLP_j = \sum_{k=1}^9 PL_{jk} \quad (8)$$

Onde:

PLP_j = soma de lotes produzidos por todas as linhas em cada turno "j".

A equação 9 representa a produção mensal total.

$$PLT = \sum_{k=1}^9 \sum_{j=1}^3 PL_{jk} \quad (9)$$

Onde:

PLT = soma total de lotes produzidos em todos os turnos em todas as linhas.

A equação 10 representa a produção mensal em porcentagem no turno calculado.

$$PL_j\% = \frac{PLP_j}{PLT} \quad (10)$$

Onde:

PL_j% = número de lotes produzidos em porcentagem no turno *j*.

4.1.3. MÉDIA DIÁRIA DE PRODUÇÃO DOS PRODUTOS POR TURNO

Esse cálculo foi feito somando a quantidade mensal total de produção de cada produto e dividido pelos dias em que foram fabricados. Esses dados foram relacionados com os produtos destinados a cada zona obtendo assim, a carga de trabalho mensurada em uma média diária de lotes que cada operador movimentava.

4.2. ANÁLISE DA ÁREA DE PICKING

Nesta fase do estudo foram analisadas as variáveis que interferem no equilíbrio referentes a área de *picking*.

4.2.1. VARIEDADE DE PRODUTOS

Em uma determinada situação na qual dois colaboradores possuem a mesma quantidade de itens para movimentar, mas com uma diferença em relação a variedade, aquele que possui a maior variedade irá necessitar de mais tempo para recolher. Por essa razão, a variedade de itens foi considerada como variável para análise do equilíbrio.

Para obter esses dados foram somadas as variedades de produtos de cada zona.

4.2.2. ANÁLISE DOS PRODUTOS POR VOLUME DE PRODUÇÃO POR MEIO DE DA CLASSIFICAÇÃO ABC

A quantidade de produção dos itens varia ao longo da semana, isto é, um mesmo produto terá maior ou menor produção dependendo do dia da semana. Para administrar melhor estes estoques distribuindo os produtos entre as zonas de forma equilibrada, se fez uso da ferramenta de classificação ABC.

Esta classificação foi feita somando-se a produção mensal de todos os produtos separadamente em relação ao dia da semana e classificando-os como A, B ou C, sendo os produtos classificados como A em um determinado dia da semana, indica maior produção neste dia, os classificados como B e C representam produção intermediária e baixa respectivamente.

Essa classificação é importante para orientar a distribuição de produtos no balanceamento de carga de trabalho no processo de *picking*.

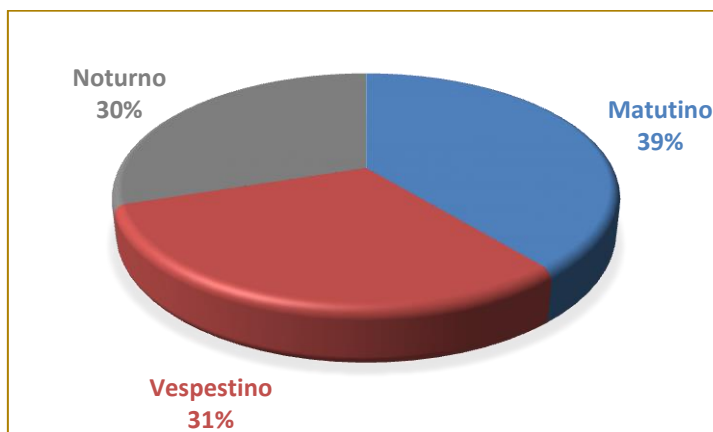
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta parte será apresentado o cenário antes e depois da implantação, assim como os resultados obtidos.

5.1. CENÁRIO INICIAL

O turno em que há maior volume de produção é o matutino com 39% da produção total, conforme mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Porcentagem de lotes produzidos em cada turno



Fonte: Autor (2017).

A Tabela 1 mostra a quantidade, variedade de produtos e o número de linhas de produção atribuídas a cada operador. A atribuição de cada colaborador em relação as linhas estão representadas em ordem decrescente em relação a velocidade, sendo a L_1 a mais rápida. A linha 2 possui uma divisão de um produto com aproximadamente 36% de produção, representada por L_2' . Esses produtos apesar de serem da mesma linha, eram colocados em zonas diferentes.

Observa-se que entre os operadores 1 e 2 existe uma diferença significativa de volume de produção, embora terminassem de separar em tempos aproximados.

O fato do operador 1 ser responsável por uma linha de produção em que a maioria dos pedidos são feitos em maior volume e menor variedade pode justificar essa situação. Em função disso seu trabalho não se tornava mais lento, ao contrário, era mais rápido, em razão da diferença do volume de produção em comparação ao operador 2. Diferentemente do operador 3 em que a diferença está na variedade e este, sempre era o último a terminar.

É evidente um desequilíbrio em relação ao número de linhas entre os colaboradores.

Tabela 1 – Produção média diária para todos os turnos no cenário inicial

Média diária de produção dos produtos por turno (%)					
Operador	Linhas de produção atribuídas	Variedade de produtos (%)	Matutino	Vespestino	Noturno
1	L_1	27	45	46	45
2	L_2	23	21	15	20
3	$L_2', L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8, L_9$	50	34	39	35

Fonte: Autor (2017).

A Tabela 2 mostra os resultados da classificação ABC. Vale ressaltar que no turno noturno, apesar de possuir 4 colaboradores, eram 3 que trabalhavam separando os produtos, dado que o outro atuava completando os pedidos dos destinos. Diferentemente da área de produção, que funciona todos os dias, a atividade de *picking* não ocorre aos sábados, portanto, estes

produtos são separados em conjunto com a produção de domingo.

A diferença de quantidade de produtos classificados como A, B ou C entre os operadores em alguns dias ultrapassa os 50%, este cenário sugere que existem dias em que um operador terá que trabalhar mais que o outro, configurando assim, uma distribuição de produtos desproporcional.

Tabela 2 – Classificação ABC dos produtos pela produção diária em todos os turnos do cenário inicial

Classificação ABC do número de itens (%)																		
Operador	Segunda			Terça			Quarta			Quinta			Sexta			Sábado e Domingo		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	27	0	0	13	7	6	26	1	0	0	3	24	13	6	7	19	5	3
2	22	0	1	2	5	15	20	1	1	3	1	18	9	5	7	18	5	0
3	48	0	2	23	10	19	38	3	10	6	3	42	32	11	10	29	10	11

Fonte: Autor (2017).

5.2. CENÁRIO PROPOSTO

Como a produção maior é do período matutino, a escala foi alterada para 4 colaboradores neste período e 3 nos outros.

As linhas L_1 e L_2 possuem a maior velocidade e são fortes no que se refere a média diária de produção. Por esta razão, a divisão da L_2 foi mantida e a L_1 foi dividida e é representada por L_1' . A divisão da L_1 baseou-se em um produto de fácil diferenciação, facilitando assim para os operadores que os trazem da produção. Em seguida as linhas L_1 , L_1' , L_2 e L_2' foram distribuídas entre os quatro colaboradores no período matutino.

Em seguida as duas linhas mais lentas foram distribuídas para outros 2 colaboradores tendo como base a média da produção. O restante foi dividido entre os demais com o critério de que a variedade possui um peso maior em relação ao tempo gasto na separação do que o volume de produtos. Todas essas divisões foram feitas buscando manter o equilíbrio da classificação ABC.

As etapas e os critérios acima descritos foram usados para dividir os produtos nos outros

turnos com uma única diferença do turno matutino em relação ao vespertino e noturno, pois estes turnos possuem um número menor de colaboradores, portanto, não era possível dividir as linhas fortes e suas divisões para diferentes colaboradores como foi realizado no período matutino. Neste contexto, o critério usado foi atribuir as linhas divididas a um mesmo colaborador. Isso porque a média de produção diária destas partes juntas correspondia quase que a uma linha forte.

5.2.1. TURNO MATUTINO

A Tabela 3 mostra o resultado das distribuições das variáveis analisadas entre os operadores. Neste novo cenário a média diária de produção e a variedade de produtos entre eles possuem diferenças menores em relação ao anterior. Vale ressaltar que, apesar da diferença da variedade de produtos do operador 1 em relação aos outros ser bem menor, ela é compensada pelo fato dele possui a maior média diária de produção.

Tabela 3 - Produção média diária para o turno matutino no cenário proposto

Operador	Linhas de produção atribuídas	Variedade de produtos (%)	Média diária de produção (%)
1	L_1, L_6	19	30
2	L_1', L_5, L_4	29	20
3	L_2', L_3, L_8	29	28
4	L_2', L_7, L_9	23	22

Fonte: Autor (2017).

A Tabela 4 mostra a distribuição dos produtos entre os colaboradores referente a classificação ABC. Observa-se que as

diferenças das quantidades de produtos de uma mesma classificação são menores.

Tabela 4 - Classificação ABC dos produtos pela produção diária no turno matutino do cenário proposto

Classificação ABC do número de itens (%)																		
Operador	Segunda			Terça			Quarta			Quinta			Sexta			Sábado e Domingo		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	19	0	1	10	5	3	18	1	0	0	1	18	11	3	4	11	5	2
2	27	0	0	8	7	14	24	1	3	2	4	23	18	7	4	16	5	7
3	30	0	0	19	7	4	23	2	4	5	1	23	16	8	5	20	4	5
4	22	0	1	2	5	15	21	1	1	3	1	19	10	5	8	18	5	0

Fonte: Autor (2017).

5.2.2. TURNOS VESPERTINO E NOTURNO

É importante observar que conforme mostra a Tabela 5, apesar do colaborador 2 possuir a maior variedade de produtos, assim como a

maior média diária de produção, não há excesso da carga de trabalho por causa das linhas que foram atribuídas a ele, são apenas 3 linhas, sendo que duas são divisões de outra linha e a outra é uma linha lenta.

Tabela 5 – Produção média diária para o turno vespertino e noturno no cenário proposto

Operador	Linhas de produção atribuídas	Variedade de produtos (%)	Média diária de produção (%)
1	L ₁ , L ₅ , L ₆	25	31
2	L ₁ , L ₂ , L ₄	38	37
3	L ₂ , L ₃ , L ₇ , L ₈ , L ₉	37	32

Fonte: Autor (2017).

A Tabela 6 mostra a distribuição dos produtos quanto a sua classificação ABC. Há um equilíbrio melhor, isso porque ainda que um colaborador possa ter em um mesmo dia mais produtos de classificação A em relação aos

outros, para compensar a estes foram atribuídos mais produtos de classificação B e/ou C, além do que as diferenças entre as quantidades de produtos de uma mesma classificação são menores.

Tabela 6 – Classificação ABC dos produtos pela produção diária no turno vespertino e noturno no cenário proposto

Classificação ABC do número de itens (%)																		
Operador	Segunda			Terça			Quarta			Quinta			Sexta			Domingo		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	31	0	0	10	10	10	28	2	0	1	1	28	21	5	5	15	9	6
2	34	0	0	10	10	15	33	0	2	3	4	28	15	8	11	26	7	3
3	35	0	0	22	8	5	27	3	5	6	2	27	20	9	6	23	5	6

Fonte: Autor (2017).

Vale ressaltar que todas as variáveis devem ser analisadas de forma conjunta, desse modo algumas vezes algumas distribuições podem parecer errôneas se forem feitas de forma isolada.

6. RESULTADOS

Foram feitas reuniões para expor a nova proposta de trabalho, o modelo proposto foi implantado e não houve resistência por parte dos funcionários.

Foi observado ao longo de 3 semanas de implantação uma redução de aproximadamente 4 horas no fechamento dos pedidos de cada turno, além do que os colaboradores conseguiam adiantar os pedidos dos outros turnos, o estresse deles foi reduzido e trabalharam mais satisfeitos com a nova divisão de tarefas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Balancar a carga de trabalho entre as zonas de *picking* é uma atividade que apresenta certa complexidade, no caso estudado foi fundamental conhecer diversos fatores como velocidade das linhas de produção,

quantidades produzidas em número de lote, variedades de produtos que são separados por cada colaborador, entre outros.

Estas variáveis tinham influência direta ou indiretamente na cadeia logística entre produção e a área de *picking*. Naturalmente em outros armazéns podem existir mais ou menos variáveis a serem consideradas dependendo do seu funcionamento. Após este estudo o que se propõe para realizar o balanço da carga de trabalho é que se considere todos os fatores relacionados a área de *picking*.

Além disso, fatores qualitativos também devem ser considerados. É possível que, se os colaboradores retornarem com a ideia de apenas atender os pedidos do seu turno em vez de trabalharem com a ideia de separar todos os produtos de sua zona, conseqüentemente, irão diminuir seu ritmo de trabalho e o problema retornaria.

Por esta razão o conhecimento do funcionamento da cadeia de produção não deve ser exclusivo de supervisores e gerentes, é importante que os colaboradores conheçam o processo para entender o porquê determinado método foi alterado.

REFERÊNCIAS

- [1]. AGUILAR, R. S. Adequação de um sistema de picking no armazém de produtos acabados de uma empresa de produtos elétricos. In: 25º ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2003, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MCBR-8AMG8U>>. Acesso em: 8 abr. 2017.
- [2]. ALEGRE, A. R. Método Heurístico para Escolha do Sistema de Picking de um Operador Logístico: um Estudo de Caso. Campinas, 2005. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, 2005. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265613/1/Rivera%20Alegre,%20Alexander%20.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2017.
- [3]. BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Logística empresarial. 5ª. ed. Porto Alegre/SC: Bookman, 2006.
- [4]. CHOPRA, S.; MEINDL, P. Gestão da cadeia de suprimentos: Estratégia, planejamento e Operações. 4ª. ed. São Paulo: Pearson, 2014.
- [5]. DIAS, M. A. P. Administração de materiais: Uma abordagem Logística. 4ª. ed. São Paulo/SP: Atlas, 1993.
- [6]. FERNANDES, K. D. S. Logística: Fundamentos e Processos. 1ª. ed. Curitiba: Iesde, 2012.
- [7]. LEITÃO, R. P. Atividade de picking, com estudo de caso da indústria de cigarros souza cruz s/a. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Tecnologia da Baixada Santista, Santos, 2007. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/2603477-Atividade-de-picking-com-estudo-de-caso-da-industria-de-cigarros-souza-cruz-s-a.html>>. Acesso em: 10 abr. 2017.
- [8]. LIMA, M; Armazenagem: considerações sobre a atividade de Picking. Rio de Janeiro: Coppead, UFRJ, 2002.
- [9]. POCINHO, G. F. C. Análise e melhoria do processo de order-picking num sistema produtivo: caso de estudo. Lisboa, 2013. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade de Lisboa, 2013. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/11038/1/Pocinho_2013.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2017.
- [10]. Portal Soluções Industriais. Disponível em: <http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/li_mpeza_industrial/ecoplast/produtos/movimentacao-e-armazenagem/caixa-plastica-para-hortifru-1-1>. Acesso em: 01 abr. 2017.

[11]. POZO, H. Gestão da Cadeia de Suprimentos. 1ª. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

[12]. SANTOS, A. F. V. Levantamento, análise e descrição de um sistema de picking: proposta de melhoria numa organização do setor de bebidas. Setúbal, 2014. Dissertação de Mestrado em ciências empresariais – Ramo gestão logística.

Instituto Politécnico de Setúbal, 2014. Disponível em:

<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/7717/1/Trabalho%20Final%20de%20Projecto_MCE-GL_Andr%C3%A9%20Santos_120327003_17.12.2014%20V.%20Final%20para%20entrega.pdf>.

Acesso em: 25 abr. 2017.

Capítulo 4

AUDITORIA E CONTROLE DE EXECUÇÃO DE PROCESSOS NO SETOR PÚBLICO BRASILEIRO

Roquemar de Lima Baldam

Guilherme Marques Fiorot

Eduardo Siqueira Bernabé

Leandro Fernandes Novaes

Lourenço Costa

Resumo: A falta de urgência para a melhoria, a gestão desestruturada da qualidade de serviço e a desconexão com a criação de valor, são alguns dos fatores que dificultam a busca pelo setor público da melhoria contínua dos serviços prestados à população em geral. Entretanto, a Gestão de Processos de Negócio (BPM) no setor público tem sido usada como fator decisivo para o aumento da eficácia e eficiência e para a reestruturação das organizações ao longo de processos interfuncionais. Além disso, somado ao BPM, a Auditoria é o componente fundamental de um sistema regulatório cujo objetivo é mostrar desvios de padrões aceitáveis e violações de princípios de legalidade, eficiência, efetividade e administração da economia pública. Diante dessas e outras constatações e por meio de um questionário de estrutura do tipo Survey, o presente artigo visou identificar as principais características de auditoria e controle de execução de processos em instituições públicas brasileiras, destacando métodos e ferramentas e evidenciando particularidades aplicáveis às mesmas.

1 INTRODUÇÃO

Muitas organizações se deparam com dificuldades ao utilizar medidas inadequadas no processo de avaliação de desempenho. Tais dificuldades estão ainda mais evidentes no setor público, onde há menos pressão dos Stakeholders em comparação ao setor privado. Estas limitações estão associadas ao dilema de se dispor de modelos que permitam estruturar completamente o comportamento individual e organizacional. Do mesmo modo, estabelecer metas quantitativas e medir o resultado em termos qualitativos com o intuito de avaliar pessoas tem evidenciado a necessidade de se identificar corretamente indicadores de controle.

Para tornar viável a estruturação desse modelo, a Gestão de Processos de Negócio ou Business Process Management (BPM) surge como uma ferramenta para identificar, desenhar, executar, documentar, medir, monitorar e controlar de forma automatizada ou não, processos de negócio para uma realização coerente, orientada à resultados e alinhados com os objetivos da organização (ABPMP, 2008).

Segundo Gullede Jr. e Sommer (2002), focando no setor público, o principal benefício da gestão de processos de negócios é o “aumento da eficácia e eficiência alcançado pela reestruturação da organização ao longo de processos interfuncionais”. Neste caso, ocorre uma interação entre os setores organizacionais e as tecnologias de informação. Processos alinhados à sistemas de informação ajudam a criar uma cultura que permite o gerenciamento de processos de negócios.

O setor público vem apresentando uma preocupação em adotar a abordagem Foco no Cliente (Serviços Orientados ao Cidadão), seguindo princípios e práticas do setor privado. Esse sentimento visa melhorar a qualidade dos serviços públicos. No entanto, a diferença cultural nas empresas dos setores público e indústrias de serviços privados dificulta a busca pela melhoria contínua da qualidade do serviço público. Alguns pontos se destacam para evidenciar essa diferença cultural, como (MWITA, 2000; PYON, LEE e PARK, 2009):

- A falta de urgência para a melhoria;
- Gestão desestruturada da qualidade de serviço;

- Desconexão com a criação de valor.

Diante de todas essas constatações, desenvolvemos um estudo das principais características de auditoria e controle de execução de processos em instituições públicas brasileiras. Para evidenciar estas principais características, nós utilizamos um questionário, que tinha por finalidade obter informações referentes à Gestão de Processos de Negócio, para estipular quais os métodos e ferramentas são apropriadas à auditoria e controle de execução dos processos dessas instituições, evidenciando particularidades aplicáveis às mesmas.

2 METODOLOGIA

Para a realização desse trabalho em etapas consistentes e bem estruturadas, nós enxergamos a necessidade primária de um embasamento teórico sobre gestão pública, gestão de processos de negócio e auditoria de processos. Diante dessa constatação, nós aprofundamos o conhecimento e discutimos as características da gestão em instituições públicas, a abordagem teórica do gerenciamento de processos de negócio, ressaltando definições básicas para o entendimento comum, e a auditoria de processos, levantando pontos cruciais e de destaque para o estudo em questão.

Em segundo lugar, com base na literatura, nós utilizamos uma estrutura do tipo Survey com o objetivo de extrair informações relacionadas ao propósito do artigo, por meio de um questionário, de 20 instituições públicas brasileiras de interesse nacional e internacional para analisar o desenvolvimento da Gestão de Processos de Negócio nas mesmas. Para elaborar o questionário, nós fizemos o uso de uma escala Likert que possuía cinco níveis de concordância que iam do “Discordo totalmente” ao “Concordo totalmente”. Além da escala Likert, nós também elaboramos questões abertas (respostas livres para os entrevistados) e fechadas (alternativas pré-definidas).

Por fim, os questionários foram enviados para os gestores das instituições via e-mail, onde foi explicitada a intenção do questionário e como ele contribuiria para a realização de nosso estudo. Com o retorno das instituições, as repostas dos questionários foram analisadas e organizadas para estabelecer uma discussão coerente que nos levasse a conclusões pertinentes sobre principais

características de auditoria e controle de execução de processos em instituições públicas brasileiras, destacando métodos e ferramentas e evidenciando particularidades aplicáveis às mesmas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. CARACTERÍSTICAS DA GESTÃO DE INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

As instituições do setor público tiveram implicações significativas com o crescimento do neoliberalismo em muitas partes do mundo, que se alimentou de preocupações sobre os preços do petróleo, da instabilidade econômica, e de outros fatores. Pressionado pelo desenvolvimento da concorrência e pela necessidade de adaptação ao mundo de negócios, a gestão de instituições públicas passou por reformas que visaram eliminar o desperdício, aumentar a eficiência e melhorar as formas hierárquicas de controle (BERG, BARRY e CHANDLER, 2011).

Desde a década de 90, o setor público tem sido um objeto de uma reavaliação profunda em um número significativo de países (BARRETA e BUSCO, 2011). A introdução de novos programas, políticas e reformas, bem como a implementação resultante de práticas, processos e técnicas inovadoras têm sido muitas vezes remetidos ao termo Nova Gestão Pública (HOOD, 1995). A Nova Gestão Pública baseia-se em reformas destinadas a melhorar a qualidade dos serviços públicos, a reduzir a despesa pública (aumentando a eficiência das operações governamentais), e a fazer a introdução de políticas mais eficazes (BARRETA e BRUSCO, 2011). Os autores ainda complementam que a Nova Gestão Pública enfatiza a necessidade de modernizar o setor público, abandonando tradicionais estilos de gestão pública e burocracias profissionais e promovendo alguns conceitos como elementos centrais na gestão de instituições públicas, tais como responsabilidade, desempenho de rede, eficiência e eficácia.

A medição de desempenho é fundamental para o controle e acompanhamento dos resultados das instituições, e deve servir para enriquecer a disponibilidade de informações e agregar valor para os Stakeholders. Como o setor público é multidimensional e dispendioso para medir, os Stakeholders têm muitas vezes dificuldade em obter e

processar informações sobre seus serviços. Transmitir informações sobre o desempenho do setor público tem o potencial de melhorar as habilidades de monitoramento dos Stakeholders e o grau em que os mesmos podem utilizar o seu monitoramento para efetuar mudança, já que o serviço público existe para atender as necessidades das partes interessadas. Além do mais, vale destacar que esse comportamento pode melhorar o desempenho dos prestadores de serviços (FIGLIO e KENNY, 2009).

3.2. GERENCIAMENTO DOS PROCESSOS DO NEGÓCIO

Antes de tratar do BPM, é preciso entender que um processo é um conjunto ou sequência de atividades que resulta no cumprimento de uma tarefa ou realização de um objetivo, sendo que processo de negócio consiste em atividades ordenadas que correspondem às operações do negócio com foco em atingir um objetivo (BUCHANAN e MCMENEMY, 2012; DUBANI, SEELING e SOH, 2010). Em complemento a essa afirmação, pode-se caracterizar o processo de negócio como um conjunto de atividades relacionados diretamente à tarefas que devem ser executadas para entregar valor ao consumidor ou atingir outras metas estratégicas (TRKMAN, 2010). Os processos são atividades chaves dentro de uma empresa no que tange a entrega de valor ao cliente (Buchanan, GIBB e SHAH, 2006).

A Gestão de Processos de Negócio baseia-se em uma abordagem sistemática e estruturada para análise, melhoria, controle e gerenciamento de processos com foco na melhoria da qualidade dos produtos e serviços (PYON, WOO e PARK 2011). O BPM é também considerado uma área de conhecimento que engloba métodos, técnicas e ferramentas para projetar, ordenar, controlar e analisar processos de negócios (TIWARI, TURNER e VERGIDIS, 2008). Integrando-se os conceitos supracitados, entende-se o BPM como uma filosofia de gerenciamento que busca criar valor, para os consumidores, a partir dos processos de negócio (SMART, MADDERN e MAULL, 2009).

3.3. ANÁLISE DA MATURIDADE DOS PROCESSOS

As organizações precisam garantir que seus processos de negócios se tornem mais

maduros. Em outras palavras, que eles sejam capazes de fornecer um melhor desempenho ao longo do tempo. Para que isso aconteça, devem-se desenvolver dois tipos de características: facilitadores do processo, focados em processos individuais, e as capacidades da empresa, que se aplicam às organizações como um todo. Afirmando isso, Michael Hammer (2007) desenvolveu o Modelo de Maturidade de Processos e Empresas ou Process and Enterprise Maturity Model (PEMM), para propiciar a essas organizações o sucesso na auditoria de seus processos.

3.4 AUDITORIA

Auditoria é um processo que estima o grau ou nível com o qual as atividades ou procedimentos de uma corporação correspondem a certos critérios estabelecidos, como por exemplo, regras corporativas, políticas corporativas e princípios gerais estabelecidos por órgãos regulamentadores e autoridades responsáveis (CHOU, DU e LAI, 2007). Ela é o componente fundamental de um sistema regulatório cujo objetivo é mostrar desvios de padrões aceitáveis e violações de princípios de legalidade, eficiência, efetividade e administração da economia pública (LIMA e MAGRINI, 2010). No Brasil, o órgão máximo responsável por conduzir auditorias externas da administração pública é o Tribunal de Contas da União (TCU), que é responsável não somente por auditorias de contabilidade, orçamentos e aspectos financeiros, mas também de procedimentos operacionais e impactos em propriedades públicas (LIMA e MAGRINI, 2010).

Birkmire, Lay e McMahan (2007), afirmam que auditorias eficientes visam não somente a garantia do cumprimento das regulamentações estabelecidas, mas também identificam áreas com potencial de melhoria. Segundo eles, o processo de auditoria envolve três etapas principais:

Planejamento: O calendário de auditoria é estabelecido, equipes de auditoria são organizadas, protocolo de auditoria é fornecido etc.;

Desempenho: É realizada uma reunião de abertura com os Stakeholders chaves da organização no primeiro dia de auditoria, os colaboradores são entrevistados, a documentação é checada, ocorre uma

checagem de campo e acontece uma reunião de encerramento com Stakeholders chaves no último dia de auditoria;

Controle: Nesta etapa é realizada uma checagem factual, o relatório é finalizado, devendo a instituição auditada resolver os problemas detectados pela auditoria.

É importante ressaltar que o foco principal da auditoria não é revisar cada detalhe de um processo, mas sim avaliar amostras significativas do mesmo para estabelecer sua efetividade no que tange ao cumprimento das normas estabelecidas (BIRKMIRE, LAY e McMahan, 2007). Os auditores devem focar nas evidências de auditoria para comprovar a veracidade e a relevância daquele dado ou informação de um determinado processo ou atividade (CHOU, DU e LAI, 2007). Além disso, estudos de Lowensohn et al.(2007) mostram uma correlação positiva entre a percepção de qualidade da auditoria prestada e o grau de especialização da firma auditora naquele segmento de mercado. Ou seja, é importante, para uma auditoria de qualidade, que o responsável por executar a auditoria seja pleno conhecedor do segmento de mercado da empresa a ser auditada (LOWENSOHN et al.,2007). O mesmo autor cita ainda que não há correlação entre o custo e qualidade da auditoria, logo, não necessariamente uma auditoria de boa qualidade será mais onerosa do que uma auditoria de má qualidade.

4 RESULTADOS

Para começo de análise, gostaríamos de destacar que 6 instituições públicas responderam o questionário. Consideramos um bom resultado, pois obtivemos resposta de 30% da amostra, onde almejamos apenas instituições que são mais propensas à utilização da Gestão de Processos de Negócio, e cujo controle e execução de seus processos são de grande interesse para o povo brasileiro e mundial. Além do mais, é visível, na literatura existente, o baixo índice de retorno de questionários eletrônicos no contexto da pesquisa científica. Por outro lado, as instituições que deram retorno abrangem uma gama diversificada de atividades, das quais podemos destacar:

Controle de operações de comércio exterior e execução de operações de câmbio em nome de empresas públicas;

Atuação em toda a cadeia da inovação, com foco em ações estratégicas, estruturantes e de impacto para o desenvolvimento sustentável do Brasil;

Assistência ao governador de um Estado brasileiro no desempenho de suas atribuições nos assuntos relacionados à coordenação institucional e administrativa;

Provimento e administração de recursos financeiros para viabilizar políticas públicas de um Estado e controle da aplicação de seus recursos públicos;

Modernização e agilidade de serviços em Tecnologia da Informação e Comunicações a setores estratégicos da Administração Pública brasileira;

Julgamento de contas dos administradores e demais responsáveis por dinheiros, bens e valores públicos.

As perguntas iniciais do questionário com alternativas pré-definidas (sim ou não) tinham o intuito de verificar se a organização possuía políticas de Gestão da Qualidade Total e uma estrutura formal de Gestão por Projetos, e se utilizava metodologia Six Sigma para eliminação de erros e falhas. Apenas uma instituição afirmou utilizar a Gestão da Qualidade Total e a metodologia Six Sigma em seu ambiente de trabalho, diferentemente da Gestão por Projetos, que se fez presente em cinco instituições, onde somente a instituição que atua com base na cadeia da inovação respondeu negativamente.

Em um segundo momento do questionário, os entrevistados respondiam as perguntas escolhendo uma dentre 5 opções (estrutura de escala Likert): discordo totalmente, discordo parcialmente, indiferente, concordo parcialmente e concordo totalmente. Tais perguntas tinham o intuito de verificar, principalmente, a gestão, o controle, o treinamento, a execução, a avaliação, a documentação e a melhoria contínua dos processos de negócios das instituições.

Em primeiro lugar, cinco instituições (83,3%) afirmaram possuir atividades administrativas feitas prioritariamente por sistemas integrados de gestão, sendo que três (50%) concordavam totalmente que seus processos internos são adequadamente controlados. Já em relação ao treinamento, quatro instituições (66,7%) afirmaram levar em consideração o atendimento aos objetivos propostos (como instituições públicas) para avaliar o desempenho dos treinamentos, sendo que

três instituições (50%) concordaram parcialmente que o treinamento é fornecido por intermédio das necessidades de competências identificadas.

Em seguida, três instituições (50%) discordaram parcialmente que as comunicações internas são eficazes e pontuais, sendo que duas outras (33,3%) concordaram parcialmente que as comunicações internas dos processos de negócio são efetuadas com eficácia e precisão. A falha na comunicação interna apresentada por três (50%) das empresas entrevistadas coincide com o índice de empresas que pecam na identificação das necessidades de competências dos funcionários e na assiduidade dos treinamentos, o que nos mostra a interdependência dessas duas práticas.

Todavia, o âmbito de documentação e registro se mostrou presente em cinco instituições (83,3%), que afirmaram de alguma maneira possuir processos modelados (em mapas de processos, procedimentos operacionais padrão - POP - ou outro tipo de documentação de processos), sendo ainda que três instituições (50%) ressaltaram ter a clara evidência da melhoria contínua promovida pelo sistema de gestão por processos. Tais números evidenciam que as instituições públicas andam buscando o mapeamento de seus processos, o que racionaliza tempo e recursos públicos.

Na área de avaliação, três instituições (50%) discordam parcialmente que exista claramente uma estrutura identificando os objetivos e as responsabilidades delegadas à auditoria, sendo que as outras três concordam de alguma forma. Ainda, para três instituições estudadas (50%), os recursos, os procedimentos do programa de auditoria, assim como os critérios mínimos para a seleção da equipe para o programa de auditoria são formalmente estipulados. Diferentemente ocorre com o mapeamento (modelagem) das atividades de cada pessoa envolvida no programa de auditoria, onde a maioria das instituições (66,7%) discordou de alguma forma que essa etapa da auditoria ocorra solidamente. Do mesmo modo, cinco instituições (83,3%) não adotam a boa prática de manutenção dos registros relevantes do processo de auditoria, responsável por facilitar a recuperação dos mesmos.

Único tópico em que todas as seis instituições concordaram de alguma forma foi a conformidade com a legislação mantida pelos registros que elas dispõem (três concordaram parcialmente e três totalmente). Por fim, três instituições (50%) discordam parcialmente que exista algum programa de avaliação de competência dos auditores, algum método de monitoramento ou norma de análise do processo de auditoria, ou algum levantamento que identifique as necessidades de ações corretivas e preventivas no processo de auditoria, sendo que pelo menos uma instituição (16,7%) achou indiferente possuir esse tipo de programa, método ou levantamento.

Quanto às questões abertas, de livre resposta para os entrevistados, as instituições foram questionadas quanto aos métodos e ferramentas utilizados para realização da auditoria de seus processos. A maioria dos gestores das instituições não soube responder tais indagações, sendo que uma instituição declarou a Análise Documental para apuração da conformidade com a legislação vigente como um método de auditoria, e outra afirmou utilizar reuniões e registro de melhorias como ferramentas de suporte à esta avaliação.

5 CONCLUSÃO

Em suma, foi possível ver que aos poucos a Nova Gestão Pública vai se fazendo presente nas instituições públicas brasileiras, uma vez que as mesmas estão buscando modernizar o setor público por meio de atividades administrativas feitas prioritariamente por sistemas integrados de gestão, que promovem o controle adequado de seus processos internos, e ressaltam a eficiência e a eficácia como elementos centrais de gestão.

De fato, as instituições do setor público são criadas para satisfazer as necessidades do governo, e por isso dependem da cooperação dos seus servidores, que quando fundamentadas no conceito de PSM, geram resultados organizacionais por meio do desenvolvimento de políticas e da prestação de serviços de qualidade. Alinhado a isso, devemos destacar que treinamentos avaliados de acordo com o atendimento aos objetivos propostos pelas instituições públicas, são fatores benéficos para a motivação do servidor público. Por outro lado, a falha na comunicação interna, a falha na

identificação das necessidades de competências dos funcionários e a falta de assiduidade de treinamentos apresentadas por 50% das empresas entrevistadas evidenciam um ponto a ser melhorado pelas instituições públicas brasileiras.

É evidente que a TIC tem auxiliado a transmissão de informações sobre o desempenho das instituições públicas, uma vez que vem melhorando as capacidades internas de administração e gestão, e vem facilitando o aprimoramento do monitoramento dos Stakeholders, principais agentes de mudança do setor público. Lado a lado com a TIC no setor público, o BPM engloba métodos, técnicas e ferramentas para controlar e analisar processos de negócios, criando assim, valor para os Stakeholders. Com os questionários, vimos que as instituições públicas brasileiras ressaltaram ter a clara evidência da melhoria contínua promovida pelo sistema de gestão por processos. Os números ainda evidenciam a busca das instituições públicas brasileiras pelo mapeamento de seus processos, atividade responsável por racionalização de tempo e de recursos públicos.

Por sua vez, o PEMM, pode ser considerado uma importante ferramenta para instituições públicas brasileiras, pois visa propiciar a essas organizações o sucesso na auditoria de seus processos. Uma vez que a auditoria possui etapas de Planejamento, Desempenho e Controle, onde várias atividades como formação de equipe de auditoria, entrevistas e checagem de documentação e validação de não conformidades são desempenhadas, as instituições públicas podem utilizar as suas avaliações dos capacitadores e capacidades baseadas no PEMM, em paralelo, para planejar e avaliar o andamento de seus processos de negócio. Em consenso, a utilização de um modelo de auditoria contínuo, ou de maior frequência, é capaz de detectar o erro praticamente no momento de ocorrência, evitando que ele continue sendo executado por um longo período de tempo ao ser tratado na causa raiz.

Em síntese, o retorno das instituições recebido por meio do questionário respondido, demonstrou que a modelagem das atividades de cada pessoa envolvida no programa de auditoria não é um processo comum nas instituições públicas, sendo que a maioria das instituições relata que esta etapa da auditoria não ocorre de maneira eficaz. Do mesmo modo, houve um consenso de que as

instituições públicas brasileiras praticam a manutenção dos registros relevantes do processo de auditoria, o que pode prejudicar a consolidação das lições aprendidas. Entretanto, a conformidade com a legislação mantida por registros documentados mostrou-se ser um aspecto positivo difundido no setor público brasileiro, sendo que essa boa prática deve ser seguida por todos os tipos de instituições.

Assim como a Gestão da Qualidade Total e a metodologia Six Sigma, alguns métodos e ferramentas utilizados para realização da auditoria de processos de negócio são desconhecidos por parte dos gestores das

instituições públicas brasileiras, seja por não conhecerem teoricamente esses itens ou por não saberem da possível aplicação dos mesmos nas instituições.

Por fim, gostaríamos de enfatizar a oportunidade de aprimoramento de nosso estudo ao se utilizar a mesma linha de raciocínio descrita por nós nesse artigo, alinhada à amostras mais gerais e abrangentes de instituições públicas, para que assim, as principais características de auditoria e controle de execução de processos em instituições públicas do Brasil ou de outros países possam ser consistentemente generalizadas.

REFERÊNCIAS

- [1]. BARRETA, A. E BUSCO, C. "Technologies of government in public sector's networks: In search of cooperation through management control innovations", *Management Accounting Research*, 22, pp. 211-219. 2011.
- [2]. BERG, E., BARRY, J. E CHANDLER, J. "Changing Leadership and Gender in Public Sector Organizations", *British Journal of Management*. 2011.
- [3]. BIRKMIRE, J. C., LAY, J. R. E MCMAHON, M. C. "Keys to effective third-party process safety audits", *Journal of Hazardous Materials*, 142, pp. 574-581. 2007.
- [4]. BUCHANAN, S., GIBB, F. E SHAH, S. "An integrated approach to process and service management", *International Journal of Information Management*, 26, pp. 44-58. 2006.
- [5]. BUCHANAN, S. E MCMENEMY, D. "Digital service analysis and design: The role of process modeling", *International Journal of Information Management*, 32, pp. 251-256. 2012.
- [6]. CHOU, L. C., DU, T. E LAI, V.S. "Continuous auditing with a multi-agent system", *Decision Support Systems*, 42, pp. 2274-2292. 2007.
- [7]. DUBANI, Z., SEELING, C. E SOH, B. "A Novel Design Framework for Business Process Modelling in Automotive Industry", *IEE Transactions on Engineering Management*. 2010.
- [8]. FIGLIO, D. N. E KENNY, L. W. "Public sector performance measurement and stakeholder support", *Journal of Public Economics*, 93, pp. 1069-1077. 2009.
- [9]. HAMMER, M. "The Process Audit", *Harvard Business Review*, pp. 111-121. 2007.
- [10]. HOOD, C. "The "new public management" in the 1980s: variations on a theme", *Accounting Organizations and Society*, 20, pp. 93-109. 1995..
- [11]. LIMA, L.H. E MAGRINI, A. "The Brazilian Audit Tribunal's role in improving the federal environmental licensing process", *Environmental Impact Assessment Review*, 30, pp. 108-115. 2010.
- [12]. LLEWELLYN S. E TAPPIN E. "Strategy in the Public Sector: management in the wilderness", *Journal of Management Studies*, 40, pp. 955-982. 2003.
- [13]. LOWENSOHN, S., JOHNSON, L.E., ELDER, R.J. E DAVIES, S.P. "Auditor specialization, perceived audit quality, and audit fees in the local government audit market", *Journal of Accounting and Public Policy*, 26, pp. 705-732. 2007.
- [14]. MWITA, J. I. "Performance management model: A system-based approach to public service quality", *International Journal of Public Sector Management*, 13, pp. 19-37. 2000.
- [15]. PYON, C. U.; LEE, M. J.; PARK, S. C. "Decision support system for service quality management using customer knowledge in public service organization", *Expert Systems with Applications*, 36, pp. 8227-8238. 2009.
- [16]. PYON, C.U., WOO, J.Y. E PARK, S.C. "Service improvement by business process management using customer complaints in financial service industry", *Expert Systems with Applications*. 38, pp. 3267-3279. 2011.
- [17]. SMART, P. A., MADDERN, H. E MAULL, R. S. "Understanding Business Process Management: Implications for Theory and Practice", *British Journal of Management*, 20, pp. 491-507. 2009.
- [18]. TIWARI, A., TURNER, C.J. E VERGIDIS, K. "Business process perspectives: Theoretical developments vs. real-world practice", *International Journal on Production Economics*, 114, pp. 91-104. 2008.
- [19]. TRKMAN, P. "The critical success factors of business process management", *International Journal of Information Management*, 30, pp.125-134. 2010.

Capítulo 5

SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE COLETA EM UM LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS

Jessica Cabral de Frassatti

David Cassimiro de Melo

Jonathan Ferreira de Moraes

Marcel Alison Pimenta Bastos Cabral de Medeiros

Resumo: O presente artigo trata de um estudo de caso em um laboratório de análises clínicas, que se propõe a fazer um projeto de simulação e sugerir melhorias para o processo de atendimento inicial até a coleta de material para exames. Foram realizadas, inicialmente, coletas de dados dos processos em estudo, tratamento dos dados para encontrar as distribuições de probabilidade referentes, a partir disso, o problema foi modelado no software arena 14.7 e posteriormente validado, para que, por fim, fosse possível analisar e alterar o modelo de simulação testando possíveis situações e sugerir uma melhoria para o sistema real. Inicialmente foi percebido um grande tempo de espera na fila preferencial e, conseqüentemente, uma alta taxa de ocupação no respectivo atendente. O problema foi identificado a partir da simulação do modelo elaborado, utilizando os relatórios fornecidos pelo software. Buscando solucionar o problema identificado, sugeriu-se a alteração do funcionamento das filas preferenciais e normais, o que resultou na diminuição do tempo de fila e da taxa de ocupação do atendente, além de reduzir o tempo de espera para a coleta.

1 INTRODUÇÃO

O uso de práticas em laboratórios e desenvolvimento de projetos é algo comum em cursos de engenharias, como forma de complementar o conteúdo teórico visto em sala de aula. Nesse ponto, a Pesquisa Operacional se destaca como forma de alinhar os estudos em laboratórios com a prática. Andrade (1989) afirma que a Pesquisa Operacional é multidisciplinar e engloba ciências como a economia, estatística, matemática e a computação, sendo voltada para a análise e tomada de decisões. São dois os tipos de modelos em Pesquisa Operacional: otimização e simulação.

Os modelos de otimização são aplicáveis quando todas as variáveis do sistema são determinísticas e são estruturados para a escolha de uma única alternativa, a qual será considerada ótima, segundo algum critério pré-estabelecido.

A simulação, segundo Pedgen (1990), é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com esse modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação. A mineração pode ser incluída como sendo um desses sistemas passíveis de serem simulados, por possuir operações complexas e variáveis aleatórias e por ser necessária a avaliação de estratégias para essas operações.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo elaborar um projeto de simulação na empresa Centro de Patologia Clínica, utilizando o software Arena 14.7 (versão estudante), simulando todo o processo de atendimento inicial até a coleta de material para exames. Além disso, serão feitas análises em diferentes cenários, com o objetivo de otimizar processos e propor melhorias para a referida empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SIMULAÇÃO

A simulação é uma técnica 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.

Fishman (2001), afirma que a simulação é uma técnica utilizada para estudar e observar

o comportamento de um sistema ou processo real ao longo de um tempo. Trata-se da imitação da realidade, materializada em um modelo matemático, que contém aspectos relacionados ao problema em estudo, e que possibilita a reprodução de diversos cenários, reais ou hipotéticos. Afirma também que o sucesso de um estudo de simulação depende da modelagem do sistema, que deve aproximar-se ao máximo da realidade simulada.

Os trabalhos divulgados na literatura técnica constata os diversos benefícios obtidos com o uso da Simulação Computacional. Dentre eles, destacam-se: através dos modelos de simulação é possível estimar o que precisa ser melhorado, facilitando a tomada de decisões; grandes ideias e melhorias podem ser obtidas através do uso da simulação computacional, já que a animação do processo facilita o entendimento dos gestores; a simulação permite a possibilidade de validar se a decisão tomada é a melhor ou não; a simulação reduz os gastos, o tempo e evita as interrupções inerentes a tradicional técnica de tentativa e erro (McClellan, 2004; Harrelet al., 2000).

Andrade (1989) afirma que existem muitas razões nas quais se podem justificar o uso da simulação em administração, por ser impossível ou muito oneroso observar diretamente certos processos no mundo real; e por o sistema observado ser tão complexo que se torne impossível descrevê-lo em termos de um conjunto de equações matemáticas de solução analítica viável.

Mesmo que seja possível desenvolver um modelo matemático do sistema em foco, a sua solução pode ser muito trabalhosa e pouco flexível. Um estudo completo de simulação envolve: modelagem do sistema; codificação; validação; verificação; análise e apresentação dos resultados.

2.2 O SOFTWARE ARENA

O programa Arena é originário da junção de dois outros programas denominados SIMAN e CINEMA. Segundo Prado (1999), o SIMAN é uma linguagem de simulação e, em 1983, deu nome ao primeiro programa de simulação para computadores pessoais (PCs). O CINEMA foi o primeiro programa para animação de simulação em PCs e surgiu em 1984. Este conjunto foi continuamente melhorado e, a partir de 1993, os programas

foram unificados em um único software, o Arena.

O Arena apresenta um ambiente gráfico integrado de simulação, contendo todos os recursos para modelagem, animação, análise estatística e análise de resultados, utilizando a abordagem por processos para execução da simulação. Essa técnica de simulação pode ser considerada uma situação onde elementos estáticos, formando um ambiente bem definido com suas regras e propriedades, interagem com elementos dinâmicos, que fluem dentro desse ambiente. Sendo composto por um conjunto de blocos (ou módulos) utilizados para se descrever uma aplicação real e que funcionam como comandos de uma linguagem de programação. Os elementos básicos da modelagem em Arena são as entidades que representam as pessoas, objetos, transações, etc. que se movem ao longo do sistema; as estações de trabalho que demonstram onde será realizado algum serviço ou transformação, e por fim, o fluxo que representa os caminhos que a entidade irá percorrer ao longo de estações. (PRADO, 1999).

O software Arena adota uma estrutura de templates que proporciona facilidade de uso. Os templates representam um conjunto de ferramentas de modelagem que permitem ao usuário descrever o comportamento do processo em estudo de forma visual e interativa, sem a necessidade de programação. Apesar da maior facilidade de uso das linguagens de simulação, Fioroni (2007) alerta que “a facilidade e rapidez na modelagem de determinados sistemas leva à perda de flexibilidade da ferramenta”. O Input

Analysar, ferramenta presente no software Arena e que auxilia na determinação das curvas de comportamento, também será utilizada para prevê alguns intervalos de tempo do processo, fornecendo uma expressão matemática que melhor descreve o comportamento dos dados.

2.3 NÚMERO DE REPLICAÇÕES DO MODELO

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

- Fazer uso das observações individuais dentro de cada replicação. Por exemplo, pode-se simular o modelo do restaurante e utilizar o tempo que cada cliente esperou na fila da mesa do buffet para realizar uma estimativa do tempo médio de espera na fila. Neste caso, o tamanho da amostra será igual à quantidade de clientes que passaram pela fila ao longo do período simulado;
- 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 equação 01 abaixo:

$$n^* = n X \left(\frac{h}{h^*} \right)^2 \quad (01)$$

Onde:

n^* = número de replicações a serem feitas para o modelo;

n = número de replicações realizadas;

h = semi-intervalo de confiança já obtido;

h^* = semi-intervalo de confiança desejado.

3 METODOLOGIA

Para a elaboração desse artigo foram realizadas pesquisas de caráter exploratório

(que ofereceu informações a respeito do Centro de Patologia e posteriormente orientou a formulação de hipóteses); pesquisa descritiva e pesquisa explicativa. Os recursos metodológicos citados foram feitos através de pesquisas bibliográficas em materiais como livros, artigos, sites e blogs na Internet.

O artigo foi organizado em da seguinte maneira: a primeira parte faz referência ao objetivo do estudo, a importância do tema escolhido e a justificativa do software de simulação escolhido. Na segunda pode-se encontrar o estudo do sistema que

compreende a descrição do processo, a análise dos dados do sistema e o estudo de caso. Por fim tem-se a conclusão e sugestões de melhorias.

4 ESTUDO DO SISTEMA

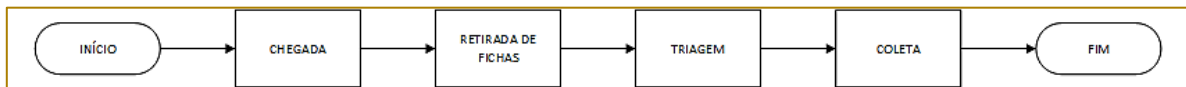
O estudo de caso foi desenvolvido no processo de coleta em um laboratório de

análises clínicas, localizado em Natal/RN, utilizando a metodologia de simulação.

4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O sistema estudado pode ser melhor explicado pelo macro fluxograma representado na Figura 1 (esse processo também é representado no software Arena, conforme anexo A).

FIGURA 1 – Macro fluxograma do processo.



Fonte: Elaboração própria (2017)

Na Figura 1 acima pode-se observar que o cliente entra no sistema estudado ao chegar à clínica. Ao entrar no estabelecimento, o cliente se dirige até um totem para retirar sua senha de atendimento. O cliente aguarda até ser chamado pelo sistema eletrônico de senhas. Quando chamado, ele dirige-se até o processo de triagem onde os atendentes coletam informações sobre o paciente e autorizam seu exame. Por fim, o cliente espera até ser chamado para fazer a coleta do material.

Na etapa de coleta de dados deste trabalho observou-se que alguns pacientes participavam até o processo de triagem e depois eram encaminhados para outro local da clínica, não realizando o processo de coleta. Para fins de estudo, o tempo em que

essas pessoas passaram sendo atendidas na triagem foram considerados para o desenvolvimento deste estudo.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS DO SISTEMA

O total de dados coletados para este estudo foi de 202. Entretanto, é importante ressaltar que nem todos os processos tiveram o mesmo número de dados coletados. Na Tabela 1 abaixo seguem as informações sobre o tamanho da amostra referente a cada processo. O tamanho da amostra final, mostrado na tabela 1, foi obtido após a retirada dos outliers dos dados coletados. Os outliers foram identificados com auxílio do gráfico Box Plot.

TABELA 1 – Tamanho da amostra dos processos.

Processo	Tamanho da amostra
Intervalo entre chegadas	170
Tempo de atendimento no processo de retirada da senha	89
Tempo de atendimento no processo de triagem	186
Tempo de atendimento no processo de coleta	149

Fonte: Elaboração própria (2017)

Os dados acima foram utilizados para realizar os testes estatísticos para determinar as distribuições que melhor se adaptam aos dados. Os testes foram realizados com auxílio

da ferramenta Input Analyzer do software Arena versão 14.7 estudante. Os resultados obtidos para cada processo podem ser observados na tabela 2 abaixo.

TABELA 2 – Distribuição estatística dos processos.

Processo	Distribuição	Erro quadrático	p-value	Teste estatístico
Intervalo entre chegadas	$-0.5 + 9 * \text{BETA}(1.2, 2.77)$	0.000757	p-value > 0,75 (Qui-quadrado)	0,823
Retirada da senha (TA)	$1.5 + \text{LOGN}(5.46, 4.54)$	0.011349	0.103 (Qui-quadrado)	6.2
Triagem (TA)	$0.999 + 18 * \text{BETA}(1.19, 2.71)$	0.003368	0.143 (Teste KS)	0.0836
Coleta (TA)	$0.999 + \text{WEIB}(3.05, 1.35)$	0.006223	0.0918 (Qui-quadrado)	6.51

Fonte: Elaboração própria (2017)

A modelagem do sistema feita no software Arena 14.7 (versão estudante) com todas as informações pertinentes a ele (distribuições estatísticas, alocação dos recursos, tempo de replicação) mostrou-se coerente a situação real observada pelos pesquisadores.

Com o objetivo de validar o modelo para prosseguir com a análise do sistema, foram

obtidas 10 amostras-piloto para definir o número de replicações necessárias. Em cada uma das dez replicações, foi utilizado o number out como base de cálculo para o número de replicações. Os valores obtidos podem ser observados na tabela 3.

TABELA 3 – Dados do number out.

Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6	Nº 7	Nº 8	Nº 9	Nº 10
59	48	57	57	58	52	52	60	58	55

Fonte: Elaboração própria (2017)

A partir dos dados obtidos pelo software foram calculados a média e o desvio-padrão

para a amostra-piloto, obtendo-se os dados da tabela 4.

TABELA 4 – Estatística descritiva do number out

Média	55,6
Desvio-Padrão	3,80

Fonte: Elaboração própria (2017)

Para definir o número de replicações necessárias para o modelo de simulação em

estudo foi utilizada a fórmula 01 citada no referencial teórico deste artigo.

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

Sendo:

$n = 10$

$h^* = 2$ pessoas

$h = 2,72$

$n^* = 19$ replicações (resultado final da equação)

Assim sendo, o número de replicações necessárias para a precisão desejada ($h^* = 2$ pessoas) é de 19 replicações.

5 ESTUDO DE CASO

O presente estudo tem como objetivo propor melhorias para diminuir o tempo de espera na fila para atendimento prioritário, tempo de espera na fila da coleta e a taxa de utilização do atendente 1 responsável pelos

atendimentos prioritários. O sistema atual, como mostrado na figura 1, é dividido em dois processos considerados principais: o da triagem e o da coleta. O primeiro conta com cinco de guichês de atendimento sendo um deles destinado ao atendimento preferencial e o segundo conta com quatro atendentes coletando os materiais.

No processo de triagem, o guichê destinado ao atendimento preferencial atende exclusivamente esses casos e, quando não existem mais pessoas na fila, o atendimento é feito, também, aos clientes sem prioridade (atendimento normal). Os outros quatro guichês são reservados, apenas, para os atendimentos sem prioridade e, quando estão livres e existem atendimentos prioritários no sistema, eles passam a atendê-los.

Os pacientes que seguem para a coleta de materiais entram em outra fila a qual tem uma disciplina diferente daquela da triagem. Neste caso, a fila tem a disciplina FIFO (First in First out), fazendo com que as prioridades deixem de existir.

Ao simular o sistema com as 19 replicações necessárias, foi dado uma maior atenção aos resultados referente ao tempo médio que um atendimento prioritário passa esperando para ser atendido pela triagem, o tempo médio de atendimento do processo de coleta e na taxa de utilização do atendente do guichê preferencial. Assim sendo, esses resultados podem ser observados na tabela 5.

TABELA 5 – Resultados do cenário atual

Tempo de espera na fila da coleta	7.84 minutos
Tempo de espera na fila para atendimento prioritário	6.80 minutos
Taxa de utilização atendente 1	88%

Fonte: Elaboração própria (2017)

Como forma de diminuir os tempos acima e ainda possibilitar que a taxa de ocupação do atendente 1 seja reduzido, foi alterada a disciplina da fila para o processo de triagem. No novo modelo todos os cinco atendentes da triagem atendem tanto os prioritários como os normais. Além disso, utilizou-se a lógica de quando houver entidades para atendimento prioritário e normal no sistema, os atendentes da triagem passarão a chamar os pacientes de forma alternada (chamando sempre um prioritário e um normal, nesta sequência). Quando não houver prioridades, todos os

atendentes se dedicarão ao atendimento normal.

As capacidades dos recursos foram mantidas constantes em relação ao cenário atual e o intervalo entre chegadas das entidades ao sistema também permaneceu inalterado. Em relação ao processo de coleta, a disciplina da fila foi mantida (FIFO) e o número de atendentes também permaneceu inalterado. Com isso, ao simular o novo cenário com as mesmas 19 replicações realizadas para o cenário atual, foi possível observar os seguintes resultados, conforma a tabela 6.

TABELA 6 – Resultados do novo cenário

Tempo de espera na fila da coleta	6.46 minutos
Tempo de espera na fila para atendimento prioritário	1.69 minutos
Taxa de utilização atendente 1	82%

Fonte: Elaboração própria (2017)

Após a nova simulação, pode-se perceber, principalmente para o “tempo de espera na fila para atendimento prioritário” uma redução de aproximadamente 75% do tempo de espera. Essa mudança ainda permitiu ao

atendente 1 ter uma redução de 6% em relação a sua taxa de utilização do cenário atual. Isso foi possível, pois agora os atendimentos prioritários estão divididos com os outros quatro atendentes disponíveis. Além

disso, ainda foi possível observar uma redução de aproximadamente um minuto no tempo de espera na fila da coleta.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de simulação permitiu representar a situação observada durante as visitas feitas a empresa, a partir dos dados coletados. Com isso, a simulação permitiu simular novas situações, de funcionamento e dimensionamento, sem necessitar fazer nenhuma intervenção no sistema real. Esse fato, vem a ser um ponto positivo para a simulação, pois esses testes permitem a organização ser mais assertiva ao tomar uma decisão, uma vez que ao realizar uma mudança no modelo de simulação pode-se perceber os impactos, positivos e negativos, resultantes.

Para caso em estudo, a partir de análises no comportamento do sistema, sugere-se a mudança simulada no item 5 deste artigo, referente ao funcionamento das filas de atendimento preferencial e normal. A mudança consiste em atender os pacientes de forma alternada, diminuindo em 75% o

tempo de espera na fila preferencial, 6% a taxa de ocupação do atendente 1 e aproximadamente 1 minuto no tempo de fila da coleta.

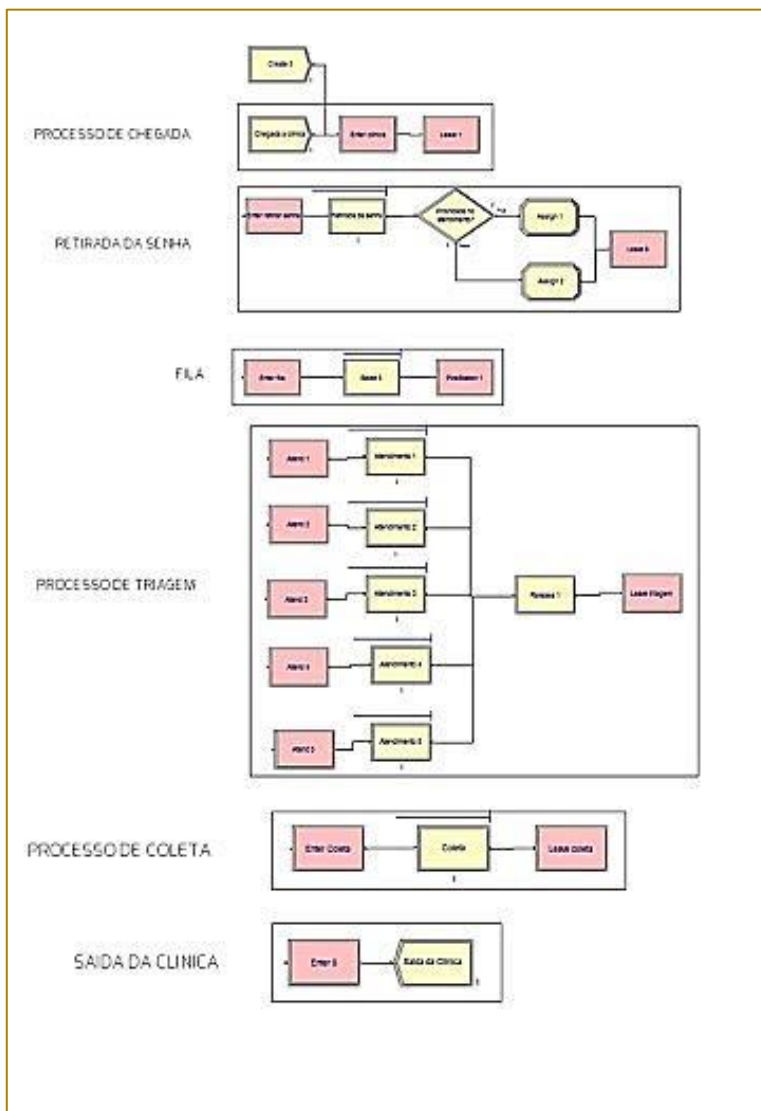
Em trabalhos futuros, dentro deste mesmo contexto, sugere-se uma análise de todos os procedimentos que passam pelo processo de triagem (antes de serem realizados) e não apenas o de coleta, como foi considerado neste caso. Neste íterim, pode-se estudar o comportamento do sistema em um intervalo de tempo maior e não apenas as duas horas a que se limitou esse estudo. É possível que essa análise traga resultados ainda mais confiáveis para a empresa.

Por fim, sugere-se, também, alinhar o estudo aos objetivos estratégicos da organização e fazer interface com outras áreas da Engenharia de Produção como a Engenharia Econômica e Engenharia da Qualidade, por exemplo, para se ter ideia de como o novo cenário pode impactar financeiramente a empresa e como contribui para a melhoria da sua imagem e satisfação de seus clientes, aumentando a sua eficiência no que se propõe.

REFERÊNCIAS

- [1]. ANDRADE, E.L. Introdução à pesquisa operacional: métodos e técnicas para análise de decisão. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1989. v.1.
- [2]. FISHMAN, G. S. Discrete-event simulation modeling, programming, and analysis. New York: Springer, 2001. Print.
- [3]. FREITAS FILHO, P. J. Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008
- [4]. HARREL, C. R.; BATEMAN, R. E.; GOGG, T. J. E MOTT, J. R. A. System Improvement Using Simulation, 1ª edição, McGraw-Hill, 2000.
- [5]. MCCLELLAN, J.J. The benefit of using simulation to improve the implementation of lean manufacturing case study: quick changeovers to allow level loading of the assembly line. Dissertação de mestrado, Brigham Young University, 2004
- [6]. PEGDEN, C.D., SHANNON, R.E., SADOWSKI, R.P. Introduction to Simulation Using SIMAN, McGraw-Hill, New York, USA. v. 2. 1990.
- [7]. PRADO, D. Usando o Arena em Simulação. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

ANEXO A – Processo de atendimento do cliente no laboratório de análises clínicas



ANEXO B – Dados do number out fornecido pelo software Arena.

18:28:08		Category Overview	
<i>Values Across All Replications</i>			
Unnamed Project			
Replications:	19	Time Units:	Hours
Key Performance Indicators			
System		Average	
Number Out		54	

Capítulo 6

ESTUDO DO USO DE CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO E GERENCIAMENTO DE MILESTONES EM UM ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO DE CONSTRUÇÃO NAVAL

Mateus Viard de Medeiros

Sandro Alberto Vianna Lordelo

Sara Monaliza Sousa Nogueira

Jose Rodrigues de Farias Filho

Resumo: No PMBOK, há inúmeras práticas e ferramentas recomendadas a todo gerente de projeto a fim de facilitar a implementação, criação, planejamento, controle, comunicação, entrega e definição dos moldes do projeto. Duas dessas ferramentas são o cronograma e o gerenciamentos de marcos. O presente trabalho teve por objetivo analisar de que forma a utilização de um cronograma físico-financeiro e o gerenciamento de marcos (milestones) influenciam na realização de um determinado projeto. Este estudo aborda um estudo de caso, de um projeto de construção de uma máquina de Offloading para um navio de apoio ao navio-plataforma FPSO, pertencente a uma construtora de máquinas da área naval e petrolífera, como forma de visualizar como tais ferramentas podem ajudar a acompanhar o tempo de entrega e de pagamento de um projeto. A análise deste foi realizada a partir de entrevistas realizadas com os gestores do projeto, além de pesquisa bibliográfica e análise documental. O custo e o lucro total do projeto foram de R\$ 8.886.546,94 e R\$ 6.017.165,02, respectivamente. Pelos resultados, pôde-se observar que a utilização do cronograma e dos marcos-chaves foram de extrema relevância para o andamento do projeto, dando uma visão geral deste, tornando possível o foco nas datas e ações importantes do decorrer do processo.

Palavras-chave: Milestones. Gerenciamento de Marcos. Marco-chave. Gerenciamento de Projeto. Cronograma físico-financeiro. Offloading. FPSO.

1. INTRODUÇÃO

O PMBOK, Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (PMI, 2013), é descrito como um guia de colaboração e conhecimento de gerentes de projetos descrevendo os fundamentos práticos do processo de gerenciamento de projeto de forma ampla e padronizada. Esse padrão mundial, fornece aos gerentes de projetos o necessário para a entrega de resultados bem-sucedidos no gerenciamento de projetos.

O gerente de projeto é o responsável pelo projeto em todas as fases necessárias. Para o PMI, existem cinco grupos de processos de gerenciamento de projetos. São eles: Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e controle e Encerramento. Em todas elas, é o gerente do projeto, geralmente em conjunto com outros colaboradores, quem determina como se dará cada uma das etapas dos projetos (DE CARVALHO; RABECHINI, 2011).

No PMBOK, há inúmeras práticas e ferramentas recomendadas a todo gerente de projeto a fim de facilitar a implementação, criação, planejamento, controle, comunicação, entrega e definição dos moldes do projeto. Uma dessas ferramentas é o gerenciamento de milestones, onde o gerente do projeto determina datas-chave para que seja feita uma supervisão de todos os procedimentos aplicados até aquele momento. Os milestones são definidos no início do projeto e buscam definir datas para entregas intermediárias de projeto para que, após inspeção e aprovação do cliente (ou alguém designado por ele), seja feito o pagamento parcial do montante total a ser pago pelo cliente, de acordo com o contrato assinado pelas partes (ANDERSEN, 2006).

Outra ferramenta é o cronograma. Nele que são definidas as atividades a serem implementadas e suas respectivas durações, além de como se dará o sequenciamento das atividades necessárias. O gráfico de Gantt é o mais utilizado para essa tarefa. Essa é a entrada mais importante para que a ferramenta em Excel consiga determinar a lista de marcos-chaves do projeto, pois são nas datas definidas por ela que a lista é baseada (HELDMAN, 2009).

O presente trabalho tem por objetivo analisar de que forma a utilização de um cronograma físico-financeiro e gerenciamentos de marcos (milestones) influenciam na realização de um

determinado projeto, esclarecendo a razão de serem utilizadas, bem como suas formas de implementação.

2. CRONOGRAMA E MTA (MILESTONES TREND ANALYSIS)

É impossível prever o tempo necessário exato para entregar um sistema ou terminar as tarefas, pois incertezas existem em todo cronograma. O gestor deve ter sempre em mente na hora de calcular a duração das tarefas para elaboração do cronograma que é importante deixar um prazo de “folga” para que imprevistos desse tipo ocorram e todo o projeto seja comprometido, reduzindo o lucro e a confiança na empresa (MUBARAK, 2010).

O cronograma físico-financeiro é um forte aliado do gerente de projetos a fim de combater falta de recursos, tanto estruturais quanto de pessoal, portanto a parte “física” uma vez que ele acompanha as etapas tangíveis do projeto. Quanto à parte “financeira”, quando prevê os gastos envolvidos, permitindo prever gastos e antecipar necessidade de captação de recursos financeiros para suprir as demandas de determinada etapa (SIENGE, 2016).

Esse tipo de cronograma é muito utilizado em comum acordo entre o cliente e a contratada. Dessa forma, a contratada acaba sendo pressionada a entregar o combinado na data pré-determinada, uma vez que só receberá o montante referente àquela atividade finalizada se a contratante decretar que todas as exigências para o fim daquela etapa foram garantidas (SIENGE, 2016).

Os marcos (ou milestones) são datas-chaves, momentos em que se espera que algo importante ocorra. Em um projeto, isso pode ser definido pelo término de um processo, pelo início de outro ou até mesmo um momento apenas para revisão e monitoramento do processo (ANDERSEN, 2006).

O Milestone Trend Analysis (MTA) ou Análise de tendência dos marcos é uma ferramenta simples, mas muito eficiente para o controle do cronograma de marcos em projetos (RODRIGUES, 2014).

Porém, um grande problema do gerenciamento de marcos é que caso o gerente do projeto não esteja alinhado com um cronograma geral, como o gráfico de Gantt, pode ser uma surpresa para ele se um

determinado objetivo não for alcançado na data programada, pois não há nesse tipo de cronograma uma visão de avanço no decorrer das subtarefas. Outra fraqueza do MTA é a falta de visualização das interdependências entre as tarefas (ANDERSEN, 2006).

As principais vantagens do uso de um cronograma de marcos são: a facilidade de prepará-los e atualizá-los; a relação entre as datas e as atividades; o custo é praticamente zero; auxilia na criação de um cronograma mais robusto; e a facilidade de ser utilizado cronogramas de projetos anteriores, podendo ser praticamente repetidos (STONNER, 2014).

Já as desvantagens dessa ferramenta é: a dificuldade de fazer uma análise detalhada do cronograma; a não-demonstração dos efeitos dos atrasos ou antecipação das atividades; a não-demonstração das dependências entre as atividades; não reflete a incerteza das datas e durações das atividades; não demonstra o nível de incerteza de cada atividade; e a dificuldade em analisar as consequências de medidas alternativas tomadas (STONNER, op. cit.).

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi baseado em um estudo de caso, de uma grande empresa multinacional construtora de máquinas da área naval e petrolífera, de um projeto em fase final de construção de uma máquina de Offloading para um navio de apoio ao navio-plataforma FPSO, que usou como ferramentas de controle o gerenciamento de marcos e o cronograma físico-financeiro.

Foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com os gestores do projeto e observações práticas, conforme as recomendações de Gil (2008), de a fim de buscar saber como essas ferramentas foram utilizadas, o porquê, a importância delas, a frequência com que eram utilizadas e os impactos causados no andamento do projeto.

Além disso, os gestores se dispuseram a ceder todos os documentos que fossem necessários para o desenvolvimento do estudo de caso, desde que não fossem divulgados valores e nomes reais das empresas, sendo todos os dados adaptados, com dados fictícios, porém próximos da realidade. Portanto, foram analisados documentos como contratos, atas de reuniões, documentos técnicos de estabelecimento de responsabilidades de

cada uma das partes, contratos de transporte e de fornecimentos, além de cronogramas, planilhas desenvolvidas para o acompanhamento dos projetos, como cronograma físico-financeiro e fluxo de caixa.

De posse desses documentos, somados à observação em campo e às entrevistas, foi feita uma análise de como se estabeleceu a relação entre o andamento do projeto e a utilização das ferramentas citadas anteriormente.

4. ESTUDO DE CASO

A empresa X, alvo do estudo de caso em questão, atua no setor naval desde o século XVII. Foi uma das predecessoras em construção de dragas (embarcação ou estrutura flutuante destinada a retirar areia, lama ou lodo do fundo do mar, de rios e canais), além de ter sido uma das primeiras a desenvolver dragas de sucção.

Hoje, após aquisição de diversas empresas do ramo, ela já conta com mais de três tipos de dragagem marítima, construção de dragas para mineração, equipamentos para todo tipo de embarcação e/ou suporte para serviços Onshore e Offshore, como construção de guinchos, carretéis, sistemas automatizados, equipamentos para submersão, máquinas e usinagens sob demanda, encanamentos e desenvolvimento de projetos, principalmente na área de extração de petróleo.

Em atuação em mais de dez países, a empresa X já fabricou cerca de 3.000 embarcações, tem capital próprio de mais de 300 milhões de Euros e investe pelo menos 10% de seus lucros anuais em pesquisa e desenvolvimento. Recentemente, adquiriu por completo a empresa Y, brasileira, criando duas bases no Brasil em 2015 e uma no Uruguai, em 2017, a fim de suprir a demanda, principalmente de manutenção, das embarcações na América Latina.

A empresa X foi contratada pela empresa Y para realizar o fornecimento de duas máquinas de Offloading. A filial brasileira, conta com cerca de 40 funcionários. Porém, foram utilizados apenas três funcionários do setor financeiro, dois da área de suprimentos, quatro da área de engenharia, um supervisor de compras, um gerente de operações, dois gerentes de projetos e quatro funcionários em campo participando cotidianamente da fase de execução do projeto. Porém, como empresa ainda era

recém-criada e vinha tentando se estabelecer no mercado nacional, não houve uma divisão muito bem determinada de tarefas, uma vez que os processos não eram bem limitados, havendo uma cooperação mútua entre os colaboradores de todas as áreas.

O contrato estabelecido entre as empresas X, contratada e Y, na forma de contratante, estabelece as premissas do projeto, as responsabilidades, exigências, formas de montagem e etc. A empresa X é responsável por custos de operações, controle, pagamento de impostos e etc.; pela criação de todo o projeto de engenharia, planos de solda, lista de locação de materiais; por relatórios de controle de dimensões, cálculos de engenharia, plano de carregamento e transporte, teste do material, maquinário, processo de pintura, etc.; aprovação do plano de execução, plano de inspeção e testes (ITP), um plano de entregas intermediárias e finais; e um cronograma para acompanhamento da empresa Y. Vale ressaltar que o cronograma entregue na proposta do contrato não é detalhado, sendo apenas uma estimativa simplificada do que virá a ser o cronograma real apresentado após assinatura do contrato e deverá da mesma forma ser aprovado pela contratante.

Já a empresa Y se responsabilizará pelo: acompanhamento dos processos, entrega dos materiais e documentos necessários e solicitados pela empresa X; aprovação de todas as etapas, tendo a responsabilidade de agilizar as demandas e sabendo que o processo poderá atrasar, caso ela não corresponda a essas responsabilidades; e pagamentos conforme acordados em contrato, tanto intermediário, quanto inicial e final.

4.1 MARCOS CONTRATUAIS

Ao enviar a proposta de fornecimento do projeto, a empresa X estabeleceu um cronograma e um custo do projeto total. De acordo com o contrato acordado pelas partes a contratante deve pagar a contratada em até 30 dias corridos os valores acordados referentes às atividades 100% concluídas, testadas, inspecionadas e aprovadas pela empresa Y. Os marcos (ou milestones) definidos pela contratante foram:

10% do valor total na entrega dos desenhos técnicos baseados no plano aprovado pela contratante e dos documentos de registro dos mesmos, dos planos de testes e inspeção, do cronograma detalhado e de documento de garantia do banco.

15% do valor total do contrato na apresentação de ordens de compra de itens críticos, como motores, rolamentos de grande porte, itens hidráulicos e alguns itens usinados de grande porte.

25% do total no recebimento de pelo menos 50% dos itens críticos do projeto.

40% após o último FAT, aprovado e sem pendências, além de embalagem de transporte pronta de acordo com os termos do contrato e documentos legais prontos para transporte.

10% após entrega do projeto sem nenhuma pendência, incluindo todas as peças, documentos e treinamentos.

Como o valor total de venda do projeto foi de R\$ 14.903.712,96 os milestones e os respectivos valores a serem pagos e datas de liquidações, ficaram, sob contrato, acertados conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Datas de pagamentos e valores dos marcos

Milestones	Valor	Data invoice
1. Entrega dos desenhos técnicos	1.490.371,20	12/02/2016
2. Ordens de compra de itens críticos	2.235.556,79	29/04/2016
3. Recebimento de itens críticos	3.725.927,99	19/09/2016
4. Realização do FAT	5.961.484,78	03/01/2017
5. Entrega dos documentos	1.490.371,20	13/01/2017

Fonte: os autores

4.2 TEMPO

De acordo com a proposta feita pela empresa X e aceita pela empresa Y, a empresa X desenvolveu um cronograma detalhado para que a empresa Y avaliasse e desse seu aval para a execução do projeto em questão.

O controle de tempo de entrega de material era realizado principalmente pela área de compras (Supply Chain), com a supervisão do gerente de operações e dos dois gerentes de projeto. Além disso, diariamente os gerentes acompanhavam o cronograma do projeto a fim de verificar os processos críticos a serem decorridos nos próximos dias e as entregas que deveriam ser realizadas. Assim como na maioria dos projetos de grande porte, o cronograma muito detalhado e com muitos processos atrapalhava um pouco na questão da visão do macroprocesso, mas isso não chegou a ser um problema, uma vez que os gestores tinham experiência suficiente para saber lidar com esse pequeno obstáculo.

Em relação ao desenvolvimento do cronograma, foram necessárias algumas reuniões para a definição final do cronograma a ser seguido pela empresa X. Primeiramente, os gestores do projeto, assim como o gerente de operações e o supervisor de compras a fim de estabelecer um esboço do cronograma. A partir daí, foram diversas reuniões com engenheiros elétricos, engenheiros projetistas e engenheiros mecânicos com intuito de determinar todo o material que seria necessário para a construção do equipamento.

Com esse material na mão, definiram-se os itens críticos, ou seja, os itens que mais impactavam em atraso nas entregas e demorariam mais tempo para serem fabricados ou importados. Esse processo de definição de cronograma durou cerca de um mês entre a apresentação da proposta de fornecimento à contratante e a entrega dos pedidos de compra desses itens.

Já o acompanhamento financeiro era realizado em conjunto pelas áreas de compras, responsável principal por encaminhar as notas fiscais e o cadastro das compras a serem feitas no ERP (Enterprise Resource Planning - Sistema que integra todos os dados de compras e pagamentos da empresa), e a área financeira, responsável por esses pagamentos e controle de gastos do projeto.

Uma vez feito pedido e a entrega realizada, a área de compras envia a nota fiscal, juntamente com boleto ou dados bancários para pagamento ao setor financeiro, que realiza o pagamento, mediante aprovação dos gestores responsáveis, e atualiza o cronograma físico-financeiro e a planilha de fluxo de caixa, para que o gerente do projeto tenha esse controle.

4.3 CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

Definidos os marcos pelo contrato e iniciada a fase de execução do projeto, a empresa X decidiu elaborar um cronograma físico-financeiro. Esse cronograma mostra com rapidez e facilidade como está o andamento do projeto, tanto em questão de acompanhamento de conclusão das etapas, construção e entrega dos itens, quanto ao pagamento e à provisão relacionada aos itens já concluídos do projeto.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos valores gastos, dispostos no cronograma físico-financeiro, pôde-se fazer algumas análises, por exemplo, o custo total do projeto, que foi de R\$ 8.886.546,94. A tabela 2 expõe o custo total do projeto por Budget Type, ou seja, finalidade; e a tabela 3, os gastos do projeto por mês.

Tabela 2 - Custo por finalidade

Row Labels	Sum of %
Assembly & testing	R\$ 1.729.991,40
Certification	R\$ 15.131,02
Electric	R\$ 309.197,17
Fabrication	R\$ 3.981.518,27
Hydraulic	R\$ 1.788.493,05
Logistics & importation	R\$ 188.639,16
Mechanical	R\$ 801.605,18
Travel, Lodging & expenses	R\$ 71.971,69
Grand Total	R\$ 8.886.546,94

Fonte: os autores

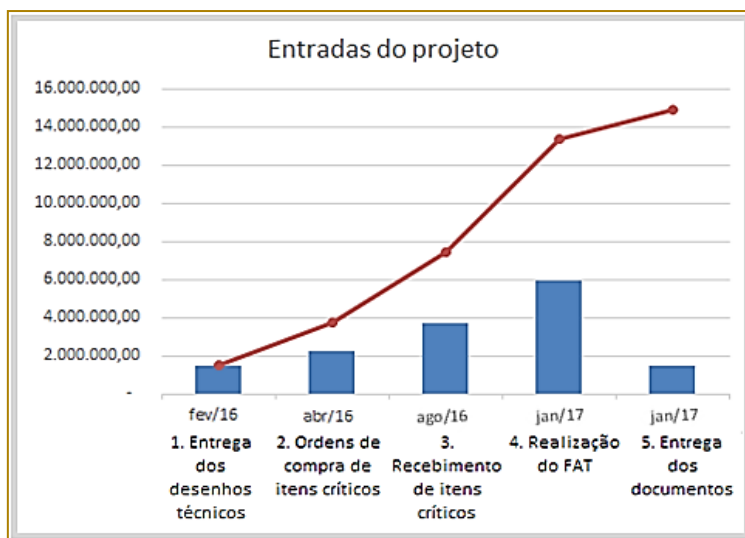
Tabela 3 - Gasto mensal do projeto

Values	
Sum of dez/15	R\$ 15.562,28
Sum of jan/16	R\$ 89.216,34
Sum of fev/16	R\$ 1.209.532,00
Sum of mar/16	R\$ 51.786,03
Sum of abr/16	R\$ 1.191.900,75
Sum of mai/16	R\$ 74.771,91
Sum of jun/16	R\$ 385.777,10
Sum of jul/16	R\$ 558.525,95
Sum of ago/16	R\$ 749.907,46
Sum of set/16	R\$ 645.358,52
Sum of nov/16	R\$ 509.803,21
Sum of out/16	R\$ 491.091,71
Sum of dez/16	R\$ 2.913.313,68
Total	R\$ 8.886.546,94

Fonte: os autores

Considerando os milestones, pode-se analisar, pela Figura 1, o quanto a empresa X recebeu da empresa Y, a cada marco e os valores acumulados, conforme o planejamento em contrato.

Figura 1- Valores individuais e acumulados das entradas do projeto

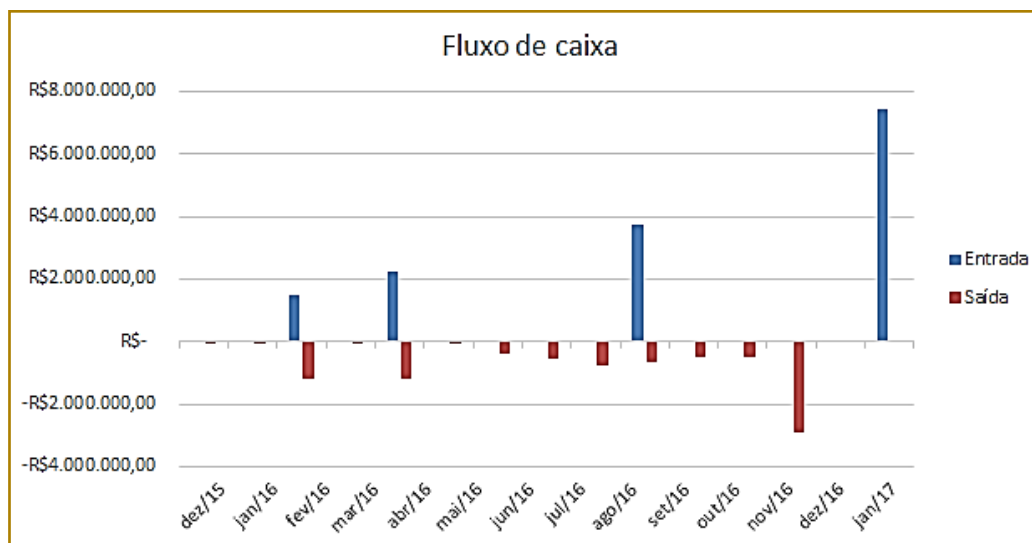


Fonte: os autores

De posse das entradas e saídas financeiras do projeto bem definidas nos gráficos, pôde-

se construir o fluxo de caixa do projeto, como pode ser analisado na Figura 2 e Tabela 4.

Figura 2 - Fluxo de caixa



Fonte: os autores

Tabela 4 - Tabela do fluxo de caixa e lucro

Mês	Entrada	Saída	Saldo
dez/15	R\$ -	R\$ 15.562,28	-R\$ 15.562,28
jan/16	R\$ -	R\$ 89.216,34	-R\$ 89.216,34
fev/16	R\$ 1.490.371,20	R\$ 1.209.532,00	R\$ 280.839,20
mar/16	R\$ -	R\$ 51.786,03	-R\$ 51.786,03
abr/16	R\$ 2.235.556,79	R\$ 1.191.900,75	R\$ 1.043.656,04
mai/16	R\$ -	R\$ 74.771,91	-R\$ 74.771,91
jun/16	R\$ -	R\$ 385.777,10	-R\$ 385.777,10
jul/16	R\$ -	R\$ 558.525,95	-R\$ 558.525,95
ago/16	R\$ -	R\$ 749.907,46	-R\$ 749.907,46
set/16	R\$ 3.725.927,99	R\$ 645.358,52	R\$ 3.080.569,47
out/16	R\$ -	R\$ 509.803,21	-R\$ 509.803,21
nov/16	R\$ -	R\$ 491.091,71	-R\$ 491.091,71
dez/16	R\$ -	R\$ 2.913.313,68	-R\$ 2.913.313,68
jan/17	R\$ 7.451.855,98	R\$ -	R\$ 7.451.855,98
Total	R\$ 14.903.711,96	R\$ 8.886.546,94	R\$ 6.017.165,01

Fonte: os autores

A partir da Tabela 4, pôde-se observar que o projeto foi finalizado com um lucro total de R\$ 6.017.165,02. No entanto, não se pode afirmar que o projeto foi totalmente bem-sucedido, uma vez que não houve a análise da qualidade final do produto ou até mesmo do lucro esperado do projeto. Entretanto, do ponto de vista financeiro, é um projeto muito bem sucedido, com lucro líquido de cerca de 40% da Receita.

Com relação à utilização das ferramentas, pôde-se observar que a utilização dos marcos-chaves foi de extrema relevância para o andamento do projeto, conforme planejado, inclusive tendo o pagamento do marco 3

("Recebimento de itens críticos") adiantado em relação ao planejado, o que não apenas acaba sendo positivo para a empresa financeiramente, como para a própria imagem, principalmente para uma empresa recém estabelecida no país.

Entretanto, a empresa X decidiu não ser necessária a aplicação do MTA, o que indica que nem sempre é necessário seguir à risca as sugestões dos escritores. O gerenciamento de projetos é muito dinâmico e a melhor forma de gerenciá-lo é a que o gestor melhor se encaixa e define para cada projeto individualmente, podendo inclusive adaptar cada ferramenta à sua necessidade, além de

obviamente ter a liberdade de criação de novas ferramentas que o auxiliem na busca pelo sucesso do projeto.

Vale salientar aqui a importância da experiência do gerente de projetos, bem como de todos os colaboradores ao seu redor, em tomadas de decisões como estas supracitadas, e na elaboração de um escopo de projeto realista e detalhado, a fim de evitar ocasionais multas, atrasos ou qualidade do projeto.

A definição prévia dos marcos se encaixou perfeitamente para o sucesso do projeto, o que indica que o planejamento da estrutura analítica foi muito bem feito, além de vantajoso, tanto para a contratante quanto para a contratada. A contratante, teve seu projeto realizado no prazo e nos custos adequados e a contratada teve seus vencimentos realizados com antecipação e/ou no prazo planejado, tendo todos os recursos necessários para alcançar seu objetivo com qualidade, prazo e custo esperados.

A utilização dos marcos deu uma visão geral do projeto, tornando possível o foco nas datas e ações importantes do decorrer do projeto e impedindo que o gerente foque em eventos não tão importantes. Quando se fala em marcos, é muito importante ter um foco no que deve ser realizado, além de uma análise muito bem feita e realista, a fim de evitar multas por parte do contratante e até mesmo uma perda da qualidade motivada pela aceleração de um processo que deveria ser realizado mais minuciosamente. Além disso, atraso na entrega de um marco pode causar atraso no pagamento e, conseqüentemente, falta de caixa para prosseguimento do projeto, causando um efeito “cascata”, causando atraso em todos os outros processos. Para isso, é necessário que contratante e contratada estejam no mesmo passo, uma vez que ambas devem entrar em acordo para definir as tarefas em um prazo realista e que atenda a ambas as partes.

Já o cronograma físico-financeiro auxiliou no controle de compra de insumos do projeto, dando uma visão mais geral dos gastos realizados pela empresa na fase de execução, permitindo um ponto de vista menos detalhado. Aparentemente, ele foi mais útil para o controle de pagamentos dos fornecimentos e a previsão de gastos do que propriamente para seu acompanhamento de entrega.

Assim como no cronograma tradicional, geralmente feito com a assistência do gráfico de Gantt, a facilidade da visão e do controle é muito boa se utilizado para projetos com poucos eventos. Entretanto, para projetos com muitas linhas, passa a se tornar bem mais complexa a visualização do projeto como um todo, podendo acabar distorcendo a ideia de se ter algo simples e de rápida visualização.

Esse tipo de cronograma é extremamente útil para justificar o valor da obra, conseguir investidores e principalmente, monitorá-la. Ele auxilia no monitoramento do fluxo de caixa, tornando mais fácil que o gerente possa antecipar os momentos de desembolsos. Ajuda ainda, a projetar a obra no tempo planejado, mostrando qual a nova previsão de conclusão a cada atualização.

6. CONCLUSÃO

Ao final do estudo, agregando a revisão de literatura ao estudo de caso, pode-se constatar que a análise do cronograma-financeiro, somada à utilização de marcos no projeto, é importante para analisar o projeto tanto financeiramente quanto para controle de pagamentos dos insumos, sendo de extrema importância para que o projeto seja gerenciado de forma eficaz e eficiente.

Ressalta-se ainda que é possível utilizar as 2 ferramentas em qualquer projeto, mas nem sempre é necessário. Por exemplo, em projetos pequenos, onde não há divisão de pagamentos, o cronograma físico-financeiro pode facilmente ser substituído por uma planilha de controle de pagamentos e outra de entrega de material. Assim como o gerenciamento de marcos pode ser desnecessário em projetos que sejam fáceis de controlar apenas com um pequeno cronograma.

Conclui-se, assim, que em projetos de grande parte e com muitos sub-projetos é muito fácil de deixar alguma entrega passar despercebida sem esse controle dos milestones, assim como pagamentos e entregas cruciais do projeto podem ser atrasados por falta de planejamento financeiro e de entrega de materiais críticos para o desenrolar do projeto, confirmando o que havia sido suposto no começo. Portanto, é possível o sucesso de projetos, principalmente dos com um nível menor de detalhamento, sem essas ferramentas. A

utilização ou não delas será definida de acordo com a forma de trabalhar e o pensamento do gerente do projeto, que será

moldado de acordo com suas experiências e habilidades individuais ou de sua equipe.

REFERÊNCIAS

- [1]. ANDERSEN, Erling S. Milestone planning – a different planning approach. Paper presented at PMI® Global Congress – Asia Pacific, Bangkok, Thailand. Newtown Square, PA: Project Management Institute. 2006.
- [2]. DE CARVALHO, Marly Monteiro; RABECHINI JR., Roque. Fundamentos em gestão de projetos: Construindo competências para gerenciar projetos. 3ª. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 422 p.
- [3]. GIL, Antonio Carlos. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p.
- [4]. HELDMAN, Kim. Gerência de Projetos: Guia para o exame oficial do PMI. 5ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 632 p.
- [5]. MUBARAK, Saleh. Construction project scheduling and control. Hoboken, John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- [6]. PMI. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos. Guia PMBOK® 5a. ed. – EUA: Project Management Institute, 2013.
- [7]. RODRIGUES, Eli. Como definir os Marcos/Milestones de um projeto. 2014. Disponível em: <<http://www.elirodrigues.com/como-definir-marcos-milestones-de-um-projeto/>> Acesso em: 03 dez. 2016.
- [8]. SIENGE. Cronograma Físico-Financeiro: ferramenta crucial para o sucesso da gestão de obra. 2016. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/cronograma-fisico-financeiro-gestao-de-obra/>>. Acesso em: 03 dez. 2016.
- [9]. STONNER, Rodolfo. Cronograma de Marcos. 2014. Disponível em: <<http://blogtek.com.br/cronograma-marcos/>> Acesso em: 02 ago. 2016.

Capítulo 7

SINCRONIZAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: UM ESTUDO A PARTIR DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS E DISTRIBUIÇÃO

Leonardo Ritzmann

Ademir Jose Demetrio

Custódio da Cunha Alves

Gilson João dos Santos

Emerson José Corazza

Renato Cristofolini

Resumo: Este trabalho buscou analisar a cadeia de suprimentos e distribuição, com o objetivo de gerar conhecimento para aplicação prática e apresentar como o método atual de gerenciamento da cadeia tem conflitos não resolvidos que sustentam diversos problemas desse ambiente, por exemplo: manter menos ou mais estoques. Tem como propósito apontar e explicar estes problemas e seus efeitos indesejáveis, demonstrar os conceitos da Teoria das Restrições (Theory of Constraints - TOC) para o gerenciamento da cadeia de suprimentos, explicar o uso desta metodologia para reduzir excesso de estoques e rupturas em todos os elos e como garantir os produtos certos, no local certo e no momento certo, obtendo melhorias no desempenho global do sistema. O problema parte da ineficiência operacional da cadeia de suprimentos e justifica-se pelo excesso de estoques e vendas perdidas de produtos nas gôndolas, causando prejuízos financeiros. Como resultado obteve-se oportunidades de melhorias através de um estudo do modelo de gestão TOC, que podem ser aplicadas a qualquer cadeia de fornecimento para se ter um desempenho melhor em todos os seus elos. Ao refletir sobre o modo com que o varejo sofre com altos estoques e ao mesmo tempo com muitas rupturas, busca-se identificar como causar mudanças no sistema atual de distribuição para potencializar a eficiência operacional da cadeia de suprimentos.

Palavras-chave: Teoria das Restrições; Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos; Distribuição; Estoque.

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, a cadeia de suprimentos (CS) conta com um sistema tecnológico que não é mais primitivo, logo, as indústrias possuem mecanismos robóticos para automatizar os processos. Várias já instalaram sistemas novos e avançados de planejamento de recursos corporativos (Enterprise Resources Planning - ERP) para ajudar a gerenciar a fábrica. Distribuidores e fabricantes possuem softwares extremamente sofisticados para prever exatamente quantos itens serão vendidos de cada produto (COX III; SCHLEIER, 2013).

Apesar de toda a evolução tecnológica, melhores ferramentas de TI capazes de processar rapidamente grande quantidade de dados, aumento de registros de consumo todos os anos e dos

grandes esforços para melhorar o gerenciamento da cadeia de suprimentos, verifica-se que na prática, o comércio varejista sofre, ao mesmo tempo, com excesso de estoques e significativas perdas de vendas, “ocasionadas devido à indisponibilidade dos produtos nos pontos de consumo (clientes finais)” (MOELMANN, 2008, p. 10). Parece até contraditório, ter estoque em excesso e perda de vendas por falta de produtos. E isto gera deficiências crônicas que ocasionam prejuízos financeiros.

Um dos maiores desafios para indústrias, atacadistas/distribuidores e varejistas é ter o estoque certo, no momento certo e no lugar certo ao longo da CS. Para que este desafio seja superado é importante que exista uma gestão das relações e interdependências destes elos que formam a cadeia de suprimentos (PTAK; SCHRAGENHEIM, 2004).

Posto isto, de acordo com Goldratt et al. (2000), dentre os problemas/reclamações comuns desse ambiente que precisam ser solucionados, podem ser citados: Informações dispersas em termos de previsões, estoques, planejamento e tendências; varejistas que compram poucas unidades de certos itens e muitas de outros; lead times muito longos; grande número de prazos não cumpridos, ou cumpridos com muito esforço extra; falhas frequentes de inventário e nas quantidades necessárias dos materiais; altos níveis de estoques no sistema como um todo; excesso geral de estoques e, ao mesmo tempo, falta pontual de produtos;

muitas vendas perdidas ao usuário ou consumidor final e; baixo giro de estoques.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos (Supply Chain Management - SCM) de acordo com os princípios da Teoria das Restrições (Theory of Constraints - TOC) é uma alternativa para auxiliar na resolução destes problemas (SIMON; PIRES, 2006). A TOC, em sua análise, considera o impacto do fornecimento junto com a demanda para calcular o nível correto de estoque ao longo da CS, com ênfase no fornecimento (COX III; SCHLEIER, 2013). A abordagem sistêmica da TOC deve servir para um só propósito, garantir uma ótima disponibilidade dos itens em todos os pontos de consumo, baseada na renovação constante dos estoques consumidos por meio de pulmões de estoque posicionados estrategicamente (SCHRAGENHEIM, 2007).

Segundo Moellmann (2008, p. 20), a TOC mostra ser de grande valia para enfrentar o desafio da disponibilidade, “contribuindo globalmente com o processo de SCM, cujo sucesso se traduz em atender todas as oportunidades de vendas com o menor custo total (menores inventários, maior otimização em transporte e maiores giros de estoque)”.

É neste contexto que este trabalho se insere e propõe relatar como o método atual de gerenciamento da cadeia de suprimentos tem conflitos não resolvidos que sustentam os diversos problemas desse ambiente e minimizam a eficiência operacional da cadeia. Visa identificar e explicar estes problemas e seus efeitos indesejáveis, e tem como objetivo apresentar possíveis oportunidades de melhoria para potencializar a eficiência operacional da CS, passando por integrar os elos da cadeia com foco nas vendas para o consumidor final. Afinal de contas, “enquanto o consumidor final não comprou, ninguém vendeu” (GOLDRATT, 2002, p. 103).

Para proceder o estudo, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o tema, para em seguida, estruturar a aplicação dos princípios da TOC no gerenciamento da cadeia de suprimentos. Utilizou-se o método de processo de pensamento lógico (PPL) da TOC, e os cinco passos da focalização para diagnosticar as causas raiz, conflitos e restrições do sistema e pretende-se com a aplicação das ferramentas envolvidas neste método, identificar oportunidades de melhoria para aplicação prática.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo abrange a fundamentação teórica sobre os principais temas que amparam este estudo: Teoria das Restrições, medidas de desempenho, cadeia de suprimentos e o sistema de distribuição.

2.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

A TOC foi criada há mais de 30 anos, e é uma metodologia que identifica e soluciona de maneira lógica as limitações que impedem uma pessoa, organização ou sistema de atingir seu objetivo (meta) (GOLDRATT; COX, 2006).

Cox III et al. (2012), define a TOC como: uma filosofia de administração sistêmica e holística de gerenciamento para se obter uma melhoria significativa do desempenho do sistema como um todo. Desenvolvida pelo físico israelense Dr. Eliyahu M. Goldratt, é baseada no princípio que sistemas complexos exibem uma simplicidade inerente, por exemplo, mesmo os sistemas mais complexos, compostos por milhares de pessoas e equipamentos, podem ter, a qualquer hora, um pequeno número de variáveis – talvez apenas uma (chamada de restrição) – que realmente limitam a habilidade do sistema de gerar ganhos.

Desenvolvida inicialmente para os sistemas de manufatura, a TOC foi se expandindo para outras áreas, como estratégia empresarial, operações, finanças, distribuição e cadeia de suprimentos, gerenciamento de projetos, vendas, marketing, educação e gestão de pessoas.

Na área de SCM, Goldratt (2011), expõem que todo comércio varejista sofre com o paradoxo de ter altos estoques e ao mesmo tempo muitas rupturas. Tal incoerência abordada pelo autor serviu de base para apresentar este estudo sobre a análise da TOC aplicada ao gerenciamento da cadeia de suprimentos e distribuição.

Segundo Goldratt (2011), o método atual de gestão da CS apresenta problemas, e apesar de grande esforço por parte de todos os profissionais da área do varejo para tentar resolver isto, a extensão do problema não diminui e, em muitos casos até aumenta. O foco é a perda de vendas em contraste com o estoque em excesso e os constantes conflitos com a área de compras (pela falta de

produtos) e a logística, pela demora da reposição do estoque.

O raciocínio da TOC também procura ressaltar a desvantagem da busca do ótimo local em

detrimento do ótimo global, por parte da indústria, quando esta procura empurrar seus estoques para toda a cadeia, perseguindo isoladamente o objetivo de tornar o seu sistema eficiente (GOLDRATT, 2011). Esta ação prejudica a cadeia, e reflete nos distribuidores que agem da mesma maneira em relação aos varejistas e, estes, ao consumidor final. “Um dos principais preceitos da TOC afirma que o ótimo global não é a soma de muitos ótimos locais” (COX III; SCHLEIER, 2013, p. 53).

O objetivo de uma empresa é fazer dinheiro hoje e no futuro (GOLDRATT; COX, 2006). Quando o objetivo da empresa é definido, devem-se identificar quais são as restrições (gargalos) que impedem o sistema de atingir a sua meta (GOLDRATT, 1991). A restrição, segundo o dicionário APICS (COX; BLACKSTONE, 2002) é qualquer elemento ou fator que impede que um sistema conquiste um nível melhor de desempenho no que diz respeito a sua meta. As restrições podem ser físicas, como por exemplo, um equipamento ou falta de material; ou não físicas, de ordem gerencial, como procedimentos, políticas, normas, crenças.

A estratégia da TOC identifica e explora a simplicidade inerente em qualquer organização por meio de um processo denominado cinco passos da focalização, que engloba as seguintes etapas, que devem ser seguidas para a identificação e gestão das restrições do sistema: 1) Identificar a restrição do sistema; 2) Decidir como explorar a restrição do sistema; 3) Subordinar todo o resto à decisão anterior; 4) Elevar a restrição e; 5) Retornar ao primeiro passo. Advertência: Não permitir que a inércia torne-se a restrição do sistema (GOLDRATT, 1990). Este processo se concentra na identificação e gerenciamento dos pontos de alavancagem do sistema. Uma alteração em apenas um ou poucos pontos de alavanca provoca alterações significativas e pode impactar todo o sistema em relação a sua meta.

Com o passar do tempo, Goldratt percebeu que apenas a resolução dos gargalos de produção nem sempre era suficiente para tornar uma empresa mais bem sucedida. Foi

então que concebeu o processo de pensamento lógico, que geralmente aborda a identificação e resolução de problemas relacionados a restrições não físicas, na maioria dos ambientes não fabris. Esse salto foi fundamental, pois elevou a ideia global da TOC para um conceito de sistema, deixando de ser apenas uma metodologia de produção.

O processo de pensamento ofereceu um meio para examinar sistemas de todo tipo, não somente de empresas fabris, e para identificar o fator que mais restringe o sistema em sua missão de concretizar sua meta (COX III; SCHLEIER, 2013). O PPL é um conjunto de ferramentas lógicas, que utilizam relacionamentos de causa e efeito para

determinar as causas raiz que ocasionam os efeitos indesejáveis observados em um sistema e podem ser usadas de forma independente ou combinadas para responder questões básicas de mudanças, para gerenciar a melhoria contínua, que nos permitem: perceber a complexidade, visualizar os conflitos, desafiar as premissas, estruturar como causar a mudança no sistema e discernir um caminho a seguir (COX III et al., 2012).

Para estruturar uma mudança o PPL é composto de questões simples que desafiam a resolução de problemas, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Perguntas do Processo de Pensamento da TOC para estruturar a mudança

Perguntas para estruturar a mudança	Propósito	Ferramentas
Por que mudar?	Definição de qual é a meta, a restrição, os gaps, efeitos indesejáveis.	Lista de Efeitos Indesejáveis (EI).
O que mudar?	Identificação de qual é o conflito e o problema raiz.	Árvore da Realidade Atual (ARA); Nuvem de Conflitos (EN).
Para o que mudar?	Consensar qual é a solução ganha-ganha para quebrar o conflito e obter efeitos desejados, sem criar efeitos indesejáveis.	Árvore da Realidade Futura (ARF); Ramo Negativo.
Como causar a mudança?	Diagnosticado o problema raiz e delineada a estratégia, a questão é: como implementar a solução.	Árvore de Pré-Requisitos (APR); Mapa de Objetivos Intermediários.

Fonte: Adaptado (COX III; SCHLEIER, 2013).

2.2 MEDIDAS DE DESEMPENHO: IDD E GDD

“Diga-me como me medes e te direi como me comportarei.” (GOLDRATT, 1991, p. 26). Esta frase diz muito sobre o comportamento da CS. Para Goldratt (2011), os elos da CS trabalham com métricas conflitantes e não integradas. Por exemplo, uma empresa de manufatura paga a comissão para o seu vendedor empurrar a mercadoria para o varejo. Mas, se o varejo não vender a fábrica não vendeu – logo a fábrica não vai receber –, o vendedor que empurra a mercadoria para o próximo elo, ele na verdade não está colaborando com o ótimo global, ele empurra a mercadoria que vai sobrar e vai gerar ineficiência.

Ou então, em outro exemplo, um indicador que avalie a área de logística por reduzir o custo da tonelada transportada. Esse indicador pode fazer com que todos os caminhões da empresa saiam com 100% da capacidade, reduzindo custos de transporte. Porém, o custo para o elo seguinte da cadeia que não recebeu produtos por um atraso na

formação de cargas será enorme. Ou, como o caminhão tem meta para sair com 100% da carga, ele pode ter a necessidade de empurrar uma mercadoria para a loja mesmo que não seja necessária no ponto de consumo.

Com a visão de ter uma CS atuando como uma unidade única de negócio, é preciso que os seus elos sigam o plano proposto (SIKILERO et al., 2008). O objetivo das medidas de desempenho da TOC é motivar as partes a fazer o que é bom para o sistema como um todo (GOLDRATT, 2002). Sendo assim, para Goldratt (1991), há duas formas de descumprir o plano proposto, que são produzir com antecedência ou com atraso. Para monitorar estes dois tipos de alterações, em relação ao planejado, e ter métricas integradas e não conflitantes, são utilizados dois indicadores dentro da CS:

Inventário-dinheiro-dia (IDD) ou excesso de estoque: é um indicador de eficácia que mede se a cadeia está mantendo o estoque

de produtos que os clientes não desejam. O IDD faz uma análise do custo do excesso de estoque. Um produto com IDD alto indica que o valor depositado nele poderia ser destinado a outros produtos que poderiam trazer maior rentabilidade. Sua fórmula de cálculo mede o número de dias em estoque (desde a entrada) multiplicado pela quantidade acima do estoque multiplicado pelo ganho unitário do produto (GOLDRATT, 2002).

Ganho-dinheiro-dia (GDD) ou potencial de perda de vendas: é um indicador da confiabilidade e indica se a CS fornece tudo o que promete. O GDD indica o custo de perda de vendas por dia. O GDD faz uma análise do risco de perda de venda por falta de estoque. Um produto com GDD alto indica que ele está abaixo do estoque de segurança determinado e que existe uma necessidade de reposição por parte do fornecedor. Sua fórmula de cálculo mede o número de dias que o produto ficou abaixo do estoque de segurança multiplicado pela quantidade abaixo do estoque multiplicado pelo ganho unitário do produto (GOLDRATT, 2002).

2.3 CADEIA DE SUPRIMENTOS

O Council of the Supply Chain Management Professionals (CSCMP, web) define que o gerenciamento da cadeia de suprimentos compreende o planejamento e a gestão de todas as atividades de fornecimento, aquisição, abastecimento, consumo e gerenciamento logístico, incluindo também a coordenação e colaboração com os canais de distribuição, sejam eles companhias fornecedoras, intermediários, prestadores de serviços terceirizados e clientes.

Segundo o dicionário APICS (COX; BLACKSTONE, 2002), cadeia de suprimentos são processos que se estendem da matéria-prima inicial até o consumo de produto acabado, unindo as companhias fornecedoras e usuárias. De acordo com Bowersox et al. (2014, p. 4), "a gestão da cadeia de suprimentos consiste na colaboração entre empresas para impulsionar o posicionamento estratégico e melhorar a eficiência operacional".

Para Moellmann (2008) a CS é usualmente entendida como um grupo de elementos – elos – dependentes em um sistema. Portanto, o desempenho global deste sistema, resulta, teoricamente, do máximo desempenho de todos os elos. Contudo, a visão holística e o

pensamento lógico da TOC revelam que é o desempenho do elo mais frágil da cadeia de suprimentos que irá determinar os resultados globais do sistema (MOELMANN, 2008).

2.4 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

As cadeias de suprimentos tradicionais são, na maior parte, sistemas empurrados, utilizando o modelo make-to-stock (MTS) ou produzir para estocar (ponto de estoque mínimo ou de ressuprimento/tamanho de lote econômico). Na TOC, os produtos de consumo são gerenciados com o make-to-availability (MTA) – produzir para disponibilização –, um sistema de distribuição puxado, no qual o consumidor orienta a distribuição (COX III; SCHLEIER, 2013).

Cox III e Schleier (2013, p. 274), ressaltam que "o objetivo da MTA é oferecer uma nova oportunidade comercial baseada no oferecimento de um valor superior aos clientes por meio de tempos de espera garantidos, os quais os concorrentes acharão difícil imitar".

Dentro destes conceitos, destaca-se que a TOC faz a reposição quando um item é vendido ou consumido (reposição pelo real consumo), enquanto o sistema empurrado tradicional o faz quando a quantidade remanescente no estoque chega no ponto de pedido de reabastecimento.

3 METODOLOGIA

Devido às características desta pesquisa, o presente estudo aqui exposto foi caracterizado como dedutivo, com abordagem qualitativa, de objetivo exploratório e de natureza aplicada. Para o desenvolvimento do estudo, foi selecionado o procedimento de pesquisa bibliográfica.

De acordo com Gil (2007) a pesquisa de objetivo exploratório tem como propósito "proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses". Gil (2007) destaca ainda que na maioria dessas pesquisas há levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Além disso, este método de pesquisa com natureza aplicada "objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos" (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

A partir de um levantamento bibliográfico sobre o assunto, foi realizada uma leitura sobre o tema cadeia de suprimentos e uma análise das práticas atuais de SCM, e depois um estudo da Teoria das Restrições relacionando os conceitos desta metodologia com a distribuição e gerenciamento da CS, através da seleção de livros, artigos, monografias, teses e dissertações, escritos por autores confiáveis e relevantes ao tema proposto.

Foi feita uma pesquisa qualitativa (com a intenção de aprofundar a compreensão do sistema e a objetivação de descrever, compreender e explicar as relações dos processos da TOC com o SCM) baseada no material selecionado, seguida de uma análise do conteúdo e resultados obtidos a partir da aplicação de ferramentas da TOC para identificar os gargalos e conflitos do gerenciamento da CS. Posteriormente, são apresentadas as propostas de melhorias para potencializar a eficiência operacional da CS.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O foco deste estudo é o comércio varejista. Nos últimos anos, os padrões de consumo passaram por mudanças. E por conta destas mudanças, para atender as necessidades do consumidor o varejo precisa abastecer e manter seu estoque em dia. Por exemplo, se o varejista comprar demais da indústria em relação a um determinado produto, pode ter gastos desnecessários e deixar de investir em outros itens mais urgentes. Já a indústria deixará de vender para o varejo, pois, lá no ponto de venda, está com excesso do produto. Colocar a CS em sintonia entre demanda do consumidor, produção e abastecimento é o desafio do varejo.

3.2 SITUAÇÃO ENCONTRADA: AS PRÁTICAS ATUAIS DE SCM

Nos últimos anos, dentro das diversas abordagens para a gestão da CS, na grande maioria, têm-se operado com sistemas de distribuição empurrados (CORBETT, 2009). A tendência deste comportamento empurrado da CS tradicional é manter o estoque o mais próximo dos consumidores. Portanto, indústria ou distribuidor envia os estoques para o nível mais baixo da cadeia, geralmente, o varejo (loja). A ideia é empurrar o produto até o mais baixo nível da cadeia de distribuição com o

objetivo de aumentar o consumo (COX III; SCHLEIER, 2013).

Segundo Schragenheim (2007), este comportamento exige um bom modelo de previsão de vendas, para antever onde e quando os estoques serão necessários nas lojas. Devido ao avanço tecnológico atual que vivenciamos, nossas ferramentas de TI estão cada vez melhores e mais sofisticadas, capazes de processar rapidamente grande quantidade de dados, ter um maior número de registros de consumo todos os anos, etc. Estes softwares avançados de previsão, tentam modelar a demanda para conseguir manter os níveis de estoque adequados na quantidade, no local e no momento certo. Ou seja, com toda esta capacidade tecnológica, fazer precisões acertadas melhora muito com o passar do tempo. Mas não é isto que é verificado na realidade. E o problema não está na TI.

Nenhum mecanismo de previsão, por melhor que seja, pode prever precisamente como será a demanda. Deve-se sempre levar em consideração alguns fatos da realidade que a estatística não pode prever, e estes fatos tem aumentado muito recentemente.

Outro problema apontado por Schragenheim (2007), é a mudança instantânea nos padrões de consumo, que nenhum modelo de previsão consegue levar em consideração. Por exemplo, a customização (personalização de produtos) que aumenta por parte dos consumidores finais. Isto obriga a cadeia a operar com uma maior variabilidade de produtos, e itens de baixa rotatividade, pois são específicos a um cliente e impede uma boa previsão de vendas. Outro ponto é o tempo de tolerância do consumidor, que está cada vez menor, e isto pressiona a cadeia a operar com maiores estoques e mais perto dos consumidores (loja). E por último os novos produtos, o ciclo de vida do produto está cada vez mais curto, e a introdução de novos produtos é terrível para as previsões, pois não há um histórico de consumo (GOLDRATT, 2015).

De acordo com Moellmann (2008, p. 40), "devido à ausência de uma visão sobre as restrições que afetam o desempenho global da cadeia", verifica-se que, os elos da CS não atingem melhores resultados, tanto em rentabilidade quanto na gestão eficaz dos inventários. E de fato esta referência nos leva a uma das primeiras restrições e efeitos indesejáveis do método atual de

gerenciamento da CS, relatado por Goldratt (2011, p. 156), “não conseguimos prever com suficiente exatidão a demanda futura”. Mas, continua-se a investir esforços para melhorar o desempenho através de previsões mais acertadas.

Para Corbett (2009), um negócio baseado e dependente da previsão é frágil, tem um impacto negativo no giro de estoque, aumenta o estoque médio e diminui as vendas. O que impede o aumento da eficiência da CS, em termos da capacidade de prover um fluxo contínuo e preciso de produtos para os clientes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo a seguir foi desenvolvido com base no PPL da TOC, utilizando o conjunto de ferramentas lógicas para estruturar os problemas de falta e excesso de produtos no estoque, perda de vendas por indisponibilidade de produto, que geram prejuízos financeiros para todo o sistema da CS.

4.1 CONSTRUÇÃO DO PROCESSO DE PENSAMENTO LÓGICO

A seguir, a construção do PPL. “O processo de pensamento foi desenvolvido para facilitar mudanças benéficas, que na maioria das circunstâncias também exigem, ou estão relacionadas, à superação da resistência à

mudança. Ele orienta o usuário para encontrar respostas a perguntas básicas” (COX III; SCHLEIER, 2013, p. 651). As perguntas: Por que mudar?; O que mudar?; Para o que mudar?; e Como causar a mudança?, determinam a estrutura para o processo de pensamento da TOC. Elas são respondidas através de um conjunto de ferramentas que permitem ao usuário resolver um problema e/ou desenvolver uma estratégia integrada usando o rigor e a lógica de causa e efeito, começando com os sintomas do problema e terminando com um plano de ação que coordena as atividades de todos os envolvidos na implementação da solução (AVRAHAM, 2009).

4.1.1 POR QUE MUDAR?

O propósito traçado (meta) é potencializar a eficiência operacional da CS, reduzindo o excesso de estoques e rupturas, e garantindo que os produtos certos estão no local certo e no tempo certo. Portanto, o ponto de alavancagem de toda a cadeia é a prateleira.

Através de uma pesquisa documental com base nos autores Goldratt (2011), Cox III e Schleier (2013), Schragenheim (2007) e relatórios de uma empresa multinacional de tecnologia situada em Joinville/SC, que é líder em soluções para SCM, neste estudo denominada empresa E, foi possível determinar os efeitos indesejáveis (EI) comuns no sistema, listados conforme apresenta o Quadro 2.

Quadro 2 – Efeitos indesejáveis comuns da cadeia de suprimentos

#	Efeitos indesejáveis
1	Excesso de estoques
2	Rupturas nas gôndolas
3	Não é possível prever com suficiente exatidão a demanda futura
4	Tempo de reabastecimento (ressuprimento) muito longo
5	Compra-se muito de alguns itens e poucos de outros
6	Muitas vendas perdidas (ao consumidor final)
7	Desapontamento do consumidor
8	Foco no ótimo local (visão individualizada)
9	A indústria empurra o estoque para a loja (varejista)
10	Dinheiro investido em estoque parado (capital de giro estagnado)
11	Poucos giros de estoque
12	O estoque da loja (varejista) fica cheio, acima da sua capacidade de venda
13	Há sobra de estoques de itens que demoram a ser vendidos
14	Escassez de estoques de itens necessários
15	Ineficiência operacional da cadeia de suprimentos
16	Perdas financeiras

Fonte: Primária, 2018.

Após listar os EI, segue-se então para o passo seguinte, que é construir um mapa de causa-efeito relacionando-os, a fim de encontrar a causa raiz.

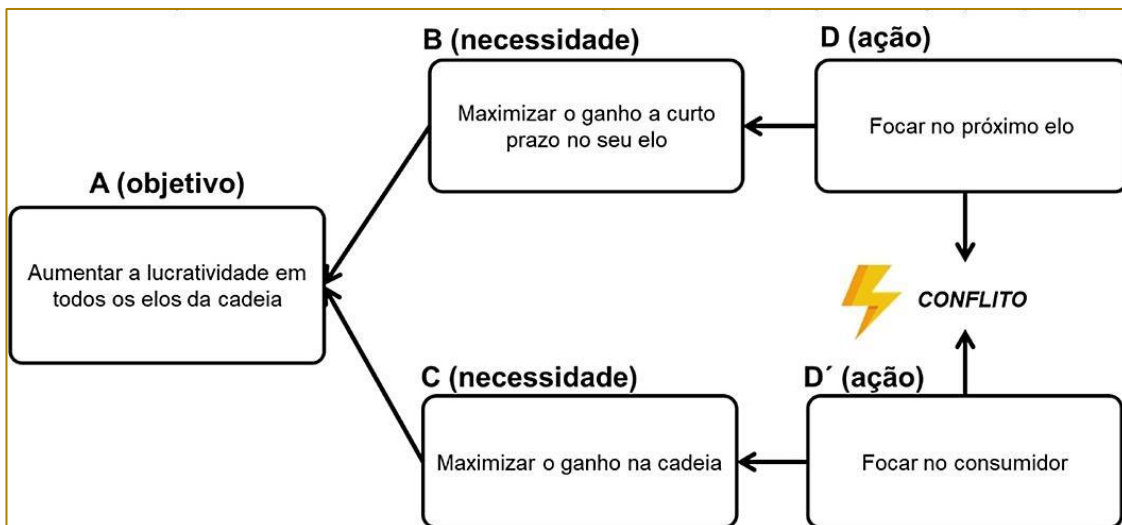
4.1.2 O QUE MUDAR?

Para responder esta pergunta será utilizada a ferramenta *Árvore da Realidade Atual (ARA)*. De acordo com Cox III e Schleier (2013), a ARA é uma ferramenta baseada na lógica de suficiência utilizada para descrever relações de causa e efeito dos EIs, para determinar o problema raiz do sistema. A Figura 7, no APÊNDICE A, apresenta estas relações e aponta as causa raiz do sistema. Após identificação da causa raiz através da ARA, um diagrama de dispersão (nuvem de conflito) pode ser usado para captar e descrever o dilema no sistema ou a realidade que pode estar provocando este dilema. Neste diagrama, é revelado como os elos da

CS tratam deste problema raiz, podendo-se observar que, entre os ramos superiores e inferiores da nuvem de conflito, há uma divergência nas estratégias empregadas pelos elos da cadeia.

O conflito apresentado na Figura 2, retrata a situação, a qual cada elo se preocupa com o seu ótimo local. Com o objetivo de aumentar a lucratividade em todos os elos da cadeia, um elemento do sistema necessita maximizar o ganho em curto prazo no seu elo e para tanto é preciso focar no próximo elo (ótimo local). Por outro lado, visando também aumentar a lucratividade em todos os elos da cadeia, os elementos do sistema necessitam maximizar o ganho na cadeia, e para tanto é preciso focar no consumidor (ótimo global). Tem-se um conflito quando ao mesmo tempo deseja-se focar no próximo elo para maximizar o ganho em curto prazo e focar no consumidor para maximizar o ganho na cadeia.

Figura 2 – Nuvem de conflito para a causa raiz: A indústria empurra o estoque para a loja (varejista)



Fonte: Primária, 2018.

Conforme explica Goldratt (2011), para que a CS possa ter um desempenho muito mais alto, não basta que apenas um elo melhore, tem que haver a integração e a colaboração de seus elos com foco nas vendas para o consumidor final. Deve-se buscar o ótimo global para a CS e não os ótimos locais para cada elo da CS.

No ramo superior da Figura 2, têm-se um olhar individualizado (foco no ótimo local). Cada membro da CS geralmente persegue, isoladamente, como meta, tornar seu sistema rentável e lucrativo (MOELLMANN, 2008). Por

exemplo, a indústria avalia o *sell-in* (índice que mede a venda dela para o próximo elo da cadeia, por exemplo, o varejo). O *sell-in* traz uma perspectiva errônea, levando toda a cadeia a se comportar de um jeito que gera excesso de estoque ou falta dele (Neogrid, web). Já no ramo inferior, têm-se a adoção de diretrizes com foco na maximização global da CS e se promove através das vendas ao consumidor final, o *sell-out* (venda realizada diretamente para o consumidor final e as informações de estoque e venda podem ser disponibilizadas diretamente para todos os

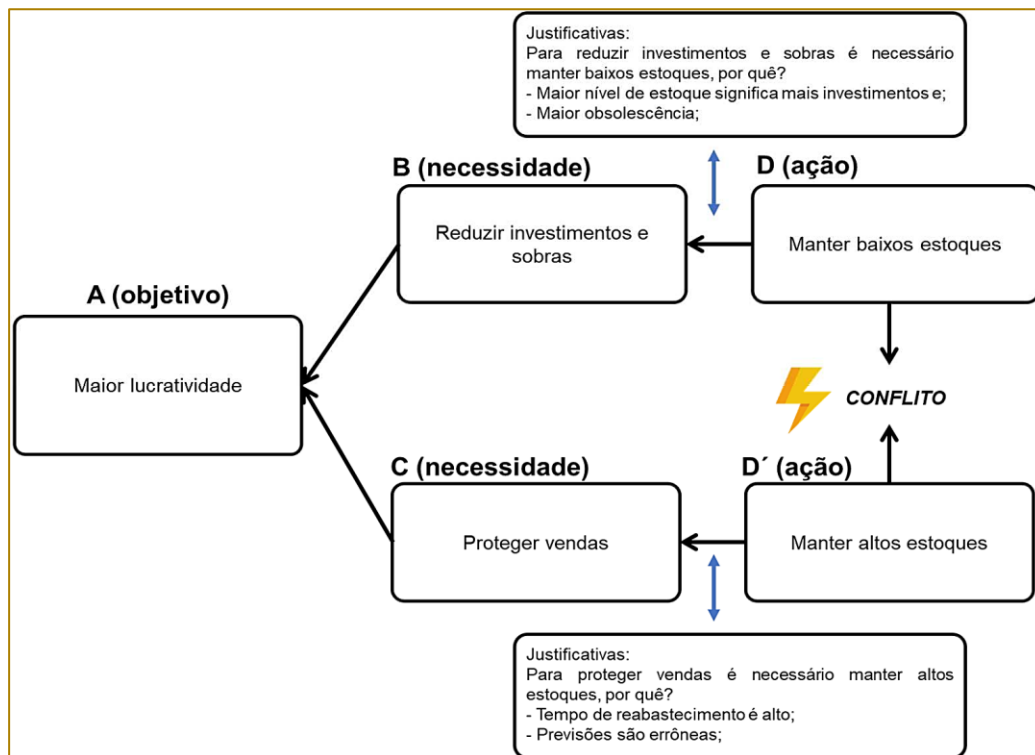
elos da cadeia). Não compensa cada elo apenas ter o compromisso de empurrar o estoque para frente. O que deve determinar a efetivação das etapas é a compra feita pelos clientes finais (Neogrid, web).

De acordo com Goldratt (2002), se o cliente não comprou o item, ninguém vendeu, ou seja a indústria somente transferiu sua produção

para o varejo, mas a CS como um todo não ganhou, pois o ciclo não foi concluído.

O conflito apresentado na Figura 3, retrata a situação dos estoques. Para que se possa tê-los sob controle é necessário um sistema de medição que apresente duas ocorrências distintas: se o estoque está em excesso ou se ele está muito pequeno com risco de perda de venda.

Figura 3 – Nuvem de conflito para a causa raiz: Não é possível prever com suficiente exatidão a demanda futura



Fonte: Adaptado Goldratt (2011, p. 133).

Com o objetivo de ter maior lucratividade no sistema, é necessário reduzir investimentos e sobras, para tanto é preciso manter baixos estoques. Por outro lado, também para ter maior lucratividade, é necessário proteger as vendas, para tanto é preciso manter altos estoques. Tem-se um conflito quando ao mesmo tempo deseja-se manter baixos estoques para reduzir investimentos e sobras e manter altos estoques para proteger as vendas.

Na Figura 3, é possível perceber através das justificativas que as duas ações em conflitos (reduzir ou aumentar os estoques) são insatisfatórias. É essencial alcançar o equilíbrio entre as duas, que pode ser

alcançado através da solução de distribuição/reabastecimento da TOC.

Agora com a identificação dos problemas raiz e os conflitos estruturados da CS é possível revelar os pressupostos – motivos – que guiam o modo atual de lidar com estes problemas.

4.1.2.1 PRESSUPOSTOS ERRÔNEOS

De acordo com Goldratt (2011), pode-se perceber que é incoerente esperar até que possa ser pedido um lote econômico. As lojas devem pedir imediatamente após o consumo. E também é percebido o quão falso é o pressuposto de que é melhor empurrar o

estoque para a loja. “É muito melhor segurar a maior parte do estoque no depósito, onde ele pode ser instantaneamente direcionado para as lojas que realmente precisam dele” (Goldratt, 2011, p. 133). Por exemplo, há muitos casos nos quais uma loja da região tem ruptura de um item, enquanto outra loja da mesma região tem estoque demais desse mesmo item; ou quando o estoque da loja fica cheio, acima da capacidade de venda, aparentemente a indústria tem lucro, mas, no médio e longo prazo essa situação acaba prejudicando a cadeia.

O passo seguinte consiste em encontrar a direção para a solução. Seleciona-se as ações preferidas para resolver as causas raiz e os efeitos indesejáveis.

4.1.3 PARA O QUE MUDAR?

O objetivo da TOC é oferecer métodos bastante simples e objetivos para facilitar a compreensão, utilização e responder as três perguntas de disponibilidade: o quê manter de estoque, onde e quando (COX III; SCHLEIER, 2013).

Posto isto, a solução da TOC que atua na resolução destes conflitos apresentados são:

a) Reposição de acordo com o real consumo. “Repor o mais freqüentemente possível a partir do armazém principal (da fábrica ou central) para os pontos de consumo – unidades são enviadas apenas para repor o consumo real (ou para reajustar os tamanhos dos pulmões)” (SCHRAGENHEIM, 2007). Goldratt (2011), afirma que precisa-se de estoque somente por uma razão, que é apoiar as vendas. Portanto, o estoque que de fato é preciso manter na loja, é o estoque que se espera vender até o ressuprimento.

b) Sincronização da cadeia de suprimentos através da distribuição puxada, ou seja, alterar o sistema de distribuição de “empurrar” para “puxar”. Desta forma, o consumidor final orienta o comportamento de todos os agentes da CS, combatendo a falta e o excesso de produtos no estoque.

Para demonstrar esta solução foi utilizada a ferramenta Árvore da Realidade Futura (ARF).

O processo de ARF, diferentemente da ARA, inicia-se com a identificação das ações ou soluções preferidas, que Goldratt chamou de “injeções” (COX III; SCHLEIER, 2013). O próximo passo é então prosseguir com o mapeamento das relações lógicas baseadas em suficiência e a confirmação se os elos causais nos levarão ao que consideramos como resultados desejáveis. A Figura 8, no APÊNDICE B, apresenta que as causas raiz identificadas na ARA, sofrem um impacto das soluções de reposição pelo real consumo e sistema de distribuição puxado, transformando os efeitos indesejados da ARA em efeitos desejados da ARF.

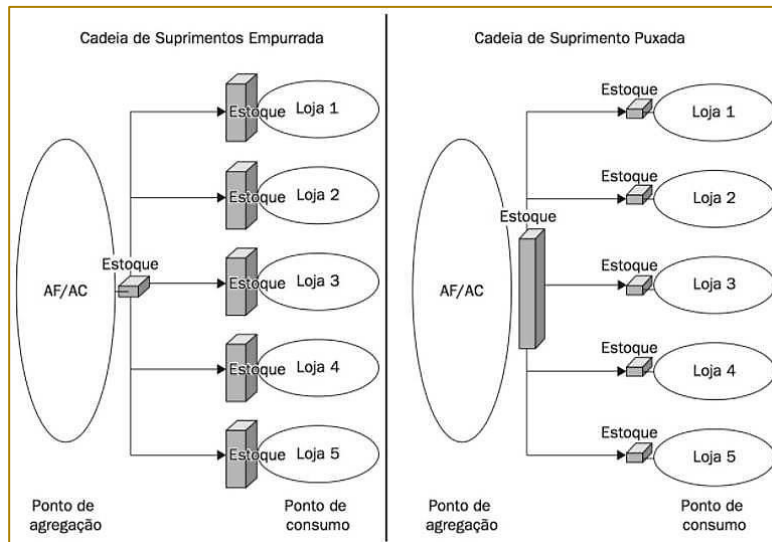
O último passo consiste em definir o plano de implementação para aplicação prática.

4.1.4 COMO CAUSAR A MUDANÇA?

Para solucionar os problemas diagnosticados e resolver os conflitos, devem ser implementadas as seguintes mudanças no sistema:

a) Agregar o estoque na fonte de suprimentos: criar um armazém/depósito central. Em um sistema de distribuição, a variação na demanda é menor em um ponto de agregação, como um armazém/depósito, do que nos pontos de consumo individuais (lojistas). Esta solução vai ao encontro com os princípios da estatística, ou seja, posicionar estoques de forma agregada melhora a acuracidade das previsões – é mais estável – do que manter o estoque nos diferentes pontos de consumo (SCHRAGENHEIM, 2007). Esta solução da TOC para o SCM está representada na Figura 5, e reduz a quantidade de estoque mantida nos pontos de consumo e concentra-se em manter o nível adequado de pulmão de estoque nos pontos de agregação, o que geralmente resulta em redução significativa no estoque total do sistema (por exemplo, menos estoques de segurança são necessários). Quando um lojista vender uma unidade, esta será reabastecida o mais rápido possível a partir do ponto de agregação (COX III; SCHLEIER, 2013).

Figura 5 – Representação da agregação de estoque na CS com sistema empurrado versus puxado



Fonte: (COX III; SCHLEIER, 2013, p. 280).

b) Aumentar a frequência de entrega de um mesmo item o tanto quanto possível: fazer reabastecimentos mais frequentes melhora a acuracidade da previsão, o que determina que precisa-se de menos estoques de segurança. Unidades são enviadas apenas para repor o consumo real. Esta ação da TOC pode ser feita aumentando o mix de cada carga, enviando lotes menores de cada produto para abastecer o real consumo; e, não aumentando o custo total do transporte, visto que, será aproveitado a mesma frequência de visita dos caminhões às lojas. A reposição é feita quando um item é vendido ou consumido, ao contrário do sistema empurrado tradicional, que o faz quando a quantidade remanescente atinge o nível mínimo predeterminado de estoque (GOLDRATT, 2011). Desta forma, é possível encurtar o tempo de resposta do suprimento, e isto gera uma significativa redução de lead time, pois quando é vendido algo, não há uma espera até o ponto de ressuprimento. O armazem/depósito central já recebe esta informação e envia as unidades para repor o consumo real.

c) Conscientizar todos os elos sobre o comportamento puxado: é o consumidor que orienta a distribuição e enquanto ele não comprar, ninguém na CS vendeu nada (GOLDRATT, 2002).

d) Atuar no relacionamento de cooperação: promover em todos os elos da CS a percepção das vantagens do sistema puxado, principalmente, pela situação de que

repassar excesso de produção para o próximo elo implicará em interrupção do fluxo contínuo, caso estes excedentes fiquem “empatados” nos varejistas. Cada operação só deve ser efetuada quando estritamente necessária. Não há mais a individualidade de cada elo, isto é, informações que antes eram sigilosas da empresa, passam a ser de toda a CS (SIKILERO et al., 2008). O elo fornecedor controla o estoque do elo cliente.

e) Além disso, essa solução pode ser potencializada pela gestão dos indicadores globais adequados: IDD e GDD, que monitoram o tamanho dos pulmões de acordo com o consumo.

Em síntese, a solução da TOC para o SCM é solicitar quantidades iniciais bem menores (a maior quantidade de itens fica no ponto de agregação) e repor com maior frequência os itens vendidos. “Os custos maiores de remessa e possíveis aumentos no custo dos produtos normalmente são compensados pelo valor várias vezes superior obtido com um maior volume de vendas e uma menor obsolescência” (COX III; SCHLEIER, 2013, p. 540).

Algumas premissas precisam ser consideradas para implementar esta solução. O coração da execução é gerar relatórios diários das vendas e assegurar um plano de entregas rápido, frequente e confiável (SCHRAGENHEIM, 2009). Cada elo na CS deve reportar-se diariamente à sua origem, informando as vendas de cada produto/item. De acordo com Goldratt (2011) os

fornecedores devem estar preparados para produzir de acordo com a demanda real (real consumo dos clientes finais). A primeira entrega é empurrada, considerando o estoque necessário para completar as gôndolas (prateleiras), o lote de reposição e o estoque de segurança. A partir daí, o reabastecimento das lojas é realizado de acordo com as unidades consumidas. Apenas é repostado o que for necessário para completar o estoque de cada loja. Da mesma forma, as compras serão efetuadas para repor os estoques dos depósitos conforme a demanda (real consumo dos clientes).

4.2 OS CINCO PASSOS DA FOCALIZAÇÃO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O processo de focalização da TOC é uma técnica que permite planejar o processo de implantação das oportunidades de melhorias listadas ao final do desenvolvimento do PPL. As cinco etapas do processo de melhoria contínua são brevemente conceituadas a seguir:

a) Identificar a restrição (passo 1): a restrição do varejo é o número de clientes quem entram na loja para comprar (GOLDRATT, 2011). O sistema só tem ganho quando o cliente compra, situação que não ocorre quando o produto não está disponível.

b) Decidir como explorar a restrição (passo 2): o maior desperdício para os elos da CS é atrair um cliente até loja e não ter disponível o produto que ele deseja, no exato momento. Desperdício maior ainda é ter este determinado produto em excesso em outros pontos de consumo (COX III; SCHLEIER, 2013). Portanto, explorar a restrição neste sistema significa ter o estoque certo (produto e quantidade), no lugar e momento certo. Logo a TOC explora isto mudando o sistema de distribuição de empurrado para puxado.

c) Subordinar todo o resto à decisão anterior (passo 3): conscientizar todos os elementos da CS que o ótimo local leva a cadeia de suprimentos a ser eficiente em vez de efetiva. Todos os elos precisam ser capazes de possuir o estoque certo, no lugar e momento certo. A pressão de se empurrar os estoques para a loja (para se economizar custos em compras e transporte) acaba prejudicando a

cadeia. O que deve determinar o ritmo é o consumidor final – ele orienta o comportamento de todos os elos (GOLDRATT, 2011).

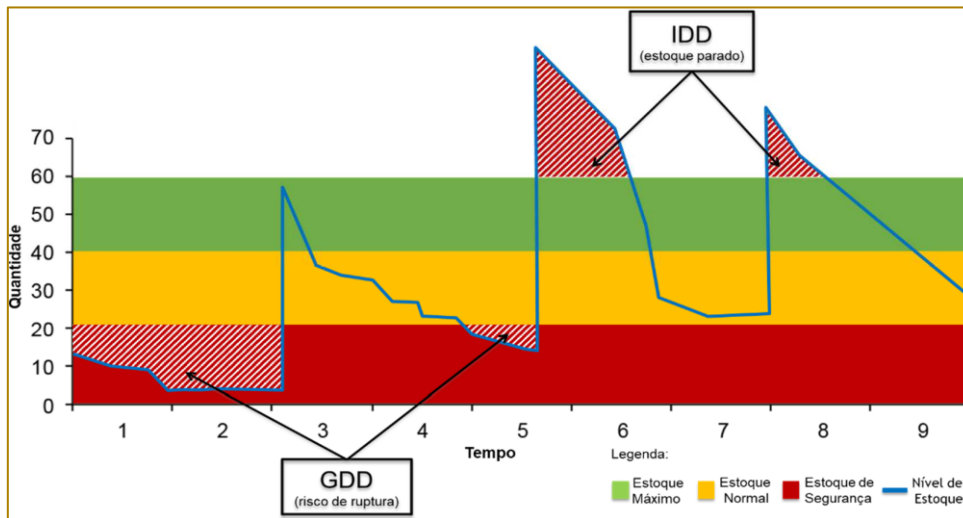
d) Elevar a restrição (passo 4): “elevar significa aumentar a capacidade da restrição” (COX III; SCHLEIER, 2013, p. 539). Para isto é necessário aumentar a satisfação dos clientes, logo é possível, reduzir as rupturas significando que o cliente irá à loja e encontrará o produto desejado e reduzir o excesso de estoques permitindo um aumento na capacidade física da loja, ou um espaço de prateleiras muito melhor, para expandir o número de itens expostos, impulsionando as vendas. A satisfação do consumidor amplia a propaganda indireta da loja (buzz marketing), que leva a uma elevação da restrição, pois aumenta o número de clientes que irão a loja (GOLDRATT, 2011).

e) Retornar ao primeiro passo (passo 5): melhorias podem fazer com que a restrição mude de lugar, portanto, não permitir que a inércia torne-se a restrição do sistema, retorne ao passo 1 e identifique a nova restrição (GOLDRATT, 2006).

4.3 APLICAÇÃO DOS INDICADORES NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Para monitorar os indicadores IDD e GDD e viabilizar seu uso, a TOC utiliza-se de um mecanismo denominado Gerenciamento de Pulmão Dinâmico. O tamanho do pulmão é dividido em três zonas iguais. A penetração define a cor do pulmão de acordo com as diferentes zonas (COX III; SCHLEIER, 2013). Quando o estoque no alvo está em mais de 66% de penetração, o pulmão está verde. Isto significa: estoque demais. Quando o estoque no alvo estiver entre 33% e 66% de penetração, o pulmão está amarelo. Isto significa: estamos bem. Quando o estoque no alvo for menor que 33% do nível do alvo, o pulmão estará vermelho. Isto significa: não estamos bem. Há um risco real de o estoque acabar. Existe a necessidade de trazer um pouco do ressurgimento que já deveria estar a caminho (SCHRAGENHEIM, 2009). Na Figura 6, é possível verificar uma representação esquemática das medidas de desempenho.

Figura 6 – Representação gráfica dos indicadores da TOC para SCM



Fonte: Adaptado (ABUHAB, 2017).

Para ilustrar o conceito acima, é apresentado um exemplo: em um tamanho de pulmão de estoque (quantidade de itens que queremos manter nos locais de estoque) definido igual a 100 unidades e quantidade real em estoque igual a 40 unidades. Qual será a penetração do pulmão? Subtrai-se 100 de 40 unidades e divide-se por 100, portanto, a resposta é 60%, logo o pulmão está amarelo neste exemplo prático para entendimento do cálculo (COX III; SCHLEIER, 2013).

Como resultados reais dos indicadores é possível verificar o desempenho de uma rede varejista de eletroeletrônicos que através de uma parceria com a empresa E, conseguiu resultados significativos em termos de redução de ruptura e estoque em excesso. Após introduzir a tecnologia e os conceitos de gestão da TOC em 1 mil lojas da sua rede, o varejo conseguiu reduzir em 30% o índice de ruptura e diminuiu em 17% o excesso de estoque (Neogrid, web).

Após este varejista ter introduzido os conceitos de gestão expostos neste artigo alinhados a tecnologia da empresa E, que fornece soluções para sincronização automática da CS, obtiveram-se os dados de desempenho apresentados na Figura 9 e 10, respectivamente no apêndice C e D.

A Figura 7, contém os resultados de um período do IDD, indicador que possui direta influência dos estoques parados, o que explica a redução do excesso de produtos em estoque nas lojas. A Figura 8, contém os resultados de um período do GDD, indicador

que possui direta influência no risco de ruptura, o que explica a redução do índice de ruptura (falta de produtos).

5 CONCLUSÃO

Após pesquisar, relacionar os conceitos da TOC com a gestão da cadeia de suprimentos e distribuição, aplicar as ferramentas desta metodologia para identificar as limitações que impedem a CS de atingir melhores resultados e apresentar oportunidades de melhorias para reduzir os

desperdícios, atendendo ao objetivo deste estudo, pode-se citar como síntese das constatações obtidas, o fato de que o uso deste modelo de gerenciamento fornece informações relevantes para gerar melhoria e mudança na CS e em seu sistema como um todo, propiciando aos elos da cadeia o aumento de seu desempenho, sobretudo, combatendo dois problemas que geram prejuízos financeiros: a falta e o excesso de produtos no estoque.

Ao final do desenvolvimento do PPL foram obtidas as oportunidades de melhorias para aplicação prática, dirigidas à solução do excesso de estoques e rupturas de produtos. Estas oportunidades de melhorias, quando aplicadas em toda a cadeia de fornecimento, tem o objetivo de reduzir os desperdícios, permitindo a redução do nível de estoques nas lojas e a melhor disponibilidade de produtos.

A TOC aborda também, a possibilidade de obter um desempenho muito mais alto, sem melhores previsões, utilizando um sistema de distribuição de produtos puxados, o qual adota o conceito de que é o consumidor final que orienta a distribuição e o comportamento de todos os elos. E assim as informações de vendas e estoque são compartilhadas diretamente para todos os elos (informações dos lojistas e armazéns também são de conhecimento da fábrica, que acaba gerindo o estoque dos seus respectivos elos clientes). Portanto, demonstra ser um modelo que busca a sincronização da cadeia, através de uma gestão colaborativa e integração dos seus elos, pois o ritmo de reposição dos produtos é determinado pelas vendas ao cliente final, em função da procura do ótimo global, levando a cadeia a potencializar sua eficiência operacional.

A utilização deste novo modelo de gestão, a partir da aplicação prática das ações de melhorias aqui listadas, orienta os agentes da CS para a solução dos problemas de forma lógica. Para uma eficaz aplicação destas ações, é fator determinante a percepção de que não compensa cada elo apenas ter o compromisso de empurrar o estoque para frente, porque isto vai gerar excesso e prejudicar a cadeia. Portanto, inserir todos os agentes da CS em todo o processo é necessário para o modelo funcionar. Conclui-se que é preciso mudar toda a cadeia de

fornecimento da empresa para ter sucesso na implementação.

A possível dificuldade, na aplicação prática destas melhorias é a resistência a mudança. Ortodoxias como políticas de descontos em compras de grandes lotes ou produzir a maior quantidade possível de produto para reduzir o custo unitário, ainda prevalecem rigorosamente neste ambiente, principalmente, por parte da indústria/fábrica que persegue a individualidade (ótimo local) e as metas de curto prazo, não permitindo muitas vezes a cadeia ser efetiva. Outra questão observada é na logística, por exemplo, para se reduzir o custo da tonelada transportada, o caminhão não sai com 70% da carga, mesmo que falte produto lá no varejo. O caminhão apenas vai sair com 100% da carga, pois assim, foi reduzido o custo de tonelada transportada, mesmo que tenha-se que empurrar uma mercadoria desnecessária para a loja. Portanto, a dificuldade está em fazer com que os elos atuem em um relacionamento de cooperação.

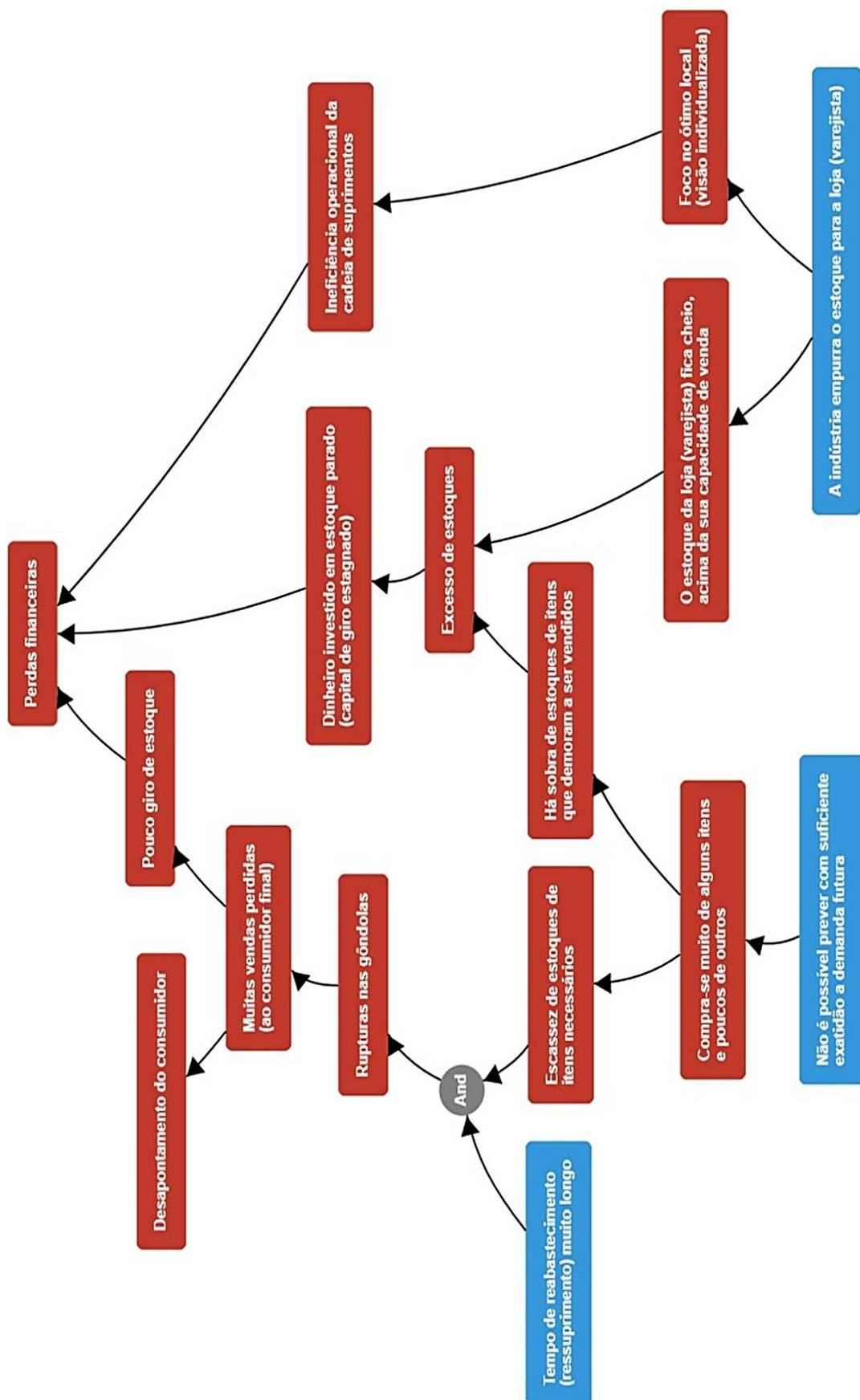
Como trabalhos futuros, sugere-se uma implementação prática destas oportunidades de melhorias, possibilitando uma prova de conceito do modelo de gestão sugerido e uma maior confiança nos resultados apresentados, detectando e monitorando de forma mais aprofundada as vantagens.

REFERÊNCIAS

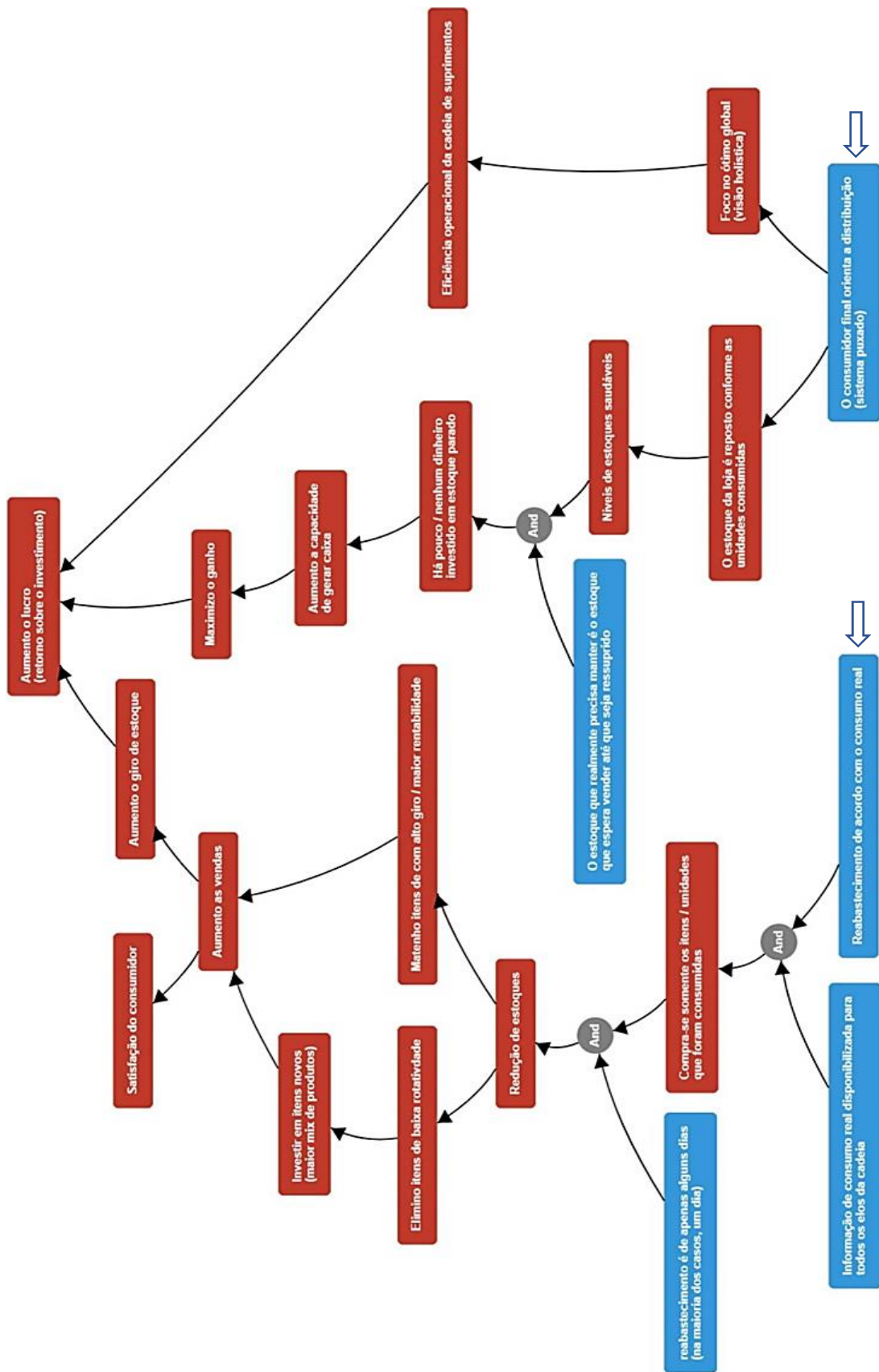
- [1]. ABUHAB, M. Prioritizing Shipments on Distribution. Theory of Constraints International Certification Organization (TOCICO), 2017.
- [2]. AVRAHAM, Y. The Theory of Constraints and its Thinking Processes: A Brief Introduction to TOC. Goldratt Institute, LP, 2009.
- [3]. BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. Gestão logística da cadeia de suprimentos. Tradução de Luiz Claudio de Queiroz Faria. 4 ed., Porto Alegre, AMGH Editora Ltda, 2014.
- [4]. CORBETT, T. Logística de Ressuprimento TOC. Theory of Constraints International Certification Organization (TOCICO), 2009.
- [5]. COX, J. F.; BLACKSTONE, J. H. (Ed.). APICS dictionary. Amer Production & Inventory, 2002.
- [6]. COX III, J. F.; SCHLEIER JUNIOR, J. G. Handbook da Teoria das Restrições. Porto Alegre, Bookman, 2013.
- [7]. CSCMP. Council of Supply Chain Management Professionals. Disponível em: <<http://cscmp.org>>. Acesso em: 17 fev. 2018.
- [8]. COX III, James et al. TOCICO dictionary: The Theory of Constraints International Certification Organization Dictionary. 2 ed., 2012. Disponível em: <<http://www.tocico.org/?page=dictionary>>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- [9]. GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de pesquisa. Plageder, 2009. GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- [10]. GOLDRATT, E. M. A Síndrome do Palheiro, garimpando informações num oceano de dados. São Paulo, Educator, 1991.
- [11]. _____. What Is This Thing Called Theory of Constraints and How Should It Be Implemented? Croton- on-Hudson, NY, North River Press, Inc., 1990.

- [12]. _____. TOC um Programa de Auto Aprendizado em Distribuição e Cadeia de Suprimento. Goldratt Consulting, 2002.
- [13]. GOLDRATT, E. M.; COX, J. A meta: um processo de melhoria contínua. NBL Editora, 2006.
- [14]. GOLDRATT, Eliyahu et al. Não é óbvio? A Teoria das Restrições (TOC) em uma história do mundo dos negócios. São Paulo, Nobel, 2011.
- [15]. _____. Necessária, Sim, Mas Não Suficiente. Uma história baseada na Teoria das Restrições. São Paulo, Nobel, 2000.
- [16]. GOLDRATT, Rami. Theory of Constraints Achieving Results Dealing With Uncertainty-Conflicts- Complexity. TOCICO 2015 International Conference. Disponível em: <<http://www.tocico.org/?page=2015featuredvideos&hhSearchTerms>>. Acesso em: 15 mar. 2018.
- [17]. MOELLMANN, A. E. Aplicação da Teoria das Restrições no Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.
- [18]. NEOGRID. O que é sell-out e como ele pode aumentar a eficiência da cadeia de suprimentos. Disponível em: <<https://blog.neogrid.com/o-que-e-sell-out-e-como-ele-pode-aumentar-a-eficiencia-da-cadeia-de-suprimentos/>>. Acesso em: 31 mar. 2018.
- [19]. _____. Parceria com Neogrid faz Via Varejo reduzir ruptura nos pontos de venda em 30%. Disponível em: <<https://neogrid.com/br/noticias/>>. Acesso em: 31 mar. 2018.
- [20]. PTAK, C. A.; SCHRAGENHEIM, E. ERP: tools, techniques, & applications for integrating the supply chain. 2 ed., CRC Press, 2004.
- [21]. SCHRAGENHEIM, A. Gerenciando a Distribuição de Acordo com os Princípios da TOC. Inherent Simplicity. 2007.
- [22]. SCHRAGENHEIM, E. Maior disponibilidades com estoques significativamente menores em cadeias de distribuição. Theory of Constraints International Certification Organization (TOCICO), 2009.
- [23]. SIMON, A. T.; PIRES, S.R. I. Uma metodologia para avaliação da gestão da cadeia de suprimentos nas empresas. Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Fortaleza/CE, Brasil, 2006.
- [24]. SIKILERO, Bastos et al. Análise crítica das soluções da teoria das restrições para o gerenciamento da cadeia de suprimentos: uma análise teórica. Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 2008.

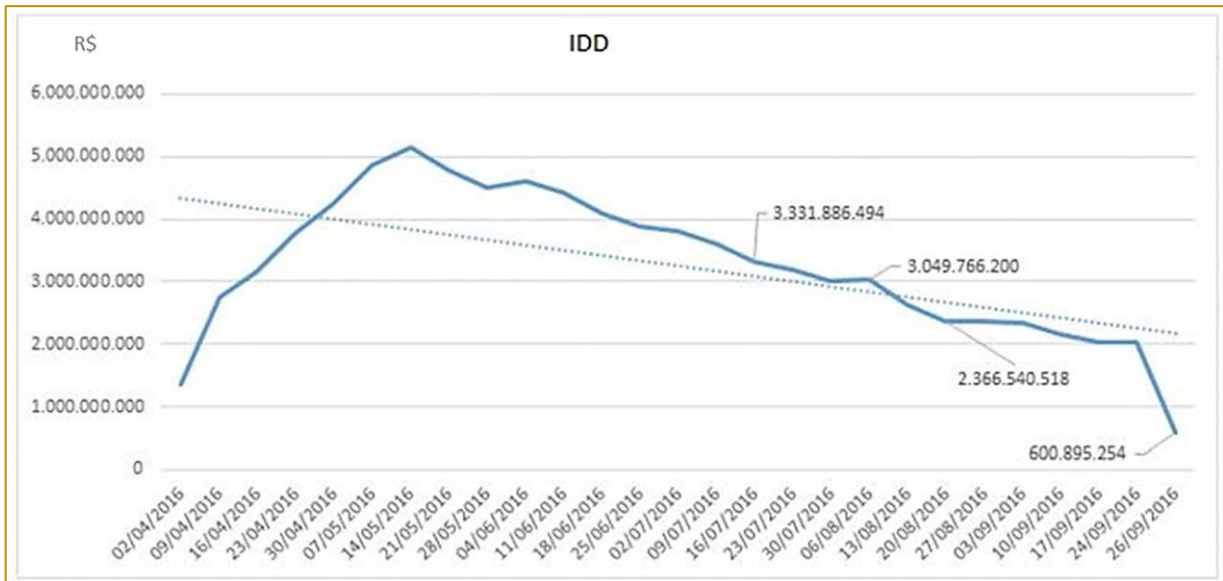
APÊNDICE A: Figura 1 – Árvore da Realidade Atual (ARA)



APÊNDICE B: Figura 2 – Árvore da Realidade Futura (ARF)

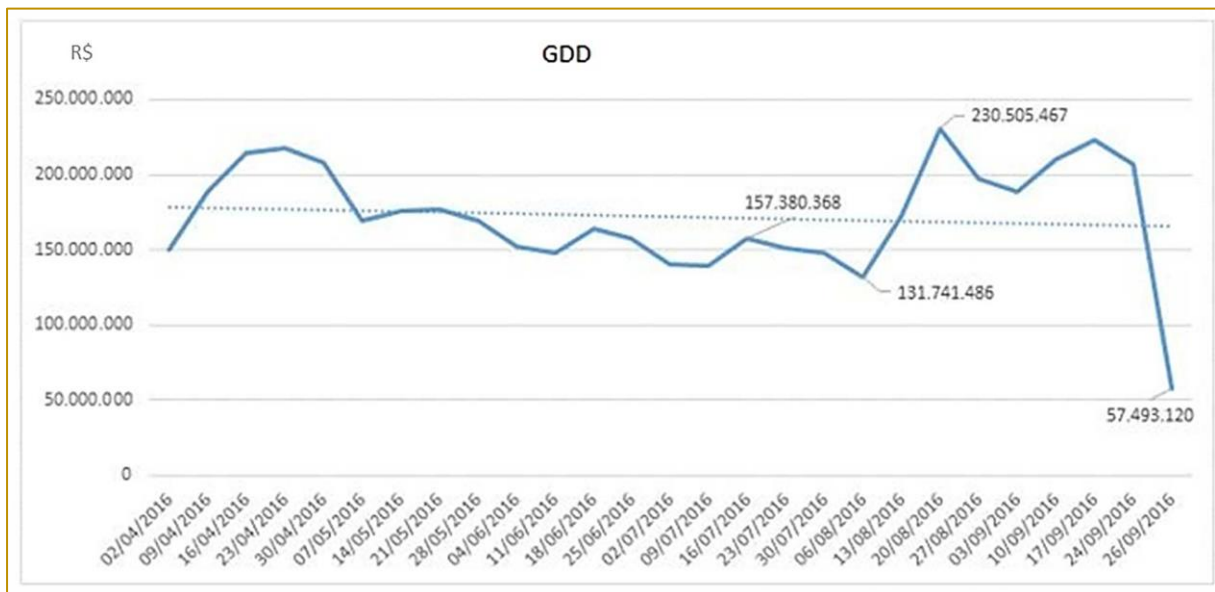


APÊNDICE C: Figura 3 – Inventário-Dinheiro-Dia



Fonte: Adaptado (EMPRESA E, 2017).

APÊNDICE D: Figura 4 – Ganho-Dinheiro-Dia



Fonte: Adaptado (EMPRESA E, 2017).

Capítulo 8

A IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO QUANTITATIVO DE SÉRIES TEMPORAIS: UM ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA

Viviane de Senna

Resumo: Os modelos de previsão de demanda servem de apoio para o desenvolvimento do planejamento das empresas. Com o mercado competitivo e as diversas variações enfrentadas não há mais espaço para uma produção desenfreada e despreparada para o mercado. Por isso, objetivo do artigo é a análise dos prós e dos contras da aplicação de técnicas de previsão de séries temporais para o estabelecimento da demanda de produção de indústria no ramo de alimentos. São muitos os modelos de previsão de séries temporais e devem ser revistos constantemente. Sua aplicação é válida em função da gama de conhecimento atingido durante o desenvolvimento do processo. Contudo, a equipe técnica que apóia o processo pode ser demasiadamente onerosa.

Palavras-chave: Séries Temporais, Previsão, Demanda, Qualitativa, Quantitativa.

1. INTRODUÇÃO

A mídia repercute, com frequência, a importância para as empresas, a contratação de profissionais qualificados e com conhecimento técnico avançado. A grande concorrência e as baixas margens de lucro estão forçando gestores a pensarem mais seus processos produtivos com o intuito de ampliar a margem de lucro. Uma forma de ampliar essa margem pode ser através da redução de perdas durante o processo produtivo. Com pessoal qualificado no quadro de profissionais as chances da empresa encontrar soluções rápidas e economicamente viáveis são maiores.

Há ainda, empresas adotando estratégias distintas, semelhantes às que são comumente encontradas na área da biologia, similares ao mutualismo. Nesta estratégia as empresas estão mantendo um relacionamento próximo aos seus concorrentes, assim, podem atingir desempenhos melhores para ambos. Esta relação pode influenciar até no processo de planejamento da produção, pois não existe mais espaço para empresas sem planejamento e gestão estratégica.

Do mesmo modo, os profissionais precisam correr atrás da qualificação e capacitação. Quando um colaborador possui conhecimento técnico, ele consegue ampliar o rol de opções que podem gerar a solução de problemas ou a modernização de processos. Um dos conhecimentos mais utilizados é uma noção básica em tecnologia. Por outro lado, as empresas estão percebendo que o conhecimento científico, quando aliado a prática, trás bons resultados.

Para sustentar todas as sanções mercadológicas é de suma importância que as empresas sejam capazes de antever custos e as necessidades internas para viabilizar a manutenção de todos os processos, simultaneamente, com um plano abrangente e efetuado com a participação de todos. Para auxiliar no planejamento e gestão dos processos, profissionais com visão técnica nas áreas de previsão de demanda estão sendo mais valorizados. Para desenvolver o processo de previsão, de modo eficaz e realmente útil na empresa, é necessário envolver todos os setores.

Pode-se efetuar todo o tipo de previsão dentro de uma empresa, uma maneira de fazê-la é através do uso de modelos estatísticos de séries temporais. No entanto, para a aplicação são necessários dados fidedignos e

na maior quantidade possível. Então, os demais setores, responsáveis pelos lançamentos de dados nos sistemas precisam ter cuidado operacional.

Para desenvolver um processo de previsão são necessários, no mínimo 50 dados com a mesma periodicidade. A definição da periodicidade da previsão também depende da maneira com que a empresa opera. Pode-se citar, por exemplo, a aquisição de matéria-prima, se esta é feita mensalmente, a previsão também pode ser feita mensalmente. Outro parâmetro que se pode adotar para a definição da periodicidade adequada é o processo produtivo, pois se a programação do mix é desenvolvida semanalmente, a previsão pode seguir esse padrão.

Apesar de todo o cuidado nas definições do processo de previsão, ainda há a possibilidade de erros e diferenças entre o que foi previsto e a resposta real do mercado, quanto as vendas. Por isso, o objetivo deste artigo é demonstrar como é importante unir a avaliação qualitativa aos resultados obtidos através da aplicação do método quantitativo de séries temporais.

Assim sendo, serão abordados os tipos mais comuns de técnicas de previsão de demanda, bem como, serão discutidos os impactos dessas previsões e das intervenções qualitativas a serem efetuadas. Pois, produzir uma quantidade compatível com a absorção do mercado pode ser uma alternativa de otimização de recursos.

Para facilitar o entendimento será efetuado um estudo de multicasos de empresas no ramo de alimentos que possuem processos diferentes de aplicação de séries temporais. As empresas são parceiras concorrentes, contudo possuem estruturas distintas, apesar de produzirem os mesmos produtos, mas distribuem em diferentes regiões previamente delimitadas.

2. MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA

As previsões de demanda são utilizadas durante o processo produtivo e os valores definidos servem de embasamento para todo o planejamento e controle da produção. Os números previstos são usados para auxiliar na definição do processo produtivo, bem como, para a determinação do planejamento a longo e curto prazo. Planejar o sistema produtivo envolve as definições básicas de produtos e serviços a serem ofertados ao mercado, as

instalações e equipamentos necessários e a mão-de-obra indispensável.

O processo de previsão de demanda não compreende uma ciência exata, apesar de fazer uso de recursos matemáticos. É a geração de um valor previsto que funcionará como uma aproximação do valor real que envolve, além de técnica, uma boa dose de experiência e julgamento do planejador. Sendo assim, é importante destacar que esse processo pode ser classificado em qualitativo e quantitativo (SILVA, et.al., 1999). O processo qualitativo é aquele em que são consideradas a experiência e opinião de especialistas que possuam conhecimento do mercado, privilegiam-se critérios subjetivos de difícil quantificação.

O método quantitativo faz uso de técnicas estatísticas que podem ser baseadas em séries temporais ou em correlações. Para desenvolver um processo quantitativo é importante que se tenha o registro de dados passados confiáveis que demonstrem as características da curva temporal obtida. A curva temporal de uma previsão pode conter características como tendência, sazonalidade, variações irregulares e ou randômicas.

As previsões de séries temporais tomam como fundamento que o futuro do processo, representado pela sua série, será uma projeção do passado, independente de outras variáveis. Essas previsões podem ter como característica a simplicidade do método, que bem elaborado apresenta bons resultados, ou maior complexidade que exige do aplicador um conhecimento mais aprofundado das técnicas estatísticas.

Um modelo de previsão de séries temporais resulta de um processo em cinco etapas: objetivo do modelo, coleta e análise dos dados, seleção da técnica de previsão mais adequada, obtenção da previsão através da aplicação do modelo, e por fim, monitoramento do modelo (MORETTIN, TOLOI, 2004). Quanto maior for a quantidade de dados históricos que forem coletados e analisados maior a confiabilidade da previsão gerada.

Em toda a previsão sempre será passível da ocorrência de um erro. O erro gerado durante o processo de produção deve servir de base para estabelecimento de melhorias do sistema, do processo de planejamento e até mesmo para o estabelecimento dos estoques de segurança (MORETTIN, 2008). Difícilmente será possível prever todas as variações

aleatórias capazes de interferir na série. Assim como a acuracidade das previsões reduz com o aumento do horizonte de previsão, ou seja, de períodos previstos utilizados. Para ter uma boa acuracidade o ideal é refazer a aplicação do método a cada novo dado obtido. Outra observação a ser feita é que com o acréscimo de dados o modelo mais adequado pode sofrer alteração.

Os modelos de previsões de séries temporais podem ser decompostos em modelo aditivo ou multiplicativo. Uma forma que pode ser utilizada para a identificação do melhor método de decomposição da série é a construção de um gráfico da amplitude sazonal em função da tendência. Nos casos em que a reta apresentar inclinação igual a zero pode ser utilizado o método aditivo, pois não há indício de tendência. Já, nos casos em que a reta apresentar inclinação diferente de zero em relação ao eixo das abscissas, indica que há tendência e confirma que é mais adequado o uso do modelo multiplicativo para o relacionamento dos componentes da série.

O objetivo da decomposição de uma série temporal é a extração de componentes não observáveis, como tendência, sazonalidade, ciclo e variações aleatórias, para detectar as principais características da mesma, e assim observar e acompanhar a variabilidade para possibilitar previsões futuras (MORETTIN, 2008). Quando o modelo é aditivo pressupõe-se que as observações da série são provenientes da soma das suas componentes principais, que podem ser tendência, sazonalidade, ciclo e um termo aleatório. No modelo multiplicativo, por sua vez, as observações podem ser descritas pelo produto das mesmas componentes citadas.

Os principais métodos de ajuste de tendência são Alisamento Exponencial Simples (AES), alisamento exponencial linear de Brown (AELB), Alisamento exponencial biparamétrico de Holt (AEBH). Os procedimentos usados para estimar a componente sazonal são método de regressão, método de médias móveis e método de diferenças sazonais. Os principais métodos de ajuste de sazonalidade para análise de variância paramétrica são os Teste F e função de autocorrelação.

O Alisamento Exponencial Simples (AES) pode ser usado para obter previsões de curto e longo prazo. Este método descreve uma equação dependente dos valores prévios da série e fornece uma média ponderada que atribui maiores pesos para as observações

mais recentes. A previsão dos valores futuros ocorre da série é dada pelo último valor exponencialmente alisado. As vantagens desse método são o seu fácil entendimento e aplicação e a flexibilidade de estabelecimento da importância dos dados mais recentes (SILVA, et.al., 1999). Como desvantagem é possível citar qual a importância mais apropriada a dar para as observações mais recentes.

O método do Alisamento exponencial linear de Brown (AELB) consiste em calcular um segundo valor exponencialmente alisado (VASCONCELLOS, 2000). A constante de alisamento pode ser determinada de modo a minimizar a soma dos quadrados dos erros. O método não é recomendado para séries que apresentam tendência não-linear. A principal diferença entre o alisamento exponencial biparamétrico de Holt (AEBH) e o AES é que ao invés de utilizar o alisamento duplo na série, suaviza diretamente os valores da tendência (MORETTIN, TOLOI, 2004). Com isso, é possível usar constantes com valores diferentes para a tendência.

Os métodos de regressão são aplicados para séries de sazonalidades determinísticas, que podem gerar previsões a partir de dados periódicos anteriores (HILL, GRIFFITHS, JUDGE, 1999). O objetivo é estabelecer uma função matemática que melhor represente a relação existente entre as duas variáveis. A relação é expressa por uma equação de regressão e graficamente por uma curva de regressão. Para a análise de regressão importam os casos em que a variação de uma variável é dependente de outra (MORETTIN, TOLOI, 2004).

Para desenvolver o método de médias móveis é necessário definir o período da média móvel. O número de períodos ditará a quantidade de dados a ser utilizada para o cálculo, que consiste em uma média aritmética entre os períodos. Desta forma, é possível remover a variação sazonal dos dados, pois as médias móveis centradas representam a tendência e o ciclo (MADDALA, 2003). As vantagens do método são, além da suavização dos movimentos voláteis de uma série, identifica as tendências e visualiza as mudanças de padrão. Como desvantagem pode-se citar a perda das primeiras e últimas observações.

A aplicação do método de diferenças sazonais é feita para que seja possível retirar da série as características como tendência e

sazonalidade, e assim tornar a série estacionária (MORETTIN, TOLOI, 2004). São recomendadas no máximo duas diferenças sazonais por série.

Para decidir qual a técnica mais apropriada há estatísticas frequentemente utilizadas para medir a precisão das previsões, como é o caso do desvio médio absoluto MAD – mean absolute deviation e da soma de quadrados dos erros de previsão SSE – sum of square for forecast error. O MAD é a diferença absoluta média entre o valor atual e o valor previsto e o SSE é a soma dos quadrados destas diferenças. O SSE deve ser utilizado para evitar grandes erros, caso contrário usa-se o MAD (BUENO, 2008).

Outros modelos de séries temporais, que são mais complexos, são os modelos univariados de Box e Jenkins. A estrutura dos modelos é baseada na análise dos próprios dados e segue as etapas de identificação do modelo mais adequado, a estimação dos parâmetros obtidos da maximização da Função de Verossimilhança, verificação do modelo ajustado através da análise de resíduos, e por fim, a previsão dos valores futuros da série utilizando-se o modelo selecionado nas etapas anteriores (BOX, JENKINS, 1994). Essas etapas são conhecidas como partes do ciclo iterativo.

Existem ainda, vários outros modelos que podem servir para a previsão de valores provenientes de estudos de séries temporais. O uso de outros modelos dependerá da dedicação e conhecimento do aplicador das técnicas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As previsões de demanda podem ser estabelecidas de várias maneiras, por exemplo, é possível unir produtos em famílias, de acordo com suas semelhanças produtivas, para organizar um mix e gerar uma série temporal através da soma dos registros de vendas de cada um dos produtos desse mix. Outro modo, que pode atribuir maior precisão as decisões é considerar o histórico de venda de cada um dos produtos como uma série temporal distinta.

Indiferente da maneira que for definida a construção da série, o mais importante é obter todos os registros históricos de vendas para que não seja efetuada uma previsão com viés. Para desenvolver o estudo foram selecionadas duas indústrias do ramo de

alimentos, pertencentes à mesma franquia. Contudo, em função do porte e das especificidades de cada uma, possuem processos de previsão de demanda distintos. Ambas usam dados da previsão as séries de vendas de cada um dos produtos. Uma exceção é feita para a demanda para produtos novos, que pode ser efetuada tomando como base um produto similar do mix, utilizando a quantidade do lote mínimo de produção ou ainda, usando como base o planejamento de marketing de lançamento. Essa escolha é efetuada pelo especialista do setor que possui maior conhecimento sobre a função e o objetivo do lançamento do produto, bem como, a programação das promoções e empenhos de marketings que serão desenvolvidos.

Essas indústrias fazem parte de um grupo parceiro/concorrente, ligado a uma holding. As séries temporais utilizadas nesse estudo são transformadas para manter o sigilo da informação. Tanto a transformação como a previsão foram efetuadas usando como ferramenta software especializado. Existem no mercado diversos softwares, que auxiliam na geração das previsões e que automatizam os processos. Em função das licenças privadas os softwares não serão identificados.

A Indústria A desenvolve seu processo de demanda do seguinte modo: as séries de vendas individuais de cada produto são organizadas com periodicidade semanal. O software usado permite que as semanas de vendas mais relevantes para o mês e os outliers sejam identificados. A indústria B utiliza outro software, sem os recursos de sinalização de importância dos dados, a base de dados de vendas é com periodicidade mensal. A principal diferença do processo das duas indústrias é a periodicidade, e esta diferença faz com que o processo da A se repita semanalmente enquanto que o processo da B mensalmente. Este fato decorre em função do porte de cada uma, a Indústria A é quatro vezes maior do que a Indústria B, o restante das etapas ocorre de maneira semelhante.

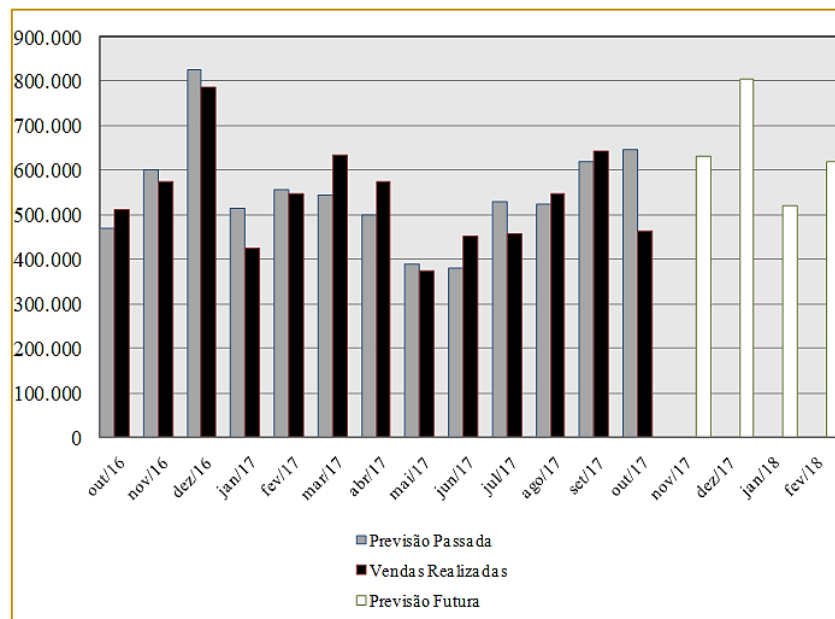
Em ambos os casos o software pode ser parametrizado para efetuar a seleção do modelo mais adequado para a série. No entanto, o responsável da área efetua a análise das previsões geradas e pode modificar o modelo, caso os parâmetros pré-estabelecidos do sistema não sejam os mais adequados para o produto. Identificado que o modelo selecionado pelo software não é o mais adequado, é possível efetuar a modificação no sistema e gerar nova previsão do modelo mais adequado. Cada série é avaliada separadamente e seus modelos são independentes.

São utilizados, no mínimo, 50 dados para gerar uma previsão futura, as previsões usadas para plano de produção são de três períodos posteriores. Para que seja possível definir qual a quantidade que será produzida são oferecidas, aos especialistas das áreas, informações de vendas de 13 períodos anteriores, bem como, o que foi previsto nesses períodos. Esses inputs são organizados para que os gestores possam avaliar o comportamento dos produtos ao longo do tempo. A partir dessa análise, será possível contribuir com análises qualitativas que reflitam a influência do passado.

Durante o processo de geração de previsão é ofertado aos gestores representantes das áreas envolvidas na produção e vendas – equipe que tem por função definir a quantidade a ser produzida – um briefing contendo previsões futuras do mercado e do clima e informações dos acontecimentos marcantes no mesmo período do ano calendário anterior.

A Figura 1 apresenta um dos gráficos que exemplifica a previsão de um dos produtos do mix. Os valores em cinza são as previsões efetuadas em no mês de referência, essa previsão já é resultante do processo de aplicação das considerações qualitativas dos especialistas. Os valores em preto identificam as quantidades vendidas no mês e os valores em branco são as previsões, extraídas dos softwares, para os próximos três períodos subsequentes.

Figura 1 – Exemplo 1 de gráfico de previsão de demanda de produto



Fonte: Autor (2018)

Em casos de séries que apresentam uma quantidade de vendas muito baixa, a quantidade a ser produzida durante o período pode tornar sua produção inviável. O que se pode fazer nesses casos é repensar a viabilidade da manutenção do produto no mix. O corte de produtos ou embalagens é efetuado nos casos em que essa atitude não abra espaço importante para a concorrência ganhar mercado. Quer dizer, devido a manutenção da participação de mercado – market share – pode ser interessante manter no mix um produto que sabidamente trás prejuízo para a indústria.

As indústrias observadas adotam uma estratégia que, apesar de concorrentes, as torna parceiras, que é a produção alternada de lotes de produtos com pouca demanda. Esse processo ocorre da seguinte maneira, o produto X com baixa demanda é produzido apenas na Indústria A, enquanto que o produto Y em situação similar é produzido apenas na Indústria B. Esses lotes produzidos devem atender as demandas de ambas, que contratualmente efetuam a compra e venda desses produtos por preços atrativos, ou até mesmo pelo custo, para que nenhum mercado fique desabastecido.

Essa estratégia adotada apresenta outra vantagem, a redução da perda de produto acabado em função do lote mínimo de produção. Essa perda ocorre em função do prazo de validade e da política de envio de produtos ao mercado. É necessário garantir que o produto chegue ao consumidor final

dentro do prazo de validade. Estes cuidados evitam o aumento do preço final do produto, pois não há a necessidade de acréscimo de conservantes.

Analisadas pelos especialistas as previsões geradas, esses números são passados para o setor produtivo que tem a incumbência de desenvolver todo o processo produtivo e manter os estoques mínimos necessários para o atendimento do mercado. Além disso, as estratégias comerciais são traçadas considerando essa mesma demanda como meta para o período.

As vantagens a serem consideradas na utilização de técnicas estatísticas para a elaboração do processo de demanda são: a segurança de um método confiável que gere um número palpável a ser produzido, há um nível de conhecimento técnico envolvido, o processo se torna mais elaborado e assim toda a produção é repensada a cada nova geração de previsão.

Por outro lado, é importante considerar as variáveis de cunho qualitativo que influenciam em todo processo e que são de difícil inserção em procedimentos estatísticos. São exemplos: modificações de políticas públicas, de carga tributária, feriados no calendário, mudanças abruptas no governo, (des)valorização da moeda, mudanças na fórmula os produtos, paralisações ou greves dos colaboradores, além disso, as mudanças no clima são de relevância no momento de fazer uma previsão.

Dependendo do tipo de produto, mudanças muito na temperatura podem influenciar no consumo de maneiras distintas e igualmente prejudiciais. O estímulo ao consumo pode ocasionar na falta de produto no mercado e com isso abre-se oportunidade para a concorrência. A redução da demanda gera aumento nos estoques de produto acabado, redução dos níveis de produção e a perda de produto e insumo, entre outros problemas.

Caso a indústria consiga antecipar o aquecimento nas vendas e aumente rapidamente a produção outras questões podem ser desencadeadas e fugirem ao planejamento. São exemplos dessa situação, o aumento na carga de trabalho do setor produtivo, que pode gerar horas extras e contratação de profissionais; Sobrecarga nos equipamentos que podem interferir, tanto na vida útil, quanto nas manutenções.

Por outro lado, o enfraquecimento das vendas pode gerar gastos com o estoque de produto acabado e perda de produto acabado em função da perecibilidade. Impactos mais graves podem acontecer, como redução da produção nos períodos posteriores e com isso redução na carga horária do setor produtivo. A redução do lucro em função da diminuição da receita e a manutenção das despesas. Em casos mais graves, para reduzir despesas às empresas passam a efetuar cortes e a redução da folha de pagamento, ou seja, demissões.

Os impactos dos erros causados durante o processo de previsão de demanda são sempre negativos na indústria. Quanto maior for a qualidade técnica e precisão da equipe de planejamento melhores serão os resultados obtidos. Por isso, toda informação, qualitativa ou quantitativa, que puder auxiliar no processo de previsão, certamente trará impacto positivo para o lucro final de qualquer indústria.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento de uma empresa deve estar o mais alinhado possível com a realidade da

empresa no mercado. Previsões incorretas geram problemas com efeito em cascata que podem desestabilizar econômica e definitivamente uma empresa. No mercado não há espaço para falhas e enganos, por isso conhecimento deve ser um investimento constante.

A contratação de pessoal qualificado pode incorrer em uma folha de pagamento pesada para algumas empresas. Uma alternativa que viabiliza a qualificação dos processos e não onera em demasia é o incentivo a qualificação dos profissionais que já estão dedicados a essa empresa. Desse modo os ganhos serão mútuos e crescentes para ambos, empresa e funcionário.

A aplicação de técnicas estatísticas no processo de demanda da indústria auxilia a empresa a conhecer as características de cada um dos produtos por ela fabricados, bem como, estimula uma avaliação constante do portfólio. Toda a aplicação de conhecimento é válida, pois seu retorno, ainda que intangível, é sempre maior do que o investimento efetuado para sua geração. Outra característica importante da aplicação dos conhecimentos em séries temporais é a farta gama de detalhes históricos que podem ser identificados durante a determinação da demanda.

O uso de técnicas mais robustas de previsão faz necessária a contratação de equipe com um nível de conhecimento maior. Profissionais mais qualificados podem ser considerados um custo a mais para sua manutenção na equipe. Em geral, esses profissionais são muito cobiçados no mercado o que tornam seus salários mais altos e consecutivamente aumentam a folha de pagamento.

Uma sugestão é a aplicação de modelagens mais complexas. Existem alguns modelos multivariados que identificam quais as variáveis mercadológicas tem maior poder de variação na série dos produtos fabricados. Desse modo, é possível tentar mapear essas outras características antecipando e simulando os impactos do mercado na produção.

REFERÊNCIAS

[1]. BOX, G.E.; JENKINS, G.M.; REINSEL, G.C. Time series analysis: Forecasting and control. 3 ed. New Jersey: Printice Hall, 1994.

[2]. BUENO, R. L. S.. Econometria de Séries Temporais. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

[3]. HILL, Carter; GRIFFITHS, William; JUDGE, George. Econometria. São Paulo: Saraiva, 1999.

[4]. MADDALA, G. S.. Introdução a econometria. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

[5]. MORETTIN, Pedro A.. Econometria financeira: um curso de séries temporais financeiras. São Paulo: Blucher, 2008.

[6]. MORETTIN, Pedro A.; TOLOI, Clélia M. C.. Análise de séries temporais. São Paulo: Blucher, 2004.

[7]. SILVA, Ermes Medeiros da; SILVA, Elio Medeiros da; GONÇALVES, Valter; MUROLO, Afrânio Carlos. Estatística para cursos de: economia, administração e ciências contábeis. 3. ed. São Paulo: Atlas S. A., 1999.

[8]. VASCONCELLOS, Denisard Alves. Manual de Econometria. São Paulo: Atlas, 2000.

Capítulo 9

MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE MÁQUINAS EM UMA EMPRESA DO SETOR GRÁFICO ATRAVÉS DE PLANOS DE LUBRIFICAÇÃO

Carolina Figueiredo Escarabelo

Gill Bukvic

Resumo: Com o rápido progresso e expansão do sistema produtivo, é de suma importância a implantação de procedimentos de lubrificação eficientes, assegurando maior vida útil aos equipamentos, confiabilidade e qualidade, os quais, muitas vezes acabam sendo negligenciados nas organizações devido à falta de conhecimento. Sendo assim, este estudo tem como objetivo salientar a importância da lubrificação voltada para a manutenção preventiva nas empresas, através da melhoria e implementação de planos de lubrificação em uma empresa de médio porte do setor gráfico, localizada no interior do estado de São Paulo. Aplicou-se, como metodologia, revisão bibliográfica sobre o tema, acompanhamento do processo, levantamento do tempo demandado e coleta de dados de dois equipamentos com a maior quantidade de pontos de lubrificação. Foi então, apresentado e implementado o plano de lubrificação preventivo dessas máquinas na empresa. Ao término do trabalho, evidenciou-se que se aplicados corretamente, os planos de lubrificação contribuem para a melhoria do processo produtivo, diminuindo o tempo de imobilização voltado a manutenções corretivas e garantindo maior produção.

Palavras-chave: Disponibilidade de máquina. Lubrificação industrial. Plano de lubrificação. Plano preventivo.

1. INTRODUÇÃO

Com a economia que se apresenta cada vez mais globalizada, as empresas necessitam se adequar a constantes mudanças no seu processo produtivo incorporando mais criatividade, flexibilidade e rapidez para se manterem competitivas no mercado de trabalho. A manutenção é uma das atividades fundamentais para a estratégia de produção, por isso, devem estar harmonizadas para que um bom planejamento de manutenção seja desenvolvido e não interfira nos objetivos da produção. (KARDEC; NASCIF, 2013; SILVA; CUTRIM; ROBLES, 2013).

A manutenção pode ser caracterizada por intervenções necessárias e adequadas, responsáveis por assegurar o bom funcionamento dos componentes, com o objetivo de que seus rendimentos não sejam reduzidos e que não causem prejuízos ou sejam danificados. Ademais, é imprescindível que se garanta uma efetiva reconstituição dos equipamentos que sofreram algum tipo de dano. (GOULART et al., 2016).

Um das formas primárias, e não menos importante da manutenção preventiva é a lubrificação, através desta é possível aumentar a disponibilidade de utilização dos maquinários através de práticas simples e de baixo custo, práticas essas que levam a excelência da qualidade, viabilizando menor custo de operações para que a empresa seja capaz de oferecer produtos de melhor qualidade e mais competitivos aos clientes do ramo de atuação. (BELINELLI, 2011).

O presente estudo tem por objetivo realizar a manutenção preventiva em máquinas através da melhoria e implementação de planos de lubrificação em uma empresa de médio porte do setor gráfico situada no interior do estado de São Paulo. Estes planos visam aumentar a vida útil das máquinas, ampliar a qualidade da produção, reduzir emergências e por fim, diminuir o tempo de imobilização. Vale salientar que, tanto os planos quanto a meta da produção devem estar entrelaçados para que se obtenha o funcionamento almejado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. MANUTENÇÃO

Segundo Moubray (1997 apud QUINELLO; NICOLETTI, 2005), já havia primórdios de manutenção anteriormente à segunda guerra mundial, onde as indústrias pouco

mecanizadas delimitavam-se à limpeza dos maquinários, checagem visual e rotinas de lubrificação. Após a segunda guerra mundial, as empresas passaram a depender da manutenção para a produção onde foram necessárias técnicas aliadas a competência de alto nível. Já para Tavares (1998 apud OTANI; MACHADO, 2008), a manutenção surgiu com o a evolução técnico industrial, a presença de maquinários nas fábricas no fim do século XIX, foram essenciais para que acontecessem os primeiros reparos. Até 1914, a manutenção era realizada pelo próprio operador da máquina, após a primeira guerra mundial e o começo da produção Fordista, as indústrias viram-se na necessidade de criar equipes destinadas à manutenção para que esta fosse concluída no menor tempo hábil, não afetando a produção.

A manutenção industrial pode ser caracterizada como um conjunto de ações que visam, através de monitoramento, cuidar das instalações físicas com o objetivo de manter o que for de suma importância em funcionamento e com maior disponibilidade para o trabalho, por ser integrado com o ambiente produtivo, possui papel fundamental para uma boa performance de todo o processo, sendo parte indispensável em qualquer organização. (SCHUINA et al., 2014).

Com planos de manutenção desenvolvidos de acordo com a necessidade da instituição, é possível realizar melhor controle da prática no ambiente produtivo e consultar através de históricos de eventos, informações que permitem orientação mais adequada dos serviços a serem realizados e detalhamento de ocorrências para que seja possível a tomada de ações e decisões embasadas nas melhores práticas, visando atingir maior produtividade e lucratividade. (SILVA NETO; LIMA, 2002).

2.1.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Consiste no tipo de manutenção reativa, ou seja, é efetuada somente quando ocorre a quebra do equipamento, exigindo a paralisação do setor da produção onde a máquina opera para que a mesma seja reparada corretamente ao ponto de estar apta para que o sistema volte a funcionar perfeitamente. (COSTA et al., 2015; MEDEIROS et al., 2015).

Apesar de dispor de baixos custos iniciais, é o método mais caro de manutenção, se tornando mais complexo por exigir que a empresa pague mais caro por peças de pronta entrega ou tê-las sempre em estoque para que a assistência ocorra no menor tempo possível, desfavorece a disponibilidade da produção e necessita da atenção de todo pessoal da manutenção voltado somente para resolver o problema. (COSTA et al., 2015; MEDEIROS et al., 2015).

2.1.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Este tipo de manutenção é realizada através de manutenções regulares pré-estabelecidas de acordo com avaliações de históricos de dados comportamentais de equipamentos, essas projeções de avaliações são realizadas com o intuito de que não ocorram paradas decorrentes de falhas enquanto houver atividade de produção. (MEDEIROS et al., 2015).

As substituições de componentes, verificações e reparos são realizados com antecedência, garantindo controle contínuo das máquinas, possibilitando que a produção desempenhe seu melhor estado operacional. Sintetizando estas informações, a manutenção preventiva é de suma importância, haja vista que é baseada em alta organização e planejamento. (COSTA et al., 2015).

2.1.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

É um método investigatório onde, através de meios de supervisão e monitoramento, se obtém a condição real dos componentes e o desempenho destes na operação, através de técnicas de análise os dados são processados garantindo que desenvolva-se programações em intervalos máximos entre correções com base em condição reais e não projeções, permitindo assim, antecipação à ocorrência de panes. (COSTA et al., 2015; KARDEC; NASCIF, 2013).

No entanto a empresa precisa contar com mão-de-obra qualificada devido a necessidade do manuseio de instrumentos e mecanismos de medição, além da dedicação do tempo à análise de dados e situações, porém estes custos são absorvidos no decorrer dos bons resultados que esta prática resulta, garantindo bom custo-benefício. Essas ações garantem a qualidade do processo, aumenta a disponibilidade dos

equipamentos, diminui o índice de periculosidade das operações, tudo isso sem afetar o desenvolvimento da produção. (FONSECA et al., 2016; MEDEIROS et al., 2015).

2.2 LUBRIFICAÇÃO

A lubrificação, ao ser abordada em ambientes de produção com práticas voltadas a planos estabelecidos rotineiramente, resulta em uma produtividade mais íntegra, duradoura e sem grandes imprevistos, garantindo assim, estabilidade e confiabilidade a todo processo produtivo. Esta atividade, que acaba sendo muitas vezes negligenciada pela falta de conscientização, se incorporada à cultura organizacional, permite um ambiente de trabalho com colaboradores mais satisfeitos e projeções orçamentais mais exatas, devido ao baixo índice de manutenções inesperadas causadas pela imprudência com os equipamentos. (SMAY, 2015).

Para obter melhor condição do maquinário, é indispensável contar com um profissional qualificado, este tem a responsabilidade de realizar os procedimentos seguindo o plano estabelecido, assegurando que todos os pontos de lubrificação sejam verificados, fazendo o uso do lubrificante correto no momento e local destinados, pois a lubrificação é como o sangue, confere vida aos equipamentos sendo essencial para que se mantenham trabalhando corretamente. (WANSTREET, 2011).

Segundo Santos (2007), a lubrificação nada mais é que o resultado da utilização de um material lubrificante que envolve o dispositivo com uma película protetora ocasionando menor atrito entre superfícies de contato.

De acordo com a classificação dos lubrificantes industriais são conceituados em: semi-sólidos ou pastosos, sólidos, líquidos e gasosos.

Os lubrificantes semi-sólidos ou pastosos apresentam boa atuação à altas temperaturas, altas pressões, indicados para lugares de difícil acesso e condições inseguras, pois a frequência de lubrificação requerida é menor e também em locais que apontam alto risco de contaminação. (HAMROCK; SCHMID; JACOBSON, 2004; ZANINI, 2010).

Desta forma, os sólidos possuem como característica baixa resistência ao

cisalhamento, estabilidade a temperaturas elevadas, alto índice de elasticidade, adesividade e ausência de impurezas abrasivas. A utilização é recomendada para serviços em condições especiais, nas quais as partes a serem lubrificadas estão submetidas a temperaturas ou pressões elevadas, se encontram submetidas a ação de cargas intermitentes ou em meios agressivos. (ROLIM; HERNANDEZ; PEREIRA, [2012?]).

Sendo assim, os líquidos são melhores dissipadores de calor, apresentam maior facilidade na remoção do produto deteriorado, menor custo, para cada utilização se faz necessária a análise de quesitos como: índice de viscosidade, ponto de fluidez, ponto de fulgor e finalmente, resistência a corrosão. (BELINELLI, 2011; VOCÊ... 2015).

Por fim, os gasosos são entendidos como lubrificantes utilizados em casos especiais, onde os demais tipos convencionais não são aplicáveis. Empregado restritamente com exigência de vedação e, obrigatoriamente, elevadas pressões para mantê-los entre as superfícies. (PAULI; ULIANA, 1997).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA OBJETO DE ESTUDO

A empresa na qual o estudo foi realizado, aqui nomeada como “ABC”, é especializada em desenvolver embalagens para os mais diversos ramos de produtos.

Situada no estado de São Paulo, enquadra-se segundo classificação dada pelo SEBRAE, através da receita anual bruta, como uma empresa de médio porte do setor gráfico com cerca de 2.460m² de construção.

A empresa foi criada em 2005 e é composta por 60 funcionários que contribuem para que a capacidade de produção diária seja 60.000 folhas e conta com a quantidade de máquinas necessárias para o desenvolvimento de seu processo produtivo.

3.1.1 PROCESSO PRODUTIVO DA EMPRESA “ABC”

A empresa “ABC” dispõe de 13 máquinas, cada qual desenvolvendo seu papel de extrema importância para o funcionamento de seu processo produtivo.

A arte é realizada em cima do tipo de caixa escolhida pelo cliente, o portfólio de produtos se divide basicamente em dois tipos, quais sejam: caixa cartucho, confeccionada e estruturada em papel cartão, e se caracterizando como segundo tipo a caixa conjugada, confeccionada e estruturada em papel cartão e papelão micro ondulado.

O processo produtivo é realizado na seguinte sequência: primeiro, é escolhida a matéria prima da caixa que é disponibilizada em bobinas, colocada no facão para o corte em folhas. Posteriormente, segue para a guilhotina, onde as medidas exatas de cada folha serão ajustadas para a impressão, na qual a arte é estampada na folha, de acordo com o desejo do cliente, a caixa poderá ser envernizada, etapa que ocorre na própria impressora, ser plastificada ou seguir diretamente para a próxima etapa do processo.

As caixas conjugadas, de acordo com a Figura 1, passam por um processo diferenciado, nesta etapa o papelão micro ondulado é acoplado no cartão garantindo melhor resistência, tanto as caixas conjugadas quanto as caixas cartucho, conforme a Figura 2, irão para o corte, onde são destacadas da folha de cartão.

Ambas seguem para a aplicação de cola, no entanto em máquinas e processos diferentes, de acordo com o segmento do produto. No caso das caixas conjugadas, a máquina que executa a aplicação de cola é chamada de coladeira de latex, não sendo utilizada necessariamente em todos os seguimentos. Nas caixas cartucho, a máquina utilizada é a cartucheira, a qual aplica cola e realiza a dobra das que são necessárias, neste tipo de produto o processo é finalizado, os pedidos são colocados em caixas coletivas e encaminhadas para o setor de expedição.

Por fim, as caixas conjugadas passam pela embaladora, que é responsável por envolvê-las de 50 em 50 ou de 100 em 100 em um plástico para facilitar seu transporte, a partir disto são encaminhadas para o setor de expedição.

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo da caixa conjugada

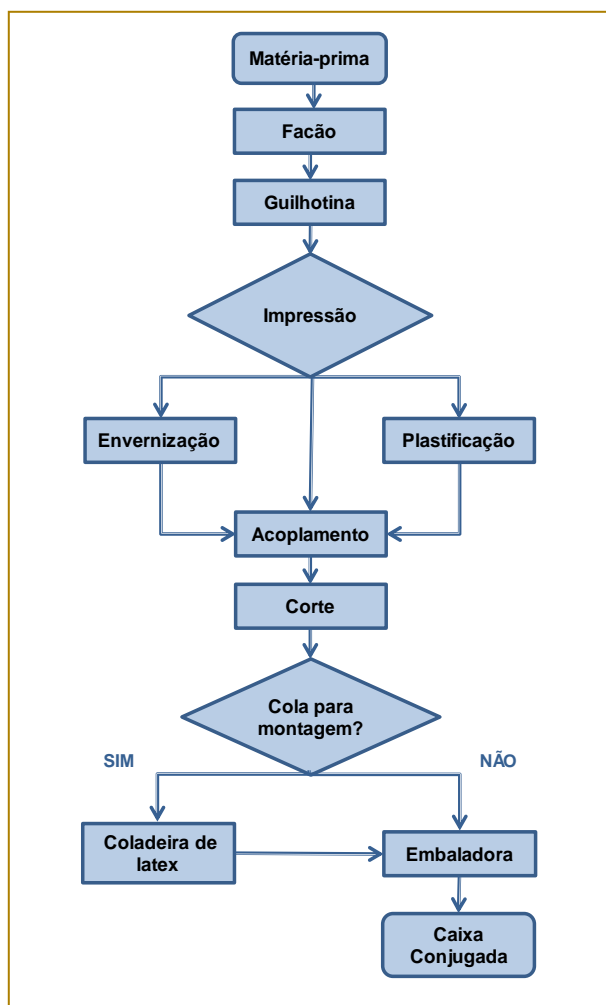
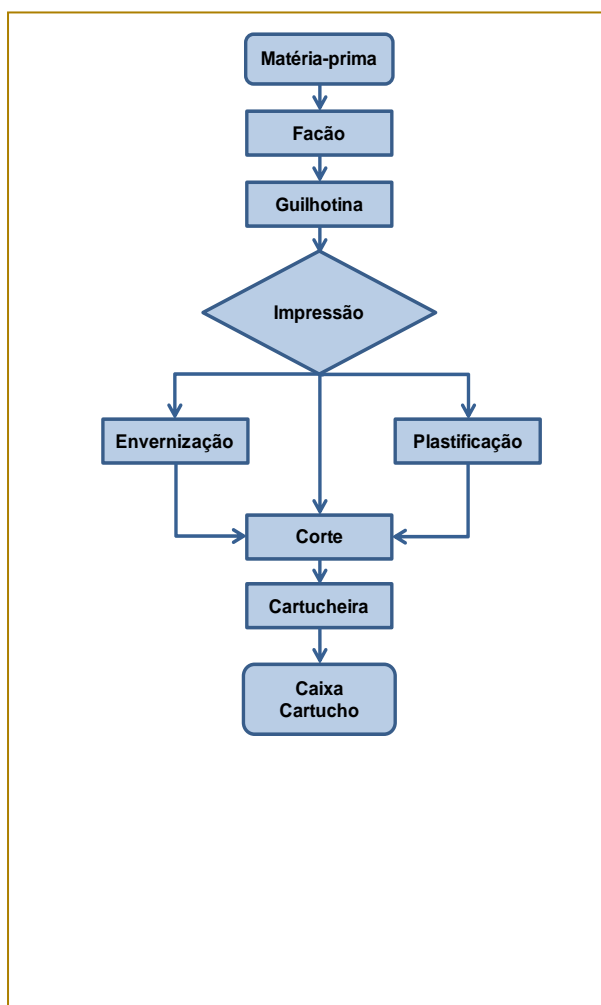


Figura 2 – Fluxograma do processo produtivo da caixa cartucho



Fonte: Elaborado pela autora

3.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados se deu com revisão bibliográfica de livros e artigos sobre o tema e visitas à empresa, onde foi observado o processo produtivo e efetuado um levantamento juntamente com o responsável pela manutenção de quantos pontos de lubrificação cada máquina demandava.

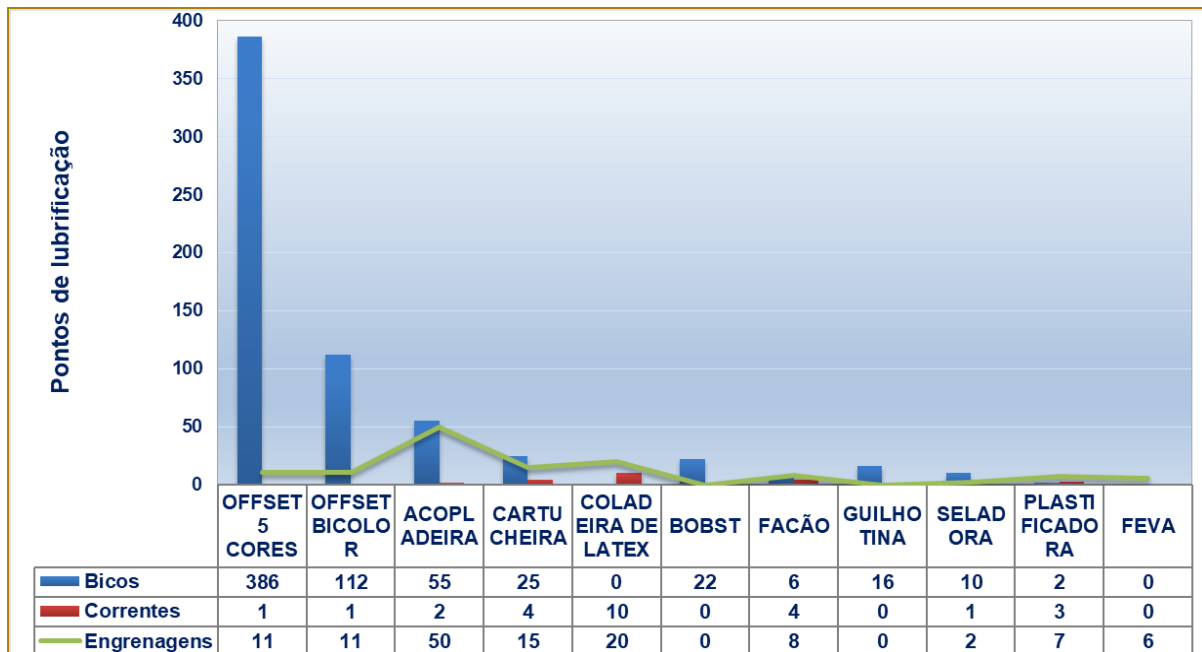
Após análise e decisão de quais planos de lubrificação iriam ser desenvolvidos, foi

acompanhada e cronometrada a lubrificação dos equipamentos escolhidos.

3.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS

Por meio do levantamento de quantos bicos, engrenagens e correntes cada máquina apresentava, foi elaborado um gráfico, de acordo com a Figura 3, com alguns dos pontos de lubrificação para garantir melhor visualização e análise na escolha de quais máquinas os planos seriam desenvolvidos.

Figura 3 – Levantamento de pontos de lubrificação das máquinas do processo produtivo



Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico foi organizado das máquinas que possuíam a maior quantidade de pontos totais de lubrificação, onde é possível visualizar a Offset 5 cores, com um total de 398 pontos, para as que possuíam menor quantidade, onde observa-se a Feva com um total de 6 pontos.

Nas figuras abaixo é possível visualizar a distinção dos pontos de lubrificação presentes nos equipamentos. Na Figura 4, visualizamos um dos pontos com bico de lubrificação, enquanto que a Figura 5, exibe uma corrente e engrenagem.

Figura 4 – Ponto com bico de lubrificação



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5 – Engrenagem e corrente



Fonte: Elaborado pela autora

Após debate com o responsável pela manutenção, foi decidido que os planos de lubrificação seriam realizados nas máquinas que possuíam mais pontos a serem

lubrificadas, sendo elas as impressoras - Offset 5 cores, conforme Figura 6 e Offset bicolor, de acordo com a Figura 7.

Figura 6 – Offset 5 cores



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 7 – Offset bicolor



Fonte: Elaborado pela autora

Estas máquinas foram escolhidas por se apresentarem mais complexas, demandarem mais tempo e exigirem maior concentração para execução do serviço, sendo assim, se o que for planejado se adequar as necessidades da manutenção na execução, será mais acessível o desenvolvimento e a implantação dos planos para os demais equipamentos.

Analisando como era efetuada a lubrificação das máquinas escolhidas, foi discutido um plano de lubrificação para esses equipamentos que suprisse tanto a necessidade do equipamento quanto a sua previsão de produção segundo a demanda.

Essas programações foram desenvolvidas com o intuito de realizar, posteriormente, um banco de dados que sirva como suporte para tomada de decisões e visualização de histórico de eventos ocorridos ao longo do ciclo de vida do equipamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através de visitas à empresa, foi averiguado que os procedimentos de lubrificação eram praticados nos equipamentos sem um planejamento definido. O responsável executava e anotava em seu caderno pessoal, o que resultava em informações exclusivamente para seu próprio acesso. A execução da lubrificação nas máquinas era realizada durante o intervalo de almoço ou após expediente, fazendo com que o procedimento fosse descontinuado por interrupções, não priorizando o cuidado com a máquina e gerando horas extras para a empresa.

Para o desenvolvimento do planejamento foram realizadas as seguintes atividades:

a) Foi determinado que os planos seriam elaborados nas impressoras – Offset 5 cores e

Offset bicolor, pois estas possuem maior quantidade de pontos de lubrificação, sendo assim, se apresentam mais complexas e demandam mais tempo do responsável para realizar a lubrificação.

b) Posteriormente, foi estudado e discutido o manual de lubrificação das máquinas juntamente com o responsável pela execução, onde este complementou com seus conhecimentos.

c) Acompanhou-se o procedimento e foram anotados todos os locais verificados, contagem de cada ponto de inspeção, cronometrado o tempo que cada parte demandou e qual lubrificante deve ser utilizado.

d) Organizou-se os dados obtidos em planos a serem seguidos, cada um com as necessidades individuais do equipamento.

e) Desenvolveu-se o plano na Offset 5 cores, conforme Figura 8 e Offset bicolor, conforme Figura 9, onde estes foram implementados visivelmente à todos ao lado de cada equipamento, assim é possível ser acompanhado e a cada necessidade são anotadas observações que podem auxiliar nos cuidados com a máquina.

f) Foi proposto a implementação de paradas programadas para a realização da lubrificação dos equipamentos, visando garantir a execução completa da lubrificação e redução de horas extras.

g) Mensalmente novos planos serão impressos e preenchidos, logo após serão destinados ao administrativo, onde o responsável determinado irá digitalizar as informações e disponibilizá-las em um sistema ERP a fim de que se comece um banco de dados do equipamento, onde poderão gerar gráficos para melhor visualização, tabelas para consulta rápida e informações que auxiliem como apoio nas tomadas de decisão.

Figura 8 – Plano de lubrificação da Offset 5 cores

SETOR: IMPRESSAO OFFSET BICOLOR								
O QUE VERIFICAR?	O QUE UTILIZAR?	QUANTIDADE	FREQUÊNCIA	TEMPO	Outubro			
					1ª	2ª	3ª	4ª
Reservatório	Óleo Hidráulico Tellus 68	4 reservatórios	Diário	00:01:39				
Corrente	Óleo ND08	1 corrente	2x por semana - Terça e Quinta	00:06:18				
Tira Folha	Graxa Marfak MP2 ou Graxa Grafitada	66 bicos + 11 rolamentos	Quinzenal - 1ª e 3ª Semana	00:14:44				
Leque	Graxa Marfak MP2 ou Graxa Grafitada	14 bicos	Quinzenal - 1ª e 3ª Semana	00:05:06				
Contra pressão	Graxa Marfak MP2 ou Graxa Grafitada	22 bicos	Quinzenal - 1ª e 3ª Semana	00:18:00				
Bailarino	Graxa Marfak MP2 ou Graxa Grafitada	10 bicos	Quinzenal - 1ª e 3ª Semana	00:02:52				
				Total 00:48:39				
Observações:								
Assinatura do responsável: _____								

Fonte: Elaborado pela autora

Com a implementação dos planos foi possível a todos da empresa acompanhar o andamento da lubrificação, tornar informações como essas públicas são essenciais para a interação de todos no processo, desde operador à gerência. Espera-se que essa iniciativa sirva como ponto de partida para que os planos dos

demais equipamentos sejam estudados, desenvolvidos e implementados, visando que todo maquinário envolvido no processo produtivo esteja coberto por um planejamento prático e eficiente, garantindo que o tempo de lubrificação seja organizado, melhorando a distribuição de atividades realizadas pela manutenção.

Figura 9 – Plano de lubrificação da Offset bicolor

SETOR: IMPRESSAO OFFSET 5 CORES								
O QUE VERIFICAR?	O QUE UTILIZAR?	QUANTIDADE	FREQUÊNCIA	TEMPO	OUTUBRO			
					1ª	2ª	3ª	4ª
Reservatório	Óleo Hidráulico Tellus 68	10 reservatórios	Diário	00:03:48				
Caixa de transmissão	Óleo MA90	03 caixas	Diário	00:01:32				
Corrente	Óleo ND08	01 corrente	2x por semana - Terça e Quinta	00:06:18				
Tira Folha	Graxa Marfak MP2 ou Graxa Grafitada	66 bicos + 11 rolamentos	Quinzenal - 1ª e 3ª Semana	00:14:44				
Carrinho	Graxa Marfak MP2 ou Graxa Grafitada	252 bicos	Quinzenal - 1ª e 3ª Semana	00:34:23				
Leque	Graxa Marfak MP2 ou Graxa Grafitada	14 bicos	Quinzenal - 1ª e 3ª Semana	00:05:06				
Contra pressão	Graxa Marfak MP2 ou Graxa Grafitada	22 bicos	Quinzenal - 1ª e 3ª Semana	00:18:00				
Bailarino	Graxa Marfak MP2 ou Graxa Grafitada	32 bicos	Quinzenal - 1ª e 3ª Semana	00:08:07				
				Total 01:31:58				
Observações:								
Assinatura do responsável: _____								

Fonte: Elaborado pela autora

O planejamento da lubrificação foi desenvolvido na empresa "ABC" com o propósito de aumentar a vida útil dos equipamentos, melhorar os resultados operacionais, com diminuição de quebras

inesperadas que atrapalham o planejamento de produção, demandam manutenções corretivas e geram custos adicionais à empresa como no caso dos equipamentos, Offset 5 cores e Offset bicolor, objetos deste

estudo de caso, que custam para a empresa o valor máquina/hora de R\$ 245,00 e R\$ 166,00 respectivamente, além de serviços externos e compra de novas peças para substituição.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o objetivo do trabalho foi alcançado, uma vez que realizou-se a melhoria dos planos de lubrificação e sua devida implementação em alguns equipamentos do processo produtivo, a principal limitação encontrada foi o tempo para acompanhar a lubrificação, pois só assim seria possível desenvolver um plano eficaz, no entanto o responsável realizava o procedimento por etapas durante o almoço e após expediente.

No decorrer do estudo foi salientada a importância da manutenção preventiva e da lubrificação como fontes de contribuição na melhoria da produtividade em uma organização e desenvolver planos de lubrificação para equipamentos, buscando

maior disponibilidade, confiabilidade, eficiência e melhor planejamento das atividades realizadas pela manutenção.

Como proposta para trabalhos futuros, recomenda-se um estudo de quanto a empresa deixa de produzir com paradas não programadas devido à quebra do maquinário, análise econômica de qual seria o retorno financeiro que um ajudante para auxiliar na manutenção e lubrificação traria para a empresa, que sejam desenvolvidos planos de limpeza para todos os equipamentos presentes no processo produtivo, pois esta não é realizada e que os planos de lubrificação para as demais máquinas sejam estudados e desenvolvidos para que, após período de implementação, seja criada uma base de dados de todo maquinário presente na empresa, almejando que se conquiste um acervo de consulta rápida através de um sistema ERP, usufruindo de gráficos para melhor visualização, destinado como apoio a tomadas de decisão buscando sempre o desenvolvimento e melhoria contínua da organização, garantindo que se destaque no mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1]. BELINELLI, Marjorie. Desenvolvimento de um sistema informatizado aplicado à gestão de planos preventivos de lubrificação industrial. 2011. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/162/Dissertacao.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2017.
- [2]. COSTA, Marislaine Cunha et al. Plano de manutenção em laticínio. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção: anais. Fortaleza: Enegep, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_224_28033.pdf> Acesso em: 13 out. 2017.
- [3]. FONSECA, Aline Fagundes da et al. Análise dos planos de manutenção para os equipamentos do sistema de medição de gás numa empresa de ramo petroquímica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil: anais. João Pessoa: Enegep, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_226_321_29836.pdf> Acesso em: 10 out. 2017.
- [4]. GOULART, Nadia Heloisa B. et al. Proposta de implantação de um sistema de manutenção preventiva em uma empresa de pequeno porte do ramo de fabricação de fraldas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil: anais. João Pessoa: Enegep, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_321_28926.pdf> Acesso em: 10 out. 2017.
- [5]. HAMROCK, Bernard J.; SCHMID, Steven R; JACOBSON, Bo O. Fundamentals of Fluid Film Lubrication. 2nd ed. New York: Marcel Dekker Inc, 2004. Disponível em: <http://www.esfahanian.iut.ac.ir/sites/esfahanian.iut.ac.ir/files/files_course/fundamentals_of_fluid_film_lubrication-2ed.pdf> Acesso em: 12 out. 2017.
- [6]. KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. Manutenção - Função Estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Quality Mark Editora, 2013.
- [7]. MEDEIROS, Leydja Dayane Dantas et al. Proposta de elaboração de um plano de manutenção em uma empresa cerâmica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção: anais. Fortaleza: Enegep, 2015. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_224_27641.pdf>. Acesso em: 13 out. 2017.

[8]. OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. *Revista Gestão Industrial*, Ponta Grossa, v. 04, n. 02, p. 01-16, 2008. Disponível em: <<https://portaldeinformacao.utfpr.edu.br/Record/oai:periodicos.utfpr:article-16>> Acesso em: 15 out. 2017.

[9]. PAULI, Evandro Armini de; ULIANA, Fernando Saulo. CPM - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção. Espírito Santo: SENAI, 1997. 98 f. Apostila. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/docs/apostilas/Mecanica-Lubrificacao.pdf?viewType=Print&viewClass=Print>> Acesso em: 15 out. 2017.

[10]. QUINELLO, Robson; NICOLETTI, José Roberto. Inteligência competitiva nos departamentos de manutenção industrial no Brasil. *Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação*, São Paulo, v. 02, n. 01, p. 01-18, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-17752005000100003> Acesso em: 15 out. 2017.

[11]. ROLIM, Daniel Granzoto; HERNANDEZ, Gustavo Mikio; PEREIRA, Yuri Alan Arruda. *Lubrificantes Industriais*. Bauru: UNESP, [2012?]. 10 f. Notas de aula. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupos_16.pdf> Acesso em: 02 out. 2017.

[12]. SANTOS, Valdir Aparecido dos. *Manual prático da manutenção industrial*. São Paulo: Ícone, 2007.

[13]. SANTOS, Valdir Aparecido dos. *Manual prático da manutenção industrial*. São Paulo: Ícone, 2007.

[14]. SCHUINA, Polyana Alves Vilela et al. Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade para desenvolvimento de um plano de manutenção para sensores de nível ótico (overfill) em uma transportadora de combustíveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2014, Curitiba. *Engenharia de Produção, Infraestrutura e Desenvolvimento Sustentável: anais*. Curitiba: Enegep, 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_619_13309.pdf> Acesso em: 10 out. 2017.

[15]. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Critérios de classificação de empresas: MEI - ME - EPP. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154>> Acesso em: 15 out. 2017.

[16]. SILVA, Rafael Tavares; CUTRIM, Sergio Sampaio; ROBLES, Leo Tadeu. Análise do planejamento de manutenção: Estudo de caso do terminal marítimo da ponta da madeira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. *A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos: anais*. Salvador: Enegep, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_011_22240.pdf>. Acesso em: 03 out. 2017.

[17]. SILVA NETO, João Cirilo da; LIMA, Antônio Marcos Gonçalves de. *Implantação do Controle de Manutenção*. *manenimientomundial.com*, 2002. Disponível em: <<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/11controle.pdf>> Acesso em: 15 out. 2017.

[18]. SMAY, Kevin. The culture of lubrication. *Plant Engineering*, Chicago, June 2015. Disponível em: <<https://www.controleng.com/single-article/the-culture-of-lubrication/61ef609b078c17a32747d4612a85979a.html>>. Acesso em: 10 out. 2017.

[19]. VOCÊ sabe escolher o lubrificante industrial mais adequado para sua operação. *Klueber.com*, 2015. Disponível em: <https://www.klueber.com/br/pt/novidades_detail/3712/>. Acesso em: 10 out. 2017.

[20]. VOCÊ sabe escolher o lubrificante industrial mais adequado para sua operação. *Klueber.com*, 2015. Disponível em: <https://www.klueber.com/br/pt/novidades_detail/3712/>. Acesso em: 10 out. 2017.

[21]. WANSTREET, James. Getting serious about lubrication: Why many tracking methods fall short. *Energy-tech.com*, 2011. Disponível em: <http://www.energy-tech.com/maintenance/article_7b7eabc2-048a-5a6e-80c6-0d9cdce98eca.html>. Acesso em: 12 out. 2017.

[22]. ZANINI, Guilherme de Melo. *Graxas Lubrificantes: Tipos, Classificação e Desempenho*. Bauru: UNESP, 2010. 4 f. Notas de aula. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupos_19.pdf> Acesso em: 02 out. 2017.

Capítulo 10

ANÁLISE DE CONFIABILIDADE E MANTENABILIDADE DE UM PROCESSO DE TRATAMENTO TÉRMICO: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE TUBOS COM COSTURA

Carolina Clara Resende Machado

Stéfanie Olinda Cavalcante Carvalho

Fernanda Luiza Costa Silva

Alessandra Lopes Carvalho

Resumo: Este trabalho tem como finalidade apresentar um estudo de confiabilidade e manutenibilidade aplicado a um subsistema crítico. A empresa foco do estudo é brasileira, atua no segmento siderúrgico e fabrica tubos e chapas de aço tendo como cliente principal a indústria automobilística. Utilizou-se uma abordagem de pesquisa combinada por serem analisados aspectos qualitativos e quantitativos, a partir do método estudo de caso. Foram coletados dados primários por um período de três anos. O banco de dados obtido foi estratificado em falhas elétricas, hidráulicas, mecânicas e operacionais. Posteriormente foi realizado o processo de modelagem, incluindo estimação de parâmetros e testes de aderência, utilizando-se um software de livre acesso. Com base nos resultados do estudo foi possível identificar e definir estratégias de manutenção mais adequadas para cada modo de falha em estudo, visando aumentar a disponibilidade do sistema como um todo.

Palavras-chave: Confiabilidade. Manutenibilidade. Disponibilidade. Manutenção.

1. INTRODUÇÃO

A busca incessante das empresas por aumento da produtividade e eficiência, atrelada à alta competitividade, resultou na necessidade de redução de falhas dos processos produtivos. Considerando-se que falhas podem provocar aumento nos custos ou implicar em riscos à segurança observa-se atualmente uma maior ênfase na confiabilidade de produtos e processos (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Entende-se como falha funcional a perda da capacidade de um determinado componente ou peça exercer sua função (SIQUEIRA, 2012). O desgaste progressivo que resulta na falha ou quebra do equipamento ou de parte dele, pode ser de natureza mecânica, elétrica, humana ou estrutural. Independente da natureza, falhas de um modo geral acarretam em aumento de custos para as organizações (SIQUEIRA, 2012). Podem ser citados custos de reposição, custos relacionados a paradas inevitáveis da produção, além dos custos provocados por prejuízos em outros equipamentos.

O estudo do comportamento das falhas ao longo do tempo é o principal objetivo de uma subárea específica da qualidade intitulada confiabilidade. Segundo a NBR 5462 (1994), a confiabilidade de um sistema pode ser definida como a probabilidade de não ocorrência de falhas durante um período de tempo sob condições pré-estabelecidas.

Considerando um item qualquer em estado de falha, define-se manutenção qualquer ação realizada no sentido de leva-lo novamente ao estado operacional. Portanto, o principal objetivo da manutenção é manter ou melhorar a estabilidade de um equipamento ou sistema produtivo, o que impacta diretamente no percentual de disponibilidade dos equipamentos (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Neste contexto, este trabalho tem como principal objetivo realizar a modelagem de confiabilidade e manutenibilidade em uma

empresa do ramo siderúrgico que fabrica peças para indústria automobilística. Os modelos derivados serão utilizados para tomada de decisão quanto ao melhor método de manutenção a ser utilizado em cada situação específica.

2. MODELAGEM DE CONFIABILIDADE E MANTENABILIDADE

Os primeiros estudos de confiabilidade surgiram após a Primeira Guerra Mundial com o crescente desenvolvimento da indústria aeronáutica. A análise de confiabilidade era medida através dos números de acidentes por hora de voo em aviões com um, dois ou quatro motores (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). O surgimento da indústria aeroespacial e eletrônica, atrelada à indústria nuclear, na década de 50, fez com que se desenvolvessem inúmeras aplicações de confiabilidade (LAFRAIA, 2008).

A confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de que um equipamento ou componente exerça suas funções em um intervalo de tempo pré-estabelecido, considerado condições ambientais determinadas. (SOUZA, 2011).

As ocorrências de falhas podem implicar em maior ou menor grau de confiabilidade, sendo que, quanto menor o número de falhas, mais confiável será o sistema (KARDEC; NASCIF, 2012).

O tempo até a falha de um componente pode ser considerado uma variável aleatória sendo, portanto, quantificada por uma distribuição de probabilidade. A literatura cita várias distribuições de probabilidade que tipicamente são utilizadas para modelagem de confiabilidade. A partir de uma função densidade de probabilidade $f(t)$ genérica é possível quantificar a função densidade acumulada conforme Equação 1. (LAFRAIA, 2008; FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009; CARVALHO 2008)

$$F(t) = \int_0^{\infty} f(t) dt \quad (1)$$

Considerando a função confiabilidade $R(t)$ como a probabilidade de não falha, o somatório de $R(t)$ e $F(t)$ deve ser igual a um,

conforme Equação 2 (LAFRAIA, 2008; FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009; CARVALHO 2008)

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2)$$

A taxa de Falha $h(t)$ pode ser definida como a razão entre a função densidade de probabilidade $f(t)$ e a função confiabilidade

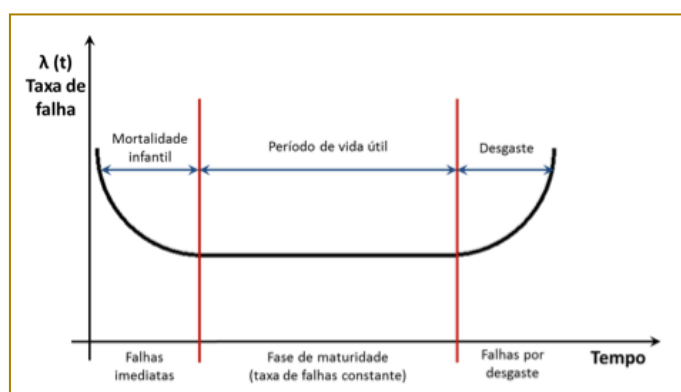
$R(t)$, conforme Equação 3. (LAFRAIA, 2008; FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009; CARVALHO 2008)

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3)$$

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), a taxa de falha $h(t)$ relaciona o grau do risco vinculado a um componente em função do tempo.

Possíveis comportamentos da taxa de falha podem ser representado pela curva da banheira (Figura 1).

Figura 1 – Curva da Banheira



Fonte: Adaptado de Lafraia (2008)

A mortalidade infantil caracteriza-se pelo comportamento de taxa de falha decrescente ou falhas precoces. A fase de vida útil caracteriza-se por taxas de falhas constantes, ou seja, as falhas ocorrem de modo aleatório. Por fim, a fase de desgaste é o período onde a falha é levada pelo envelhecimento do componente (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009; COSTA et.al, 2014).

As distribuições de probabilidade contínuas mais utilizadas para estimar o tempo até a falha são Exponencial, Weibull, Normal, Lognormal e Gama. A distribuição Exponencial em termos matemáticos é a mais simples e caracteriza-se por taxa de falha constante (FREITAS; COLOSIMO, 1997). A função densidade probabilidade da distribuição exponencial é apresentada na Equação 4:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (4)$$

Onde: λ é taxa de falhas.

A distribuição Weibull é uma das distribuições mais importantes nos estudos de confiabilidade sendo capaz de representar taxas de falha crescente, decrescente ou

constante. (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). A função densidade de probabilidade da distribuição Weibull é dada pela Equação 5.

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} (t - \gamma)^{\beta-1} \exp \left[-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (5)$$

Onde:

β é o parâmetro de forma ou inclinação

γ é o parâmetro de localização ou vida mínima

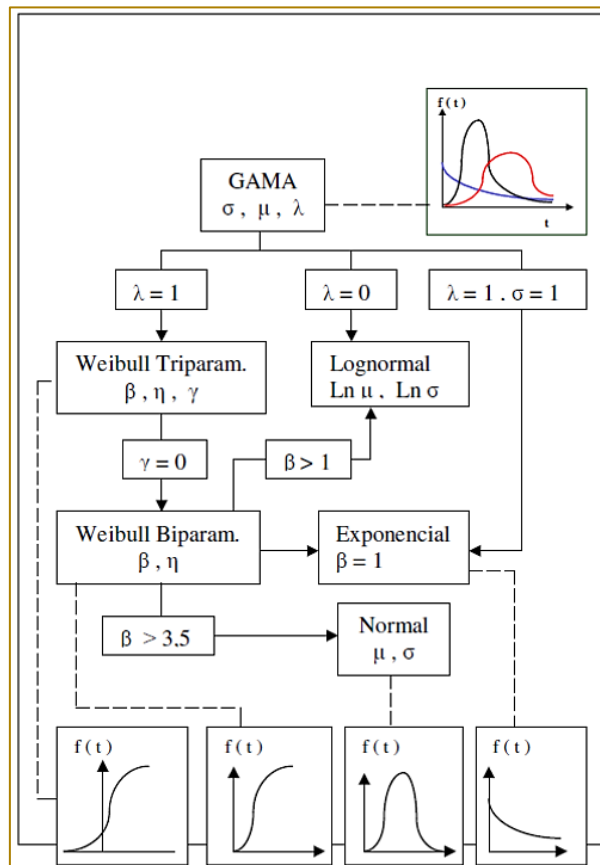
η é o parâmetro de escala

O parâmetro de forma ou inclinação β representa o comportamento característico da taxa de falha. Quando $\beta = 1$, a taxa de falha é constante. Quando $\beta < 1$, a taxa de

falha é decrescente e quando $\beta > 1$, a taxa de falha é crescente.

A Figura 2 apresenta resumidamente, segundo Pallerosi, Mazzolini e Mazzolini (2011), a relação entre as principais distribuições de probabilidade tipicamente utilizadas para modelagem de confiabilidade.

Figura 2 – Relação entre as principais distribuições utilizadas para modelagem de confiabilidade



Fonte: Extraído de Pallerosi, Mazzolini e Mazzolini (2011)

A escolha da melhor distribuição que irá descrever a confiabilidade de um determinado componente pode ser feita utilizando-se testes de aderência. Definida a distribuição mais adequada, é necessário estimar seus parâmetros. Para isso existem diversos métodos, entre eles, Mínimos

Quadrados e Máxima Verossimilhança (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Após estimar os parâmetros é possível calcular o MTBF (Mean Time Between Failures) conforme Equação 6. A variável t neste caso é tempo até a falha.

$$MTBF = \int_0^{\infty} tf(t)dt \quad (6)$$

A modelagem da variável aleatória tempo de reparo dá origem aos estudos de manutenibilidade (LAFRAIA; 2008). Kardec e Nascif (2012) descrevem a manutenibilidade como a probabilidade de realização de manutenção sob condições determinadas. Neste caso a variável aleatória de interesse é tempo de reparo e todas as definições

matemáticas aplicáveis a modelagem de confiabilidade são também aplicáveis, de forma análoga, a modelagem de manutenibilidade. Assim, considerando-se $g(t)$ função densidade de probabilidade e sendo t tempo de reparo, o MTTR (Mean Time to Repair), é dado pela Equação 7.

$$MTTR = \int_0^{\infty} tg(t)dt \quad (7)$$

Lafracia (2008) aponta que quando é realizada a rotina de manutenção e/ou reparos, o sistema é retirado do estado disponível, portanto, a manutenibilidade influencia diretamente a disponibilidade.

item estar apto a desempenhar uma determinada função em um determinado tempo, considerando sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção.

Kardec e Nascif (2012) definem a disponibilidade como a capacidade de um

A disponibilidade é expressa pelo percentual de tempo em que o equipamento encontra-se operante, conforme Equação 8.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (8)$$

3. METODOLOGIA

Utilizou-se neste trabalho uma abordagem de pesquisa combinada, por serem analisados aspectos qualitativos e quantitativos. O método empregado foi o estudo de caso. Segundo Cauchick Miguel (2012) o estudo de caso é uma abordagem metodológica de pesquisa de caráter empírico que aborda uma situação real por meio de investigações de um dado fenômeno.

Especificamente este trabalho objetiva realizar um estudo de confiabilidade e manutenibilidade em um processo de tratamento térmico. A empresa foco do estudo é brasileira, atua no segmento siderúrgico e fabrica tubos e chapas de aço tendo como cliente principal a indústria automobilística.

Escolheu-se como objeto de estudo o subsistema mais crítico do processo como um todo devido ao seu impacto na qualidade do produto final. Esse subsistema é composto por um indutor de têmpera e uma ducha os quais compõem o processo de Tratamento Térmico.

Os dados coletados para este estudo são referentes ao período de janeiro de 2013 a janeiro de 2016. Os registros de ocorrência de

falhas foram obtidos por ordens de serviços executadas por mantenedores tratando-se, portanto, de dados primários. Foi utilizado o software ProConf 2000® para derivação dos modelos de confiabilidade e manutenibilidade visando a tomada de decisão quanto a metodologia de manutenção mais adequada para cada modo de falha.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO TÉRMICO

A empresa foco do estudo utiliza o tratamento térmico têmpera por indução. Sabe-se que este é um dos processos mais importantes e efetivos, dentro as vários tipos de tratamento disponíveis no mercado.

O processo de tratamento térmico por indução tem como um dos seus principais objetivos alterar a microestrutura e a dureza do material. Geralmente este processo é aplicado em regiões específicas da peça em produção sendo realizado rapidamente e com alta frequência (GRUM apud BASTOS, 2009; FERREIRA, 2004).

Resumidamente, uma bobina de indução origina um campo eletromagnético variável a

partir de uma fonte de corrente alternada. A peça que sofrerá o tratamento é posicionada na parte interior da bobina e por se tratar de um circuito fechado a tensão aplicada origina um fluxo de corrente induzida. A peça então resiste à este fluxo na bobina provocando o aquecimento por correntes parasitas ou

correntes de Foucault. Para que ocorra o tratamento, após o aquecimento da peça a mesma é resfriada rapidamente por uma ducha contendo água desmineralizada (FERREIRA, 2004; BASTOS, 2009). O sistema de indução eletromagnética em tubos pode ser representado pela Figura 3.

Figura 3 – Análise eletromagnética no sistema de aquecimento por indução de tubos



Fonte: FERREIRA, 2004

4.2. MODELAGEM DE CONFIABILIDADE E MANTENABILIDADE

Os dados coletados foram estratificadas em conjuntos de modos de falha. Foram definidos assim, os modos de falhas mecânico, elétrico, hidráulico e operacional, tanto para o indutor quanto para a ducha. O índice de confiança adotado foi de 95%. Após a estratificação foram calculados o tempo entre falhas (TBF) e tempo até o reparo (TTR). Estas variáveis foram utilizadas para a modelagem das funções confiabilidade e manutenibilidade, a partir dos conceitos de análise de dados de

vida (LAFRAIA, 2008; FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009; CARVALHO 2008).

Foi utilizado o software Proconf 2000®, a fim de se definir a distribuição que melhor se ajusta aos dados. Os parâmetros da distribuição foram estimados utilizando-se o método de máxima verossimilhança. Posteriormente foram realizados os testes de Qui-Quadrado(χ^2) e Kolmogoro-smirnov(KS) para ajuste da distribuição e nível de significância. (FRITSCH; RIBEIRO, 1998). Os resultados dos testes de aderência realizados são apresentados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Tabela 1 - Nível de significância do ajuste aos modelos de distribuição – Falhas elétricas

Distribuição	Teste χ^2	Teste KS	Decisão
Exponencial	45,63%	26,72%	Não rejeitada
Weibull	41,45%	31,88%	Não rejeitada
Gamma	41,86%	32,27%	Não rejeitada
Lognormal	19,61%	23,83%	Não rejeitada
Normal	0,02%	0,01%	Rejeitada

Fonte: Elaborado pelas autoras

Tabela 2 - Nível de significância do ajuste aos modelos de distribuição – Falhas hidráulicas

Distribuição	Teste χ^2	Teste KS	Decisão
Exponencial	89,08%	31,77%	Não rejeitada
Weibull	23,57%	25,90%	Não rejeitada
Gamma	19,25%	29,50%	Não rejeitada
Lognormal	3,26%	19,25%	Rejeitada
Normal	6,40%	0,04%	Rejeitada

Fonte: Elaborado pelas autoras

Tabela 3 - Nível de significância do ajuste aos modelos de distribuição – Falhas mecânicas

Distribuição	Teste χ^2	Teste KS	Decisão
Exponencial	3,29%	0,33%	Rejeitada
Weibull	77,02%	25,39%	Não rejeitada
Gamma	76,67%	12,21%	Não rejeitada
Lognormal	48,54%	1,51%	Rejeitada
Normal	0,01%	0,01%	Rejeitada

Fonte: Elaborado pelas autoras

Tabela 4 - Nível de significância do ajuste aos modelos de distribuição – Falhas operacional

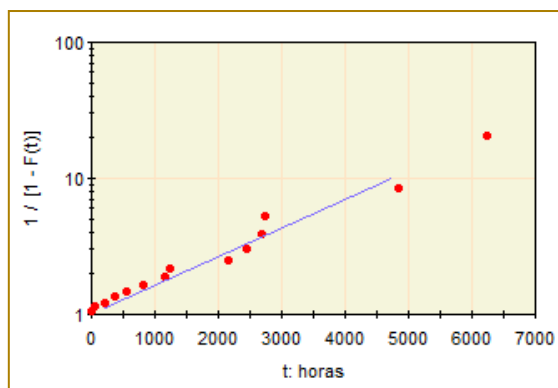
Distribuição	Teste χ^2	Teste KS	Decisão
Exponencial	54,37%	26,80%	Não rejeitada
Weibull	36,60%	28,81%	Não rejeitada
Gamma	34,89%	2,14%	Não rejeitada
Lognormal	32,28%	43,71%	Não rejeitada
Normal	0,24%	0,01%	Rejeitada

Fonte: Elaborado pelas autoras

A escolha entre as distribuições que não foram rejeitadas foi feita a partir do teste Qui-Quadrado (χ^2), pois segundo Tornan, Coster e Riboldi (2012) para amostras de tamanhos entre 10 e 50 este teste apresenta maior percentual de acerto. Obteve-se o tamanho das amostras 28, 15, 50 e 22, respectivamente, para os modos de falhas elétrico, hidráulico, mecânico e operacional.

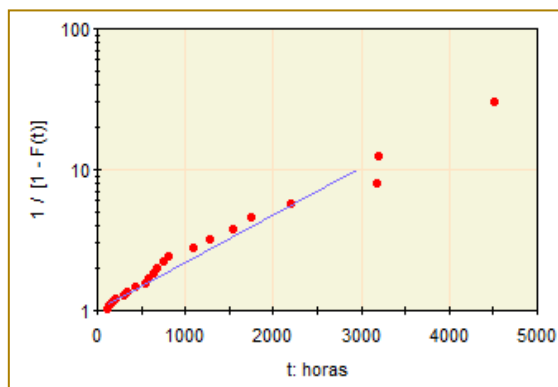
Após a análise dos testes de aderência pode-se considerar que para os modos de falhas elétrico, hidráulico e operacional a distribuição mais adequada é a Exponencial, e para o modo de falha mecânico, Weibull. As Figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam os gráficos de probabilidade que demonstram a adequação das distribuições escolhidas.

Figura 4 - Gráfico de Probabilidade Exponencial para Falha Hidráulica



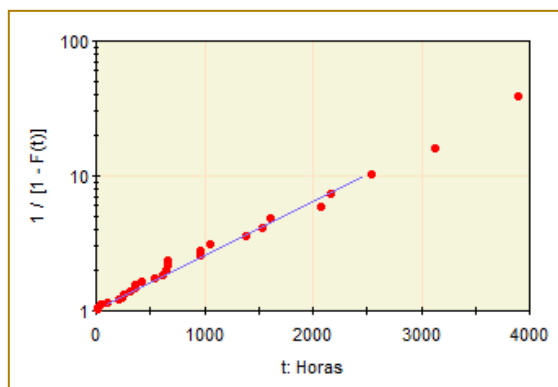
Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 5 - Gráfico de Probabilidade Exponencial para Falha Operacional



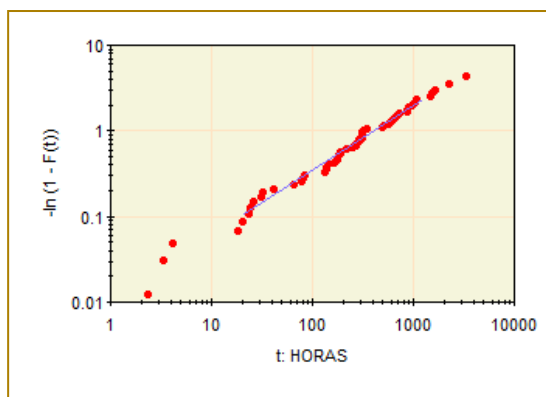
Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 6 - Gráfico de Probabilidade Exponencial para Falha Elétrica



Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 7 - Gráfico de Probabilidade Exponencial para Falha Mecânica



Fonte: Elaborado pelas autoras

Os parâmetros dos modelos Exponencial e Weibull obtidos são expostos na Tabela 5. A

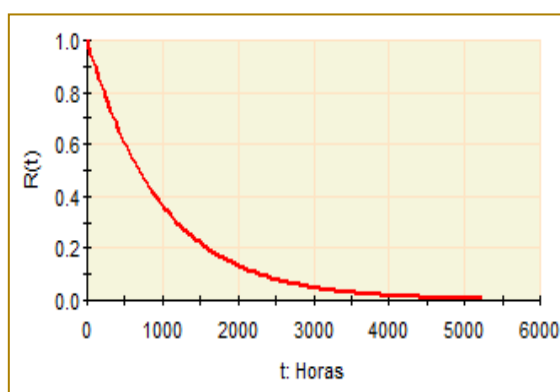
função confiabilidade $R(t)$ para cada modo de falha é apresentada nas Figuras 8,9 10 e 11.

Tabela 5 – Modelos obtidos

Parâmetros					
Modo de falha	Distribuição	λ	β	η	MTBF
Elétrica	Exponencial	0,001	-	-	991,253
Hidráulica	Exponencial	0,0005	-	-	1822,381
Operacional	Exponencial	0,0008	-	-	1163,583
Mecânica	Weibull	-	0,78	411,5	475,6

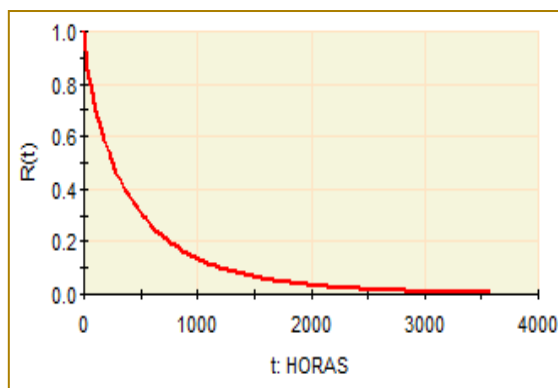
Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 8 - Função confiabilidade: Falha Elétrica



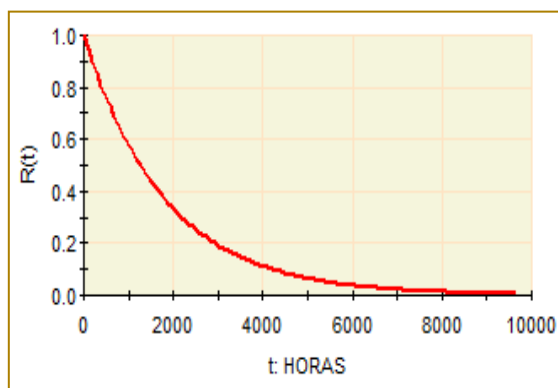
Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 9 - Função confiabilidade: Falha Mecânica



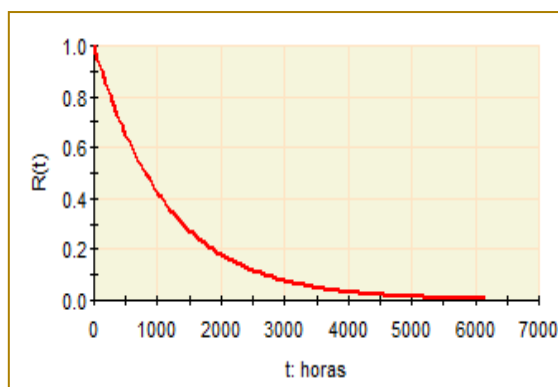
Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 10 - Função confiabilidade: Falha Hidráulica



Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 11 - Função confiabilidade: Falha Operacional



Fonte: Elaborado pelas autoras

Para análise dos dados de tempos de reparo, foi realizada a modelagem de manutenção de forma análoga a

modelagem de confiabilidade. Os resultados dos testes de aderência são apresentados nas Tabelas 6, 7, 8 e 9.

Tabela 6 - Nível de significância do ajuste aos modelos – Falhas elétricas

Distribuição	Teste χ^2	Teste KS	Decisão
Exponencial	0,01%	3,07%	Rejeitada
Weibull	8,44%	15,85%	Não rejeitada
Gamma	29,67%	2,02%	Rejeitada
Lognormal	54,36%	30,07%	Não rejeitada
Normal	0,01%	0,01%	Rejeitada

Fonte: Elaborado pelas autoras

Tabela 7 - Nível de significância do ajuste aos modelos – Falhas hidráulicas

Distribuição	Teste χ^2	Teste KS	Decisão
Exponencial	87,40%	19,29%	Não rejeitada
Weibull	59,96%	19,46%	Não rejeitada
Gamma	50,72%	11,43%	Não rejeitada
Lognormal	52,49%	27,10%	Não rejeitada
Normal	2,01%	0,01%	Rejeitada

Fonte: Elaborado pelas autoras

Tabela 8 - Nível de significância do ajuste aos modelos – Falhas mecânicas

Distribuição	Teste χ^2	Teste KS	Decisão
Exponencial	66,03%	10,36%	Não rejeitada
Weibull	29,90%	0,85%	Rejeitada
Gamma	21,40%	0,42%	Rejeitada
Lognormal	23,49%	22,14%	Não rejeitada
Normal	0,01%	0,01%	Rejeitada

Fonte: Elaborado pelas autoras

Tabela 9 - Nível de significância do ajuste aos modelos – Falhas operacional

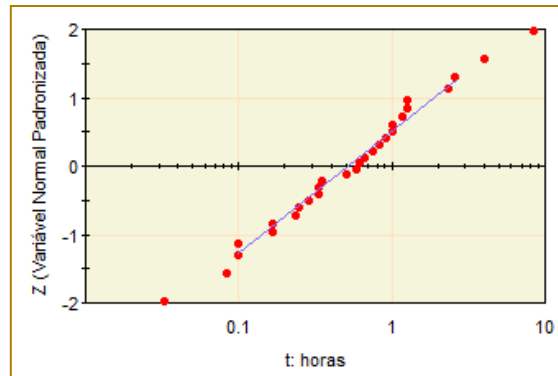
Distribuição	Teste χ^2	Teste KS	Decisão
Exponencial	0,01%	0,01%	Rejeitada
Weibull	7,95%	2,89%	Rejeitada
Gamma	54,54%	0,19%	Rejeitada
Lognormal	13,77%	28,17%	Não rejeitada
Normal	0,01%	0,01%	Rejeitada

Fonte: Elaborado pelas autoras

Entre as distribuições não rejeitadas, a melhor distribuição que se ajusta aos modos de falha hidráulica e mecânica é Exponencial. Para o modo de falha elétrica e operacional foi

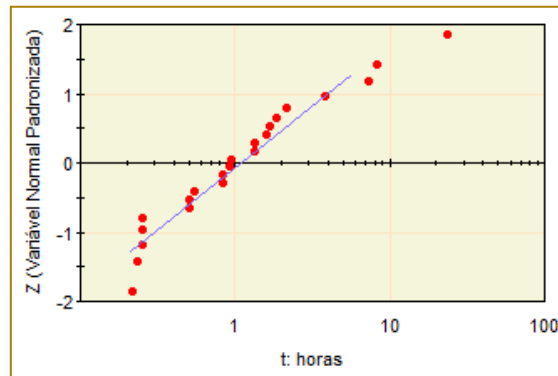
escolhida a Lognormal. As Figuras 12, 13, 14 e 15 apresentam os gráficos de probabilidade.

Figura 12 - Papel de Probabilidade Lognormal para TTR – Falha Elétrica



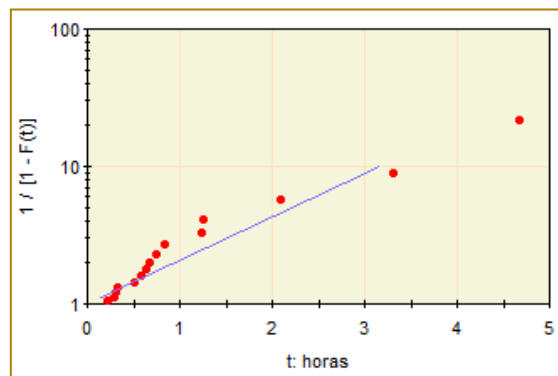
Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 13 - Papel de Probabilidade Lognormal para TTR – Falha Operacional



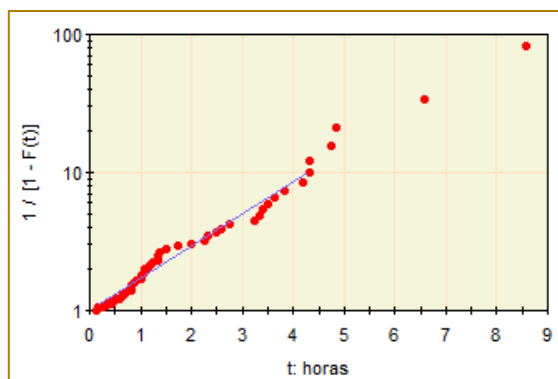
Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 14 - Papel de Probabilidade Exponencial para TTR – Falha Hidráulica



Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 15 - Papel de Probabilidade Exponencial para TTR – Falha Mecânica



Fonte: Elaborado pelas autoras

Os parâmetros dos modelos para o tempo até o reparo estão expostos na tabela 10. A função Manutenibilidade $G(t)$ (para cada tipo

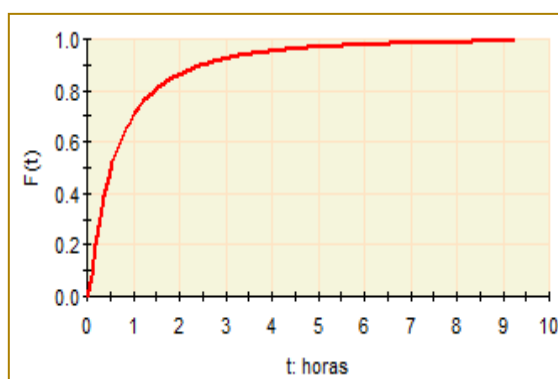
de falha) é apresentada nas Figuras 16, 17, 18 e 19.

Tabela 10 - Parâmetro de ajuste para o TTR

Parâmetros					
Modo de falha	Distribuição	μ	σ	λ	MTTR
Elétrica	Lognormal	-0,65	1,22	-	1,1
Operacional	Lognormal	0,08	1,23	-	2,31
Mecânica	Exponencial	-	-	0,33	3,05
Hidráulica	Exponencial	-	-	0,85	1,18

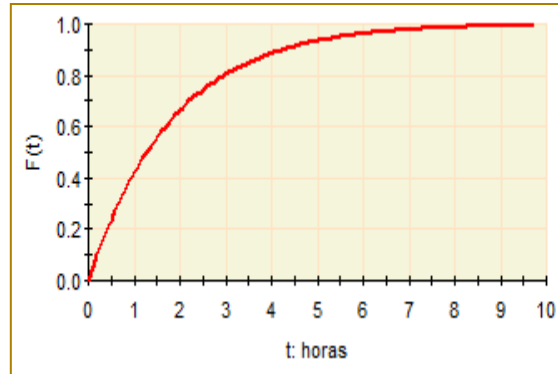
Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 16 - Probabilidade de reparo: Falha Elétrica



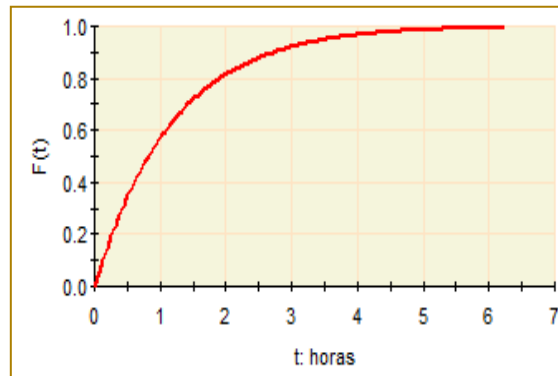
Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 17 - Probabilidade de reparo: Falha Mecânica



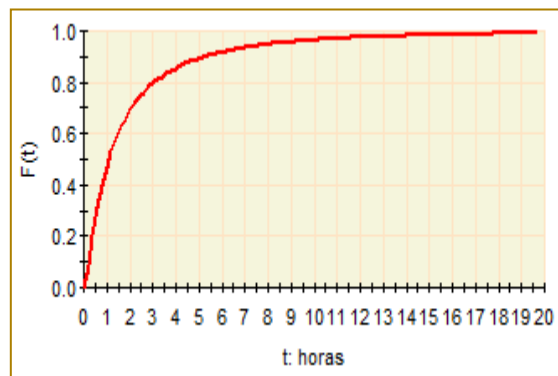
Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 18 - Probabilidade de reparo: Falha Hidráulica



Fonte: Elaborado pelas autoras

Figura 19 - Probabilidade de reparo: Falha Operacional



Fonte: Elaborado pelas autoras

Utilizando os valores de MTTR e MTBF, apresentados nas tabelas 5 e 10 e a equação (8) de disponibilidade, obtêm os seguintes

resultados para um intervalo de confiança de 95%:

Tabela 11 - Disponibilidade da máquina de tratamento térmico

Modo de Falha	Disponibilidade
Elétrica	99,89%
Hidráulica	99,94%
Mecânica	99,36%
Operacional	99,80%

Fonte: Elaborado pelas autoras

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio da distribuição Exponencial, para os modos de falha elétrica, hidráulica e operacional apontam que o subsistema estudado se encontra na fase de vida útil, caracterizada por uma taxa de falhas constante. Nesta fase as falhas ocorrem de modo aleatório, em consequência de manutenção inadequada, acidentes, erros humanos de operação, condições ambientais, entre outros. Para esses casos, indica-se a manutenção preditiva que irá prever o tempo de vida útil do equipamento, aumentando o tempo de disponibilidade, corrigindo e eliminando as falhas antes que elas se transformem em paradas de produção.

Para o modo de falha mecânica, o parâmetro de forma β obtido por meio da distribuição Weibull foi de $\beta=0,78$, ou seja, o subsistema encontra-se na fase de mortalidade infantil definida por falhas prematuras provenientes da má especificação de projeto, de falhas na fabricação de componentes, inspeções e instalação inadequadas. A manutenção corretiva é a estratégia mais apropriada nesta situação.

Os resultados também mostraram que o modo de falha mecânica possui maior MTTR comparado aos outros modos de falhas. Isso significa que o modo de falha mecânica possui a menor manutenibilidade. A redução do MTTR pode ser um indício que o desempenho da manutenção está evoluindo, e conseqüentemente impacta diretamente na produção.

O tempo médio para reparo esperado pela empresa é de 2,5 h, portanto, através dos resultados obtidos pode-se afirmar que o MTTR encontra-se próximo às expectativas da organização. Observa-se, entretanto, que os dados dos tempos efetivos de reparo não são apontados assertivamente nos indicadores, já

que os tempos referentes à logística para execução da manutenção são contabilizados.

Pelo cálculo de disponibilidade dos quatro modos de falhas apresentados na Tabela 11, observa-se que a falha mecânica apresenta maior impacto na disponibilidade do equipamento Tratamento Térmico, ou seja, o equipamento esteve indisponível mais por falhas mecânicas comparadas aos outros modos de falhas.

As falhas ocasionadas no tratamento térmico são solucionadas pela equipe de manutenção da empresa. A estratégia de manutenção adotada pela empresa é a corretiva e a preventiva. A manutenção corretiva possui elevado índice de ocorrências devido a mão de obra escassa e elevado índice de corretivas nos demais equipamentos, gerando tempo insuficiente para execuções de manutenções preventivas. Outro fator relevante para baixa execução de manutenção preventiva é a dificuldade entre a programação de produção e o planejamento de manutenção. Em alta produtividade o equipamento dificilmente é liberado para manutenções preventivas. A manutenção preditiva é pouco utilizada, pois não existem equipamentos adequados para detectar uma futura falha, devido ao alto custo envolvido e inexistência de mão de obra especializada para o manuseio dos mesmos.

5. CONCLUSÕES

Considera-se que o objetivo principal deste estudo foi plenamente alcançado. A máquina estudada é fundamental para o bom desempenho da atividade fim da empresa. Para isso os componentes críticos em estudo devem estar em perfeitas condições de funcionamento, pois uma parada da máquina ocasiona atraso na entrega do produto final ao cliente.

O estudo demonstrou que o equipamento se encontra na fase de vida útil e mortalidade infantil (considerando-se diferentes modos de falha) o que sugere a manutenção preditiva e corretiva. Portanto a estratégia utilizada pela empresa condiz parcialmente com a fase do equipamento na curva da banheira, pois atualmente são adotadas as manutenções preventiva e corretiva.

A prática de manutenção preditiva e corretiva desse subsistema pode ser desenvolvida juntamente com o fabricante da máquina e com o fornecedor atual desses componentes. Dessa forma as falhas mais frequentes características do processo da empresa poderão ser estudadas promovendo o desenvolvimento de uma possível mudança no projeto, antecipando a necessidade de correção em uma peça específica, aumentando o grau de desempenho do equipamento no processo e fornecendo

treinamento operacional para instalação e manuseio dos componentes.

Por meio do estudo proposto observa-se a importância de adotar o estudo de confiabilidade de todos os componentes da máquina, para que além de aumentar a disponibilidade do equipamento, aumente também sua confiabilidade.

Percebeu-se uma dificuldade na obtenção de dados assertivos. Portanto, recomenda-se treinar e capacitar os funcionários para relatar as falhas existentes e aprimorar o indicador dos tempos de reparo.

Para continuidade da pesquisa, sugere-se a realização de uma FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) visando identificar todos os modos de falhas de cada componente da máquina tratamento térmico, definindo-se para quais modos de falha devem-se priorizar as ações de manutenção.

REFERÊNCIAS

- [1]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462. Confiabilidade e manutenibilidade –Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- [2]. BASTOS, S. C. Efeito do Aquecimento por Indução Eletromagnética de Tubos Sem Costura Utilizados em Motores a Diesel. 2009.83f. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- [3]. CARVALHO, A.L. Análise de Disponibilidade Utilizando Abordagem Nebulosa. 2008.123f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- [4]. CAUCHICK MIGUEL, P.A. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 2. ed. São Paulo: Campus Elsevier, 2011.
- [5]. CERVEIRA, D. S.; SELBITTO, M. A. Manutenção centrada em confiabilidade (MCC): análise quantitativa de um forno elétrico a indução. Revista Produção Online, Florianópolis, v.15, n. 2, p.405-432, abr./jun. 2015.
- [6]. COSTA, L.B. et.al. Confiabilidade de uma frota de empilhadeiras: um estudo de caso em uma empresa do setor elétrico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34, 2014. Curitiba. Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2014.
- [7]. FAGUNDES, A.M et al. Estudo de caso: análise quantitativa de confiabilidade e disponibilidade de um torno CNC, baseado na metodologia RCM aplicado a área de manutenção industrial. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011.Belo Horizonte. Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2011.
- [8]. FERREIRA, C. R. Tratamento térmico por indução eletromagnética de hastes de aço SAE1045 para sondagem geológica. 2004.98f. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.
- [9]. FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J.L.D. Confiabilidade e manutenção industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- [10]. FREITAS, M. A.; COLOSIMO, E. A. Confiabilidade: análise do tempo de falha e testes de vida acelerados. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1997.
- [11]. FRITSCH, C.; RIBEIRO, J. PROCONF: Um software orientado para análises de confiabilidade. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 18,1998. Niterói. Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 1998.
- [12]. GUIMARÃES, M.P. et al. Análise de disponibilidade de um sistema de trem de pouso: um estudo de caso aplicado em uma companhia aérea brasileira. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 34, 2014. Curitiba.

Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2014.

[13]. KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: função estratégica. 4 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

[14]. LAFRAIA, J. R. B. Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

[15]. MENGUE, D.C.; SELBITTO, M.A. Estratégia de Manutenção baseada em funções de confiabilidade para uma bomba centrífuga petrolífera. Revista Produção Online, Florianópolis, v.13, n. 2, p. 759-783, abr./jun. 2013.

[16]. PALLEROSI, C. A; MAZZOLINI, B. P. M.; MAZZOLINI, L. R. Confiabilidade humana: conceitos, análises, avaliação e desafios. São Paulo: All Print Editora, 2011.

[17]. RAPOSO, J. L. O. Manutenção centrada em confiabilidade aplicada a sistemas elétricos:

uma proposta para uso de análise de risco no diagrama de decisão. 2004.134f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

[18]. SALGADO, M. F. P. Aplicação de Técnica de Otimização à Engenharia de Confiabilidade. 2008. 122f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

[19]. SOUZA, V. C. Organização e gerência da manutenção: planejamento, programação e controle de manutenção. 4. ed. São Paulo: All Print Editora 2011.

[20]. TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J.. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. Revista HCPA, Porto Alegre, v.32, n.2, 2012.

Capítulo 11

APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS NA MOVIMENTAÇÃO DE NAVIOS NO COMPLEXO PORTUÁRIO DE ITAJAÍ

Bruna Grossl

Daiane Beckert

Christiane Wenck Nogueira Fernandes

Elyelton Cesar de Souza Lima

Silvia Lopes de Sena Tagliarenha

Resumo: A proposta deste estudo foi aplicar a teoria das filas na movimentação de navios nos terminais Portonave S/A e APM Terminals Itajaí, pertencentes ao Complexo portuário de Itajaí. Através da coleta do intervalo de chegadas e do cálculo do tempo médio de espera de atendimento, foi possível simular diferentes cenários no software Arena. O modelo originado foi o M/M/n com “n” canais de atendimento no terminal de destino, sendo possível a partir desse modelo, sugerir investimentos na infraestrutura de ambos terminais. Atualmente, o complexo portuário não está preparado para um aumento da demanda, principalmente o APM Terminals Itajaí o qual necessita aumentar seu nível de serviço vigente.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Prado (1999) o uso de técnicas de planejamento baseadas em Teoria das Filas surgiu no início do século XX, com o intuito de obter resultados melhores de desempenho dentro de processos práticos reais, bem como minimizar a complexidade dos mesmos.

Uma das características principais de que um sistema não está funcionando de maneira adequada, é o congestionamento e a formação de filas dos clientes à espera de atendimento (ANDRADE, 2009). Nesse contexto, a teoria das filas gera a oportunidade de eliminar gargalos, gerando dados para tomar decisões adequadas e proporcionando um melhor aproveitamento, como no caso deste estudo, na movimentação de navios e seus intervalos de tempos entre chegadas e saídas.

Sendo assim, com a aplicação da teoria das filas em conjunto com a simulação computacional, neste caso, é possível estudar a operação de movimentação de navios no complexo de Itajaí, adotando os terminais da Portonave e APM. Permitindo, além de conhecer as características atuais de operação, visualizar como o sistema corresponde mediante alterações na demanda, infraestrutura e operação. Para então, verificar seu nível de serviço prestado e a utilização de berços de atracação, levando em conta as informações coletadas de rebocadores, navios fundeados, navios atracados e manobras realizadas/previstas no complexo portuário.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Marins (2011) desenvolver modelos matemáticos que possibilitem prever o comportamento de um sistema é o objetivo principal da teoria das filas. O interesse em se estudar sistemas de filas está na possibilidade de melhoramento de atividades e cenários de operação para atingir seu rendimento máximo. De acordo com Taha (2008), o estudo de filas lida com a quantificação do fenômeno da espera em filas, usando medidas representativas como o comprimento médio de uma fila, o tempo médio de espera em fila e a média de utilização da instalação.

Os principais elementos de um sistema de filas são caracterizados como: cliente, fila e canal de atendimento. O cliente é a unidade

que requer atendimento (navios). A fila representa os clientes que esperam para serem atendidos (navios em fila). E o canal de atendimento (berço no terminal de destino) é o sistema que realiza o atendimento do cliente, podendo ser um canal único ou múltiplo (CAMELO et al., 2010).

Para o estudo da teoria das filas aplicado aos terminais Portonave S/A e APM *Terminals* Itajaí, desenvolveu-se a simulação da modelagem, com o *software* Arena. O *software* possui recursos para análise estatística, modelagem de processos, animação, e análise de resultados (PARAGON, 2016).

Através das informações obtidas com as observações e tratamento de dados foi possível constatar que os navios que chegam esperam em uma fila e são atendidos por “n” canais de atendimento, assim, caracterizando o modelo M/M/n, e pode ser representado como medidas de desempenho para os sistemas de filas, com o ponto de partida as variáveis: i) Referentes ao processo de chegada como λ (taxa média de chegada) e $1/\lambda$ (intervalo médio entre chegadas); ii) Referentes ao processo de atendimento μ (taxa média de atendimento de cada servidor); $1/\mu$ (tempo médio de atendimento).

3. ESTUDO DE CASO

Segundo Stake (1994), o estudo de caso não é um método, mas a escolha de um objeto a ser estudado. O estudo de caso pode ser único ou múltiplo e a unidade de análise pode ser um ou mais indivíduos, grupos, organizações, eventos ou regiões. De acordo com essa afirmação, o presente estudo de caso é tomado pelas análises de dados do intervalo de chegadas e contagem do tempo médio de espera de atendimento entre chegada e saída de navios nos terminais Portonave S/A e APM *Terminals* Itajaí pertencentes ao complexo de terminais portuários de Itajaí.

O complexo Portuário de Itajaí é hoje a principal opção para os exportadores e importadores que operam em Santa Catarina e um dos principais complexos do Brasil. É dotado de localização estratégica, moderna infraestrutura e mão de obra qualificada. Suas instalações de apoio logístico operam nas cidades de Itajaí e Navegantes com completa infraestrutura para embarque e desembarque de cargas *dry* e *reefer* que o identificam

(Autoridade Portuária, 2016). Os terminais Portonave S/A e APM *Terminals* Itajaí contam com a maior e mais significativa movimentação de embarcações (ESTATÍSTICAS, 2016).

Com dados baseados no meio eletrônico do Porto de Itajaí (www.portoitajai.com.br/novo/c/infraestrutura), sobre a infraestrutura do APM *Terminals* Itajaí e Portonave S/A estão listadas as seguintes informações a seguir.

APM *Terminals* Itajaí:

- Dois berços de atracação com a extensão de 535 metros de extensão;
- Área de 75 mil metros quadrados para armazenagem de contêineres, com 744 tomadas para contêineres *reefer*;
- Armazém com 1,5 mil metros quadrados;
- Dois portêineres da categoria pós-Panamax do tipo twin-lift para operações de navios com capacidade de até 7 mil TEU's [*Twenty-foot Equivalent Unit* – unidade internacional equivalente a um contêiner de 20 pés];
- Três guindastes modelo *Mobile Harbor Crane* (MHC) com capacidade de 100 toneladas brutas;
- Dois guindastes modelo *Mobile Harbor Crane* (MHC) com capacidade de 140 toneladas brutas;
- Possui 18 empilhadeiras modelo *Reach Stacker* com capacidade para 40 toneladas;
- Cinco empilhadeiras convencionais;
- Capacidade anual de movimentação de 590 mil TEU's
- Localização: O APMT Itajaí está localizado em área contígua ao Porto Público de Itajaí.

Portonave S/A:

- Cais de 900 metros com três berços de atracação;
- Área total de 270 mil metros quadrados;
- Terminal *reefer* com capacidade para 1,2 mil TEU's;

- Armazém com mil metros quadrados para inspeção de cargas pela Receita Federal;
- Terminal de contêineres *dry* com capacidade para 13,8 mil TEU's;
- Possui 1,2 mil tomadas para contêineres *reefer*;
- Três portêineres Post-Panamax;
- Oito transtêineres;
- Dois guindastes *Mobile Harbor Crane* (MHC);
- Possui 25 caminhões *Terminal Tractor*;
- Três empilhadeiras convencionais;
- Três empilhadeiras *Reach Stacker*;
- Estacionamento para 150 caminhões;
- Dez portões de acesso (*gates*);
- Atendimento do Ministério da Agricultura com Serviço de Inspeção Federal (SIF) 811;
- Capacidade anual de movimentação de 1 milhão de TEU's.

A Coleta de dados contou com o endereço eletrônico de Itajaí & Navegantes *pilots* reunindo horários de chegada e saída das embarcações no complexo portuário de Itajaí. O período coletado refere-se a 18 de novembro de 2016 à 02 de dezembro de 2016, reunindo informações sobre manobras realizadas e manobras previstas, alcançando-se assim uma maior quantidade de dados para tornar a simulação a mais próxima possível do real.

Aplicando a teoria das filas no complexo portuário, identifica-se a entidade como o navio, o intervalo de chegadas como a diferença entre chegadas sucessivas das entidades e tempo de atendimento como o período entre a entrada do navio e a saída do mesmo. Tanto no modelo quanto na realidade do complexo, são geradas filas independentes para cada terminal.

A disciplina da fila determina a ordem em que os clientes serão atendidos, em ambos terminais o primeiro que chega é o primeiro a ser atendido. Os portos trabalham com horários pré-programados para a chegada das embarcações, logo a fila gerada já está na ordem programada para atendimento.

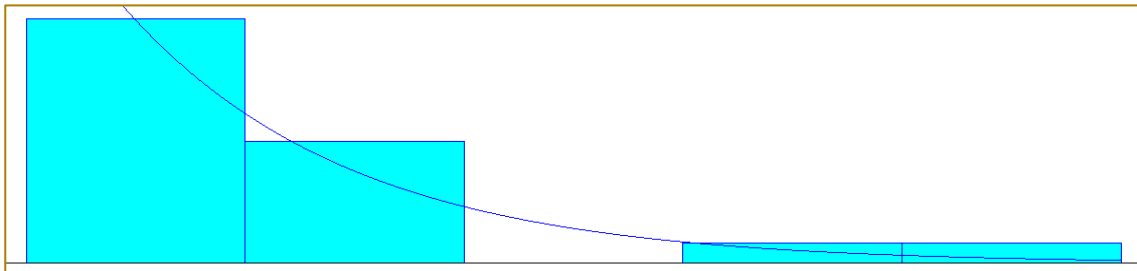
Na seção anterior, constatou-se que o modelo de estudo é o M/M/n, com “n” canais de

atendimento. Deste modo, o terminal Portonave S/A com três berços para atracação, caracteriza 3 canais de atendimento. Diferente do APM *Terminals* Itajaí que conta com 2 berços, logo, 2 canais para atendimento. Neste caso analisou-se não apenas o tempo de serviço do sistema (ambos os terminais), mas também a fila gerada, tempo de espera e taxa de ocupação da Portonave S/A e APM *Terminals* Itajaí.

4. RESOLUÇÃO

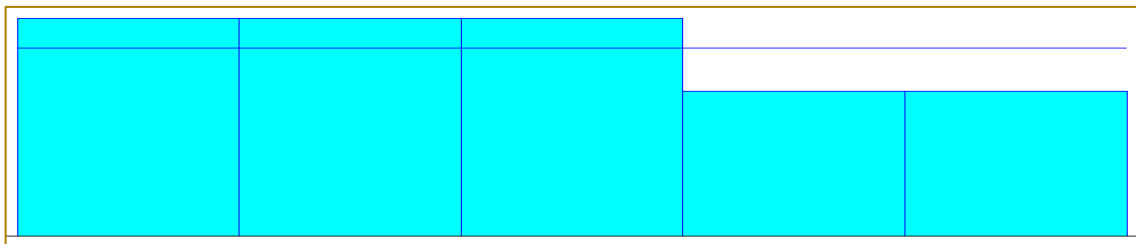
Com os dados coletados foi possível calcular o intervalo entre as chegadas das embarcações e o tempo entre a entrada do navio, rumo ao terminal, até a saída do mesmo. Por meio da ferramenta *Input Analyzer* do *software* Arena, gerou-se os gráficos para o intervalo de chegadas (gráfico 1) e para o tempo de atendimento em cada terminal (gráficos 2 e 3).

Gráfico 1 – Distribuição dos intervalos de chegada



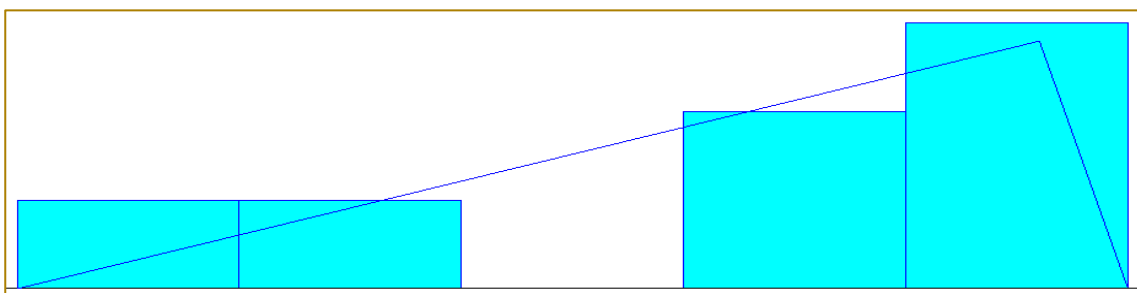
Fonte: Autores

Gráfico 2 – Distribuição dos tempos médios de atendimento na Portonave



Fonte: Autores

Gráfico 3 – Distribuição dos tempos médios de atendimento na APMT



Fonte: Autores

As distribuições nos três gráficos foram representadas por um histograma com 5 intervalos e apresentaram erros aceitáveis, pois os valores do *p-value* correspondentes, obtidos nos testes de aderência, são menores que 0.005 e maiores 0.15, para o teste qui-

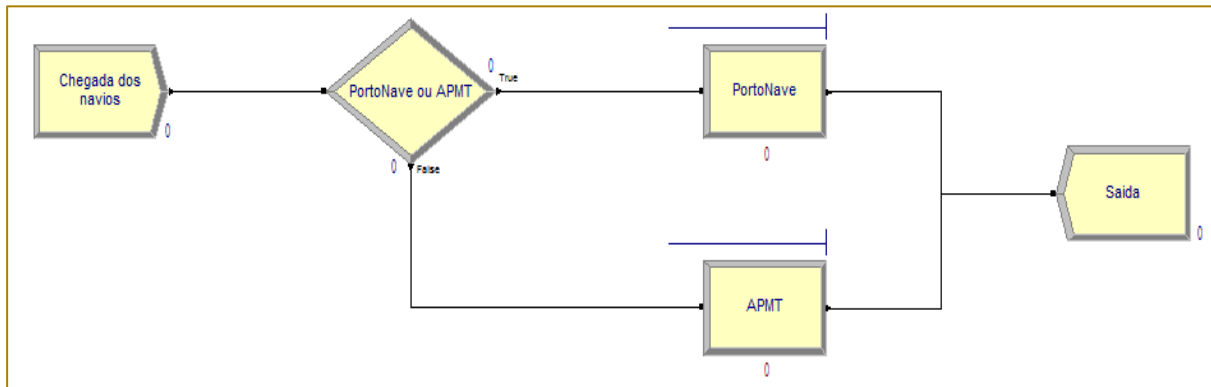
quadrado e *Kolmogorov-Smirnov*, respectivamente. Assim, os intervalos de chegada são representados por uma distribuição exponencial $[-0.001 + EXPO(14.2)]$, os tempos médios de atendimento na Portonave por uma

distribuição uniforme [UNIF(7, 24)] e os tempos na APMT por uma distribuição triangular [TRIA(12, 24, 25)].

A ferramenta *Basic Process* possibilitou a representação (figura 1) deste estudo de caso, visto na seção 3. O bloco *Create*

caracterizou a entrada dos navios e com o *Decide* foi possível determinar a porcentagem de embarcações que entram em cada terminal. Já o bloco *Process* retratou o atendimento. Por fim, o bloco *Dispose* representou a saída das entidades do sistema, como mostra a figura 1:

Figura 1 – Modelo de simulação



Fonte: Autores

4.1. CENÁRIOS

O primeiro cenário simulado foi a situação observada na coleta (real). Aplicou-se as expressões obtidas através da ferramenta *Input Analyzer* para parametrizar os processos no *software* Arena. A partir da análise dos dados, observou-se que 65% dos navios tinham como destino o terminal Portonave S/A e 35% o APM *Terminals* Itajaí.

Em um segundo cenário, aumenta-se a demanda nos terminais para investigar a capacidade do sistema. O número máximo de navios chegando num mesmo dia foi 3, sabendo disso, simulou-se um intervalo constante de 3 navios por dia, isto é, 1 navio a cada 8 horas.

A fim de avaliar a eficiência do terminal APM *Terminals* Itajaí, sugere-se o cenário 3. No qual manteve-se a chegada de 1 navio a cada 8 horas, definiu-se as porcentagens para cada terminal como iguais (50%) e incluiu-se 1 berço no terminal a ser analisado. Apenas preservou-se os tempos de atendimento reais.

Para todos os cenários configurou-se 10 replicações, cada qual resultando valores de saída diferentes, deste modo obtendo uma amostra significativa. Cada replicação simulou durante um mês (1800 horas) e contou com ambos os terminais operando 24 horas.

4.2. RESULTADOS

Na tabela 1, utilizando medidas de efetividade, compararam-se os resultados obtidos nos três cenários simulados. O tempo no sistema refere-se ao tempo gasto pelo navio da entrada rumo ao terminal até a saída do mesmo. O tempo de fila é o período de espera da embarcação para atracar no porto de destino. Já o número máximo de navios esperando, foi a maior fila ocorrida no período analisado. A taxa de ocupação, como o nome já diz, refere-se à ocupação dos berços, mostrando quando estes estão sobrecarregados ou pouco utilizados. Por fim, o número de navios atendidos é o total de embarcações que foram atendidas nas condições do cenário proposto.

Tabela 1 – Comparação entre cenários simulados

Medidas	Cenário real	Cenário 2	Cenário 3
Tempo médio no sistema	17,52 h	17,38 h	17,89 h
Tempo máximo no sistema	44,55 h	33,57 h	24,90 h
Tempo médio na fila - APMT	55,61 min	32,4 min	0,12 min
Tempo máximo na fila - APMT	24,73 h	15,49 h	47,4 min
Tempo médio na fila - Portonave	8,25 min	0	0
Tempo máximo na fila - Portonave	11,7 h	0	0
Número máximo de navios esperando - APMT	3	2	10
Número máximo de navios esperando - Portonave	2	0	0
Taxa de ocupação - APMT	51,84%	87%	123,52%
Taxa de ocupação - Portonave	72,71%	127,74%	99,51%
Número de navios atendidos	130	224	224

Fonte: Autores

5. CONCLUSÃO

O cenário real evidencia um maior nível de serviço no terminal Portonave S/A, com um tempo máximo de espera menor que 24 horas. Porém, segundo Andrade (2009), uma das características principais de que um sistema não está funcionando de maneira adequada, é o congestionamento e a formação de filas dos clientes à espera de atendimento. Deste modo, o terminal da Portonave S/A ainda necessita tornar seu tempo de atendimento mais eficiente, pois há ocorrência de filas. Analisando-se a taxa de ocupação revela-se que os berços não estão sobrecarregados, assim sugere-se investimentos nos equipamentos portuários.

Ainda no primeiro cenário, mesmo que a taxa de ocupação para os berços do APM *Terminals* Itajaí esteja pela metade ainda há filas, o que sugere uma ineficiência em suas operações portuárias. No segundo cenário, o aumento da demanda para os terminais mostra que ambos estão despreparados para um crescimento na solicitação de seus

serviços. A taxa de ocupação mostra que os dois estão sobrecarregados e a Portonave S/A ultrapassou sua capacidade.

A fim de atender um possível crescimento na demanda, simulou-se o terceiro cenário. Igualou-se não só a demanda para cada terminal (distribuição de 50%), mas também o número de berços para o atendimento, assim, verificando se há um aumento na capacidade do terminal APM *Terminals* Itajaí. Pela taxa de ocupação nota-se que mesmo dividindo a demanda igualmente, os berços da Portonave continuam trabalhando com quase 100% da sua capacidade e a AMP ultrapassa a sua.

A partir dos resultados obtidos nos diferentes cenários simulados, verifica-se que caso haja um aumento na demanda possivelmente será necessário mais um berço para a Portonave S/A. No APM *Terminals* Itajaí, já no cenário atual, indica-se o investimento em equipamentos portuários, como guindastes e portêineres, a fim de diminuir seu tempo de atendimento e assim aumentar seu nível de serviço.

REFERÊNCIAS

- [1]. ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2009.
- [2]. CAMELO, Gustavo Rossa et al. Teoria das filas e da simulação aplicada ao embarque de minério de ferro e manganês no terminal marítimo de ponta da madeira. In: XXX Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 2010, São Carlos. Anais... . São Carlos: Abepro, 2010.
- [3]. ESTATÍSTICAS. 2016. Disponível em: <[http://www.portoitajai.com.br/novo/estatisticas/169/Estatistica de Outubro de 2016](http://www.portoitajai.com.br/novo/estatisticas/169/Estatistica%20de%20Outubro%20de%202016)>. Acesso em: 22 nov. 2016.
- [4]. INFRAESTRUTURA. Disponível em: <<http://www.portoitajai.com.br/novo/c/infraestrutura>>. Acesso em: 21 nov. 2016.
- [5]. MARINS, Fernando. Introdução à Pesquisa Operacional. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-reitoria de Graduação, 2011.
- [6]. MOVIMENTAÇÃO de Navios. Disponível em: <<http://www.itajaipraticos.com.br/novo/movimentacao-de-navios>>. Acesso em: 21 nov. 2016.
- [7]. PARAGON. Arena. Disponível em: <<http://www.paragon.com.br/software/arena/>>. Acesso em: 25 nov.2016.

[8]. PORTUÁRIA, Autoridade. Apresentação. Disponível em: <<http://www.portoitajai.com.br/novo/c/apresentacao>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

[9]. PRADO, D. S. do. Teoria das Filas e da Simulação. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999. 124 p.

[10]. STAKE, R. E. Case Studies. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.). Handbook of qualitative research. London: SAGE Publications, 1994. p. 236-247.

[11]. TAHA, H. A. Pesquisa Operacional: Uma Visão Geral. 8ª.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 359 p.

Capítulo 12

INTEGRAÇÃO ENTRE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL E MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR: UMA PESQUISA-AÇÃO EM UM PROCESSO PRODUTIVO

José Carlos do Prado Junior

Rodrigo Furlan de Assis

Cintia Blaskovsky Portilho Gomes

Rodrigo Lanzoni Fracarolli

Resumo: O cenário econômico atual requer que as empresas busquem formas de reduzir os custos e atender às exigências de um mercado cada vez mais competitivo. Dessa maneira, otimizar a utilização dos recursos disponíveis e a eliminação dos desperdícios são fatores que se tornam imprescindíveis para obtenção de vantagem competitiva. Entre as ferramentas que possibilitam identificar desperdícios o mapeamento de fluxo de valor (MFV) se torna relevante, pois além de permitir uma visão ampla de um determinado sistema, possibilita identificar gargalos e desperdícios organizacionais. Apesar de ser de grande auxílio, o MFV é um processo baseado em um relato estático do momento em que o mapeamento foi realizado. Para inserir maior dinamismo ao processo, a simulação computacional é uma ferramenta capaz de complementar o MFV. Com base nisso, o objetivo deste estudo é desenvolver cenários de integração entre o MFV e o modelos de simulação computacional de uma linha de produção de um forno de panificação, em uma empresa no processo de implementação de um fluxo de valor enxuto. De modo geral, a aplicação da simulação em conjunto com o MFV permitiu elaborar modelos diferentes do estado atual e verificar qual dos cenários testados apresentam os melhores resultados, garantindo assim uma otimização do processo de tomada de decisão.

Palavras-chave: Produção enxuta, mapeamento de fluxo de valor, simulação computacional.

1. INTRODUÇÃO

Dentro do contexto da Competição Baseada no Tempo, as empresas têm buscado, constantemente, melhorias em processos, com o intuito de redução de lead time, possibilitando assim redução de custos e aumento da capacidade produtiva (BARCO, 2016).

Para tanto, as técnicas e ferramentas presentes no lean manufacturing (manufatura enxuta), tendem auxiliar no processo de identificação de desperdícios, permitindo a elaboração de planos de ação eficientes para promover tal redução (SILVA, 2013).

Nos últimos anos, o mapeamento de fluxo de valor (MFV) se tornou um dos métodos mais utilizados no processo de implementação da manufatura enxuta. Porém, há certa dificuldade em mensurar classes de dados de um processo, resultando em visões simplificadas da realidade, uma vez que o processo se baseia em um relato estático do estado atual no momento que o mapeamento foi realizado (LIAN; VAN LANDEGHEM, 2002; DAL FORNO et al., 2014).

Assim, Standridge e Marvel (2006) reforçam que a simulação complementa as técnicas e os métodos utilizados na manufatura enxuta, entre eles o MFV. Neste sentido, Lima et al. (2016) propõem que a integração da simulação ao MFV é uma maneira de inserir dinamismo a tradicional técnica, uma vez que contrapõe a ideia de relato estático do estado atual.

Dessa forma, o objetivo deste estudo é desenvolver cenários de integração entre o MFV e o modelo de simulação computacional para emular e verificar o melhor cenário de uma linha de produção de um forno de panificação, em uma empresa no processo de implementação de um fluxo de valor enxuto.

O artigo está dividido em cinco seções, tendo incluso a introdução. A fundamentação teórica é a segunda seção, sendo que a metodologia de pesquisa é apresentada na terceira seção. A seção quatro traz os resultados e discussões e na quinta seção, as considerações finais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. MODELAGEM E SIMULAÇÃO

O processo de modelagem e simulação é uma experimentação de ordem

computacional, na qual podem ser usados modelos de sistemas reais ou idealizados para o estudo de problemas reais de natureza complexa e dinâmica, com o objetivo de testar diferentes alternativas operacionais a fim de encontrar e propor melhores formas de operação que visem ao entendimento do sistema ou sua possível melhoria (BELLINGER, 2004; CHWIF et al., 2006; KELTON et al., 2009).

Sobre o processo de modelagem e simulação, Sterman (2000) afirma que tal processo faz parte de um contexto iterativo de aprendizado, pois permite a formulação de diversas hipóteses, a execução exaustiva de testes e sua contínua revisão, e por isso, faz parte do processo cognitivo do ser humano quanto ao que o relaciona com o meio e com outros seres.

Contudo, segundo Freitas Filho (2008) os erros relacionados com o uso da simulação estão associados com aqueles que utilizam a simulação com o intuito de obter respostas rápidas do modelo simulado. Para o autor é possível destacar os seguintes erros nos decorrentes ao processo de modelagem e simulação: pouco conhecimento sobre a ferramenta utilizada, equívoco na utilização de inferências estatísticas menos precisas e definição incorreta dos objetivos do modelo e sistema a ser modelado.

De acordo com Chwif et al. (2006), a simulação pode ser classificada em três categorias: (1) Simulação de Monte Carlo: é o método estatístico capaz de simular valores para análise dos fenômenos que influenciam os resultados futuros; (2) Simulação contínua ou dinâmica: a modelagem de dados dinâmicos sofre mudanças contínuas ao longo do tempo; (3) Simulação de eventos discretos (SED): é uma categoria de modelagem computacional que permite análises estatísticas.

A SED é utilizada para emular os processos de chão de fábrica, com ênfase nas análises estatísticas, sendo que as principais preocupações da SED são os fluxos de materiais, os níveis de estoque de produto acabado e em processo, o desempenho dos recursos de produção e dos processos. Além disso, a SED modela o comportamento de uma ampla variedade de sistemas em pesquisas de engenharia, entre as quais se destacam programação de produção, confiabilidade, tráfego e transporte, controle de estoque, fabricação, defesa, finanças,

telecomunicações e sistemas de computadores (KROESE et al., 2011; DOMINGOS et al., 2015).

Para Kroese et al. (2011), dois elementos são principais em um estudo de SED: (1) a coleção de variáveis / atributos necessários para descrever o sistema em um determinado momento, em relação ao objeto de estudo; (2) a existência de um evento que pode alterar o estado do sistema (cada evento é caracterizado por: hora do evento e tipo de evento).

Para Johansson et al. (2009), a tecnologia de utilização de SED tem evoluído rapidamente, devido às centenas de publicações acadêmicas e novos recursos de software são lançados anualmente. Gavira (2003) afirma que houve um aumento de software de linguagem SED no mercado devido ao crescimento da utilização da simulação. Entre eles, pode-se destacar o Arena, FlexSim, Promodel, entre outros.

2.1.1. PASSOS PARA SIMULAÇÃO

Chwif et al. (2006) destacam que a simulação pode ser desenvolvida em 3 passos: Concepção, Implementação e Análise, conforme Figura 1. Na concepção são definidos os subprocessos de definidos estruturas iniciais do modelo, bem como os objetivos das análises. Na implementação é estruturado o processo de modelagem em um

software de simulação. Já na análise são propostos os experimentos e as análises necessárias para a tomada de decisão.

Conforme Chwif et al. (2006), o processo de modelagem e simulação não deve ser considerado estudo linear, devendo-se imaginar que seja um processo em espiral, conforme a Figura 1. Para os mesmos autores, cada etapa é representada por meio dos seguintes passos:

Definição do sistema e objetivos: Delimita as fronteiras do sistema, bem como suas restrições e modo de funcionamento;

Modelo Abstrato: Entendimento e construção do modelo mental do objeto de estudo;

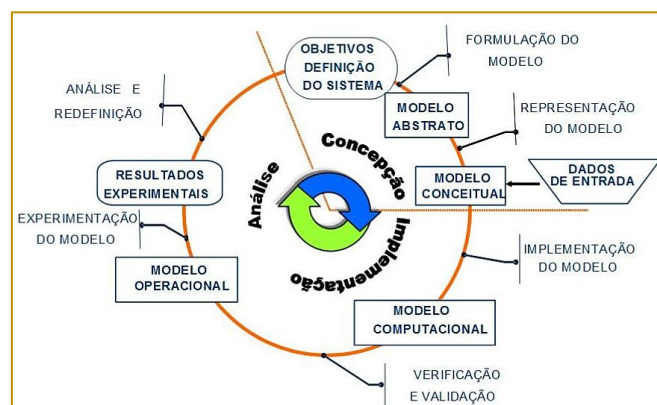
Modelo Conceitual: Utilização de modelos gráficos para definir os componentes, descrever as variáveis e interações (lógicas) que constituem o sistema;

Modelo Computacional: Nesta fase o modelo conceitual é convertido em um modelo computacional, sendo necessária a utilização de ferramenta de programação;

Modelo Operacional: Nessa fase ocorre a verificação e validação do modelo. Ainda, é possível conduzir experimentos ou mesmo rodadas de simulação;

Resultados Experimentais: Corresponde à execução da simulação para gerar os dados esperados, bem como executar as análises dos resultados.

Figura 1 - Passos para simulação



Fonte: Chwif et al (2006).

2.2. MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

O MFV tem como princípio básico viabilizar uma visão macro de um determinado sistema, possibilitando identificar gargalos e desperdícios organizacionais. Além disso, aplicando o MFV é possível realizar o *layout* de uma organização, identificando formas de reduzir desperdícios e, conseqüentemente, maximizar os ganhos em um processo (ROTHER; SHOOK, 2003; FERRO, 2007).

Rother e Shook (2003) caracterizam o MFV como uma ferramenta essencial para o contexto da mentalidade enxuta, pois auxilia na visualização do processo como um todo, não apenas os processos individuais. Além disso, apoia a identificação dos desperdícios e suas fontes, bem como oferece uma linguagem comum para tratar os processos de manufatura.

Ainda segundo os autores, para o desenvolvimento do MFV é necessário: (1) selecionar um grupo de produtos que tem processos similares; (2) desenhar o mapa atual e desenvolver o estado futuro (verificação do estado atual no chão de fábrica e são traçadas possíveis melhorias, com a definição do mapa de estado futuro); (3) Planejamento de como alcançar o estado futuro e implementá-lo.

O MFV trata-se de uma ferramenta que permite visualizar todo o processo produtivo, representando o fluxo de materiais e informações, bem como possibilita a identificação das atividades que agregam ou não valor para a operação de manufatura (ABDULMALEK, RAJGOPAL, 2007; JASTI, SHARMA, 2014).

2.3. INTEGRAÇÃO DO MFV E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Segundo Robinson et al. (2012), o MFV e a simulação são técnicas que possuem objetivos semelhantes, uma vez que procuram otimizar os processos. Ali et al. (2015) destacam algumas razões para a integração do MFV e a simulação:

Colabora no planejamento do processo no estado futuro;

Possibilita a verificação o impacto das alterações e auxilia a responder questionamentos dinâmicos sobre o processo;

Apresenta medidas quantitativas mais precisas, devido a sua capacidade de lidar com dados tanto determinísticos quanto estocásticos.

Com base nisso, Abdulmalek e Rajgopal (2007), utilizaram a simulação na indústria de processos contínuos como forma de quantificar os ganhos provenientes da aplicação das técnicas lean, mediante ao MFV. Gurumurthy e Kodali (2011) aplicaram a simulação em um processo de fabricação de portas e janelas de PVC para emular o mapa atual e mapa futuro do MFV.

Já Shararah et al. (2010), aplicaram a combinação do MFV com a simulação em um processo de manufatura, utilizando o software ExtendSim. A simulação adicionou o tempo para a execução das atividades, enquanto o MFV apresentou a importância de atividades que agregam valor.

Rajenthirakumar et al. (2012) aplicaram MFV para identificar oportunidades para técnicas lean e testar estratégias de eliminação de gargalo, em uma fabricante líder de máquinas têxteis. Os autores, que utilizaram o software Arena para verificar cenários que gerassem aumento nos quesitos disponibilidade de máquina e de valor agregado.

3. METODOLOGIA

3.1. CONTEXTO

Neste trabalho, os pesquisadores estão inseridos diretamente no local estudado, contribuindo diretamente com o ambiente pesquisado. De acordo com Silva e Menezes (2005), este tipo de estudo é classificado como uma pesquisa ação.

A partir disso, a presente pesquisa foi realizada em uma linha de produção de um forno de panificação, sendo possível realizar a coleta de dados e entender as particularidades dos processos, desde a compra de matéria prima e insumos até a entrega para o cliente final.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA

O estudo foi realizado em uma empresa metalúrgica de pequeno porte. A principal atividade encontrada na empresa é a manufatura de chapas metálicas para máquinas agrícolas e locomotivas.

Apesar do forno de panificação não ser o principal produto da empresa, para a sua manufatura são necessários todos os processos tradicionais de conformação. Contudo, alguns processos são realizados por prestadores de serviços especializados, com o acompanhamento dos responsáveis pelo projeto.

Os dados foram coletados in loco. O software utilizado na presente pesquisa é o Arena®, software de simulação com ambiente gráfico integrado, possuindo recursos que permitem analisar dados estatísticos, modelagem de processos, animação e resultados. Esse contexto atribui ao software caráter facilitador para fins de aprendizado (LIRA JUNIOR et al., 2012).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO A SER MODELADO

O processo produtivo do item estudado se inicia após o cliente indicar as especificações para o produto. Tal processo está inserido em um ambiente make to order, onde após a solicitação do cliente, são verificadas as necessidades de materiais e enviadas ordens de compras para os devidos fornecedores.

O recebimento das matérias primas na empresa é realizado por um colaborador específico do setor. Algumas dessas matérias primas são processadas, enquanto outros componentes são enviados para seus respectivos postos de montagem. Os componentes metálicos são processados em uma máquina de corte a laser, onde adquirem forma de acordo com as especificações do projeto. Posteriormente, são realizadas

processo de conformação de acordo com as especificações necessárias para o processo de montagem.

Na área de montagem os subprodutos são ajustados de acordo a gabaritos, onde três conjuntos independentes são processados em uma única linha produtiva e por um único colaborador. Vale ressaltar que tais conjuntos podem ser processados paralelamente, e que a etapa seguinte, o processo de soldagem, só pode ser iniciada após a conclusão dos três conjuntos. Após a soldagem, é aplicada uma camada de tinta na estrutura e acrescentados os demais componentes (motor, revestimento térmico, componentes eletrônicos e acessórios externos).

Finalizado o processo de montagem final, o produto é submetido a uma série de testes de qualidade, sendo embalado em estruturas que garantem a segurança. Uma vez que o produto esteja na expedição, o transporte é feito via transportadora e entregue ao cliente.

Prado Junior et al. (2016) aplicaram o MFV na linha do forno de panificação, em questão, conforme pode ser observado na Figura 2. Com a utilização da ferramenta, foi possível mapear o estado atual e verificar o tempo de fabricação do produto (66,67 horas) e observar oportunidades de melhoria. A Tabela 1 apresenta os dados coletados para tal análise.

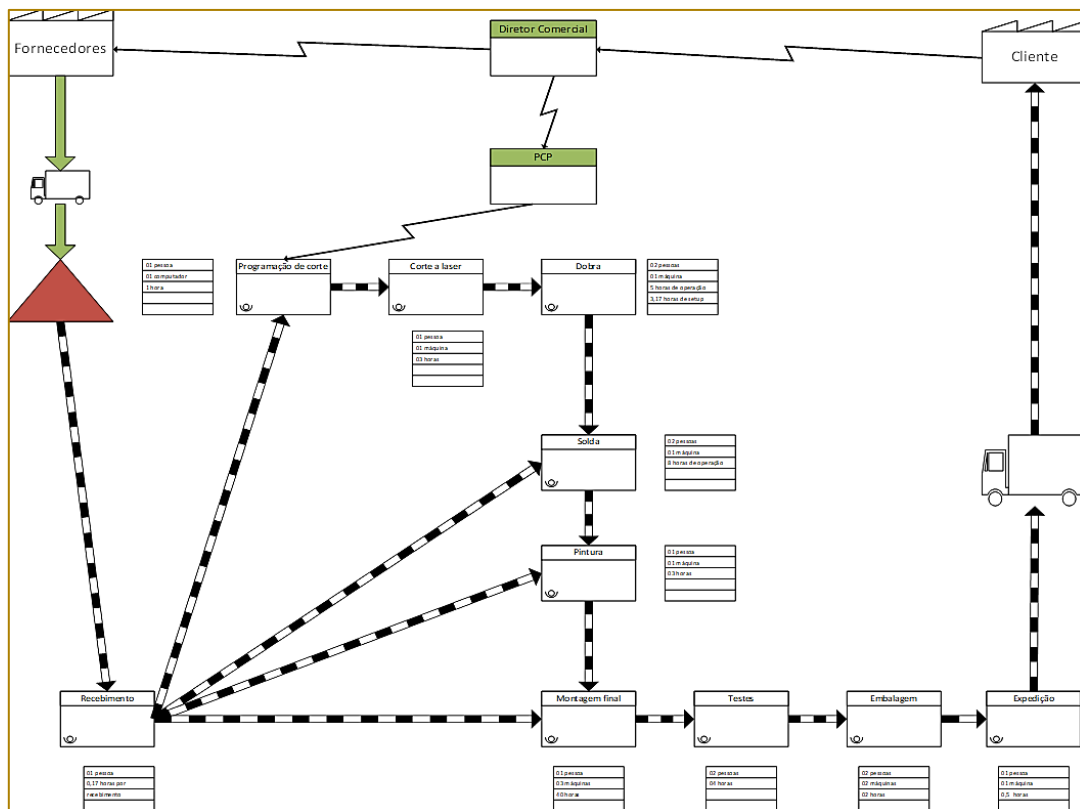
Na mesma pesquisa se elaborou uma proposta de mapa futuro, no qual as melhorias inseridas previam uma redução do tempo de fabricação de 66,67 horas para 39,67 horas. Porém, como a proposta ainda não havia sido implementada, não foi possível verificar os resultados após as melhorias propostas.

Tabela 1 - Dados dos indicadores coletados

Indicadores Processos	Setup Horas	Colaboradores	Tempo Operacional (Horas)	Máquinas	Tempo Espera (Horas)
Recebimento	0,05	1	0,17	0	0
Programação de Corte	0,002	1	1	1	0
Corte a Laser	0,002	1	3	1	0
Dobra	3,17	2	5	1	0
Solda	0,005	1	8	1	5
Pintura	0,009	1	3	1	5
Montagem Final	0,01	1	40	3	0
Teste	0,002	2	4	0	0
Embalagem	0,007	2	2	1	0
Expedição	0,011	1	0,5	1	0
Total	3,27	13	66,67	10	10

Fonte: Prado Junior et al (2016).

Figura 2 - MFV do processo produtivo



Fonte: Prado Junior et al. (2016).

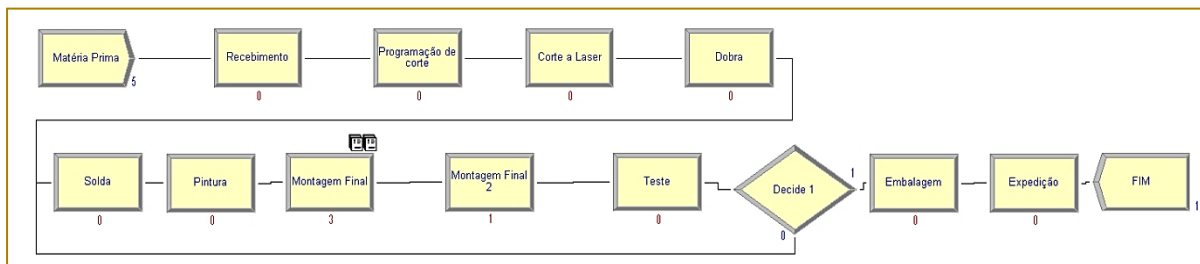
4.2. MODELO SIMULADO

Com base nos dados coletados no estudo de Prado Junior et al. (2016) foram desenvolvidos quatro diferentes modelos de estado futuro, com o intuito de ampliar a capacidade de tomada de decisão. Como constatado na Tabela 2, o processo de montagem final é o principal gargalo da linha de produção. Dessa forma, esse processo é o principal foco de

alterações com o objetivo de reduzir o tempo de processamento.

No modelo 1, ocorre a divisão do processo de montagem final em dois postos, um em sequencia do outro, onde cada um faz parte da montagem dos componentes. Nesse caso, o tempo de processamento do estado atual é dividido entre os dois postos de montagem final.

Figura 3 - Modelo 1

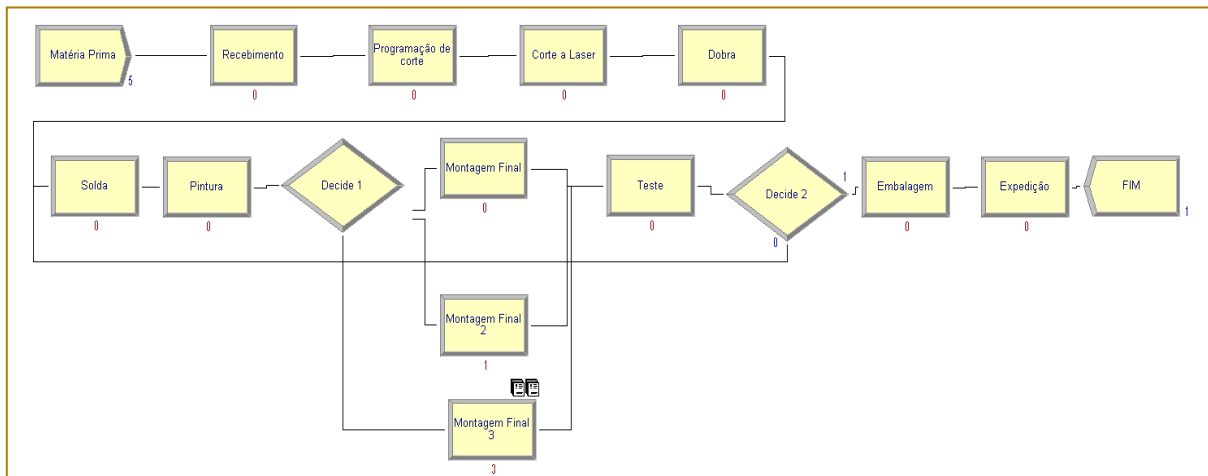


Fonte: Elaborado pelos autores.

No modelo 2, são inseridos 03 postos de montagem final, com cada um realizando a montagem completa. Dessa forma, o tempo de processamento do estado atual é mantido

e replicado para cada posto presente, porém cada um vai realizar o processo de montagem de todo o forno simultaneamente aos demais postos com o mesmo fim.

Figura 4 - Modelo 2

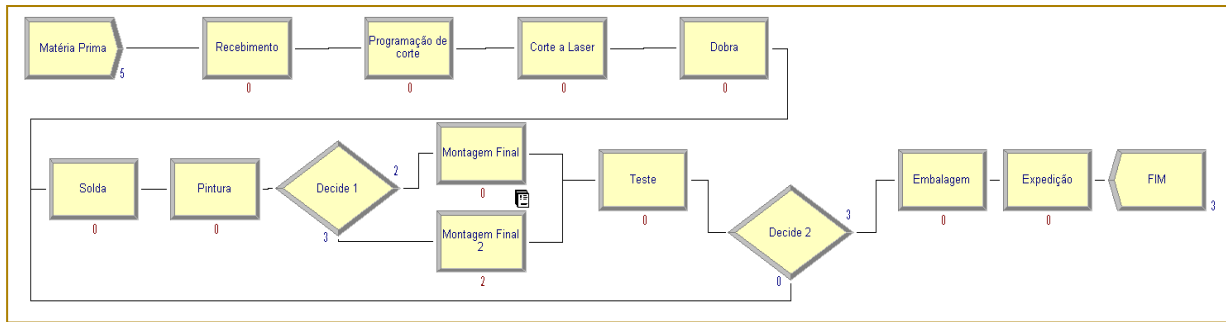


Fonte: Elaborado pelos autores.

O modelo 3 apresenta a utilização de dois postos de montagem final, com dois colaboradores em cada posto, o que

ocasiona em diminuição de 50% do tempo de processamento atual em cada posto.

Figura 5 - Modelo 3

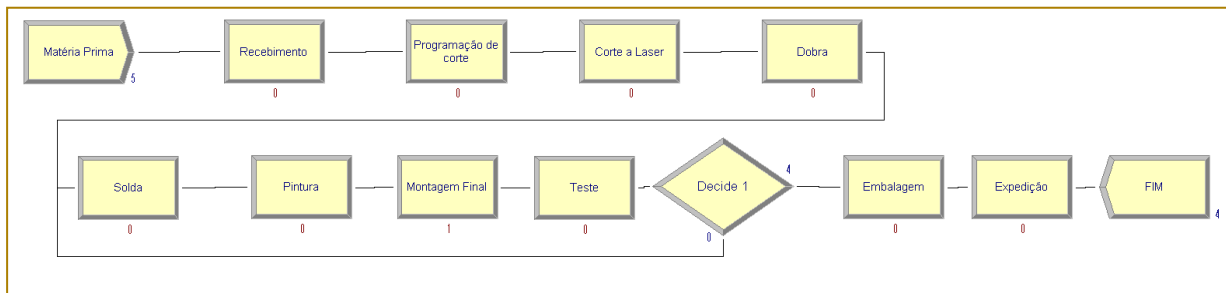


Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, o modelo 4 apresenta apenas um posto de montagem final, com quatro colaboradores trabalhando em um mesmo

produto, assim reduzindo o tempo de processamento atual em 75%.

Figura 6 - Modelo 4



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados utilizados em todos os quatro cenários foram utilizados conforme a Tabela 2. Para o processo de teste, foi utilizada a ferramenta Decide, que de acordo com dados históricos, apresenta que nesta etapa ocorre um percentual de 99% de aprovação dos produtos, enquanto apenas 1% necessita de retrabalho e não ocorrendo descarte de produtos. Para todos os modelos foi considerado o tempo de 69,94 horas de replicação e turnos de 24 horas por dia.

O modelo 1 utilizou 13 colaboradores para produzir, ao final do tempo de replicação,

01 forno completo. O modelo 2 utilizou 14 colaboradores para produzir, ao com o mesmo tempo de replicação, 01 forno completo. O modelo 3 utilizou 15 colaboradores para produzir 03 fornos completos. Por fim, o modelo 4 utilizou 15 colaboradores para produzir 04 fornos completos.

As tabelas 2, 3 e 4 apresentam os resultados obtidos com relação a taxa de ocupação, número de produtos em espera e tempo de espera, respectivamente.

Tabela 2- Resultados da taxa de ocupação

Taxa de Ocupação				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Corte laser	21,46%	21,46%	21,46%	21,46%
Dobra	58,41%	58,41%	58,41%	58,41%
Embalagem	2,87%	2,87%	8,60%	11,48%
Expedição	0,73%	0,73%	2,19%	2,92%
Montagem final	66,85%	57,21%	57,21%	66,85%
Montagem final 2	38,24%	43,48%	55,16%	-
Montagem final 3	-	55,16%	-	-
Pintura	21,51%	21,51%	0,052	21,51%
Programação de corte	7,16%	7,16%	0,1385	7,16%
Solda	57,23%	57,23%	0	57,23%
Testes	5,72%	5,72%	0	22,89%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3 - Resultados do número de produtos em espera

Número de produtos em espera (média/horas)				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Corte laser	0,286	0,286	0,286	0,286
Dobra	0,7389	0,7389	0,7389	0,7389
Embalagem	0	0	0	0
Expedição	0	0	0	0
Montagem final	1,0269	0	0	0,262
Montagem final 2	0	0	0,2536	-
Montagem final 3	-	0,5192	-	-
Pintura	0	0	0,052	0
Programação de corte	0,1385	0,1385	0,1385	1,9369
Solda	0	0	0	0
Testes	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4 - Resultados do tempo de espera

Tempo de espera (média/horas)				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Corte laser	4	4	4	4
Dobra	10,336	10,336	10,336	10,336
Embalagem	0	0	0	0
Expedição	0	0	0	0
Montagem final	11,835	0	1,8325	3,665
Montagem final 2	0	0	1,8325	-
Montagem final 3	-	0	-	-
Pintura	0	0	0	0
Programação de corte	1,9369	1,9369	1,9369	1,9369
Solda	0	0	0	0
Testes	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados permitem constatar que com a utilização de 04 colaboradores no processo de montagem final, o número de produtos acabados tem um aumento significativo. Isso pode ser observado nos resultados dos cenários 3 e 4, onde tal ação ocorreu e resultou em 3 e 4 fornos acabados, respectivamente, enquanto os cenários 1 e 2 resultam em apenas 01 forno acabado.

É evidente que com o acréscimo de colaboradores no processo de montagem final, consequentemente acrescenta colaboradores na linha produtiva como um todo. Porém, vale destacar que a empresa possui outros segmentos de atuação. Ou seja, os colaboradores podem exercer suas atividades em outros projetos da empresa. Além disso, em caso de uma demanda alta e constante, o ganho com o aumento da produtividade com o acréscimo de colaboradores é considerável, tornando assim a empresa mais competitiva.

Outra informação que os resultados apresentam é a maior taxa de utilização dos processos sequentes ao de montagem final, consequência do maior número de produtos que são processados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve objetivo de desenvolver um modelo de integração do MFV e o modelo de simulação computacional para auxiliar a definir o melhor cenário de uma

linha de produção de um forno de panificação, em uma empresa no processo de implementação de um fluxo de valor enxuto. O MFV apresenta uma visão simplificada dos processos produtivos, facilitando o no processo de identificar e entender possíveis dificuldades presentes no ambiente fabril. Além disso, proporciona informações que podem ser utilizadas para otimizar o processo.

A aplicação da simulação em conjunto com o MFV permitiu estudar 04 modelos diferentes do estado atual sem a necessidade de interromper e alterar a linha produtiva, evitando assim desperdício de recursos. Dentre os 04 modelos, foi possível verificar que o último cenário testado apresenta o maior número de produtos acabados, e mesmo que para realização de tal cenário aumente o número de colaboradores, a relação custo x benefício ao longo do tempo é satisfatória.

O estudo também pode ser utilizado pelos gestores da empresa para adotar estratégias de acordo com a variação de demanda, pois cada modelo pode se adaptar a situações diferentes, aumentando a gama de opções para a tomada de decisão. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi alcançado de maneira satisfatória, sendo possível associar duas ferramentas e analisar os efeitos das alterações em um processo de fabricação.

REFERÊNCIAS

[1]. ABDULMALEK, Fawaz. A.; RAJGOPAL, Jayant. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study.

International Journal of Production Economics, v. 107, n. 1, p. 223–236, mai., 2007.

[2]. ALI, Nauman Bin; PETERSEN, Kai; FRANÇA, Breno Bernard Nicolau. Evaluation of simulation-assisted value stream mapping for

software product development: two industrial cases. *Information and Software Technology*, v. 68, p. 45-61, dez., 2015.

[3]. BARCO, Clarissa Fullin. O efeito do tamanho do lote de transferência no lead time em um ambiente flow shop: uma análise quantitativa. 161 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, 2016.

[4]. BELLINGER, Gene. Knowledge management - emerging perspectives. *Systems thinking*, 2004. Disponível em: <<http://www.systems-thinking.org/kmgmt/kmgmt.htm>> Acesso em: Jan, 2017.

[5]. CHWIF, Leonardo; PAUL, Ray J.; BARRETO, Marcos Ribeiro Pereira. Discrete event simulation model reduction: a casual approach. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v. 14, n. 7, p. 930-944, out., 2006.

[6]. DAL FORNO, Ana Julia; PEREIRA, Fernando Augusto; FORCELLINI, Fernando Antonio; KIPPER, Liane M. Value stream mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of lean tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 72, n. 5, p. 779-790, 2014.

[7]. DOMINGOS, Jean Carlos; POLITANO, Paulo Rogerio; PEREIRA, Neocles Alves. Simulação computacional híbrida de sistemas e eventos discretos para o auxílio ao processo SOP. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXV. Fortaleza. Anais... Fortaleza: ABEPRO, 2015.

[8]. FERRO, José Roberto. A essência da ferramenta mapeamento do fluxo de valor. *Lean Institute Brasil*, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/61/a-essencia-da-ferramenta-mapeamento-do-fluxo-devalor.aspx>> Acesso em: Jan, 2017.

[9]. FREITAS FILHO, Paulo José. Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em arena. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

[10]. GAVIRA, Manuel de Oliveira. Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento. 150 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

[11]. GURUMURTHY, Anand; KODALI, Rambabu. Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: a case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 22, n. 4, p. 444-473, 2011.

[12]. JASTI, Naga Vamsi Krishna; SHARMA, Aditya. Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: a case study from auto components industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 5, n. 1, p. 89-116, 2014.

[13]. JOHANSSON, Björn; SKOOGH, Anders; MANI, Mahesh; LEONG, Swee. Discrete event simulation to generate requirements specification for sustainable manufacturing systems design. In: *Proceedings of the 9th Workshop on Performance Metrics for Intelligent Systems*. ACM, 2009. p. 38-42.

[14]. KELTON, W. David; SADOWSKI, Randall P.; ZUPICK, N. *Simulation with Arena*. McGraw-Hill, 2009.

[15]. KROESE, Dirk P.; TAIMRE, Thomas; BOTEV, Zdravko I. Discrete Event Simulation. *Handbook of Monte Carlo Methods*. Wiley, p. 281-300, 2011.

[16]. LIAN, Yang-Hua; VAN LANDEGHEM, Hendrik. An application of simulation and value stream mapping in lean manufacturing. In: *Proceedings 14th European Simulation Symposium*. SCS Europe BVBA, 2002. p. 1-8.

[17]. LIMA, Danilo Felipe Silva; ALCANTRA, Paulo Guilherme de França; SANTOS, Luciano Costa; SILVA, Liane Márcia Freitas; SILVA, Ricardo Moreira. Mapeamento de fluxo de valor e simulação para implementação de práticas lean em uma empresa calçadista. *Revista Produção Online*, v. 16, n. 1, p. 366-392, jan./mar., 2016.

[18]. LIRA JUNIOR, José Soares; MEDEIROS, Flávio Henrique Rodrigues; SENA, David Custodio. A aplicação de ferramentas de modelagem e simulação para melhoria nos processos produtivos: o caso de uma indústria ceramista da região de Russas - CE. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXII. Anais... Bento Gonçalves, RS: ABEPRO, 2012.

[19]. PRADO JUNIOR, José Carlos; MELO, Maurício Guilherme Pereira; SILVA, Anderson Rodrigues; SILVA, Felipe Fidelis; ASSIS, Rodrigo Furlan. Utilização do mapeamento de fluxo de valor no processo de fabricação de um forno de panificação. In: *Simpósio de Engenharia de Produção, XXIII*. Anais... Bauru - SP: UNESP, 2016.

[20]. RAJENTHIRAKUMAR, D.; SRIDHAR, R.; SAVIO, A. Dominic; PRAKASH, S. Jerine Chrispal; SRINATH, N. Lean Manufacturing: a study of application in a customary atmosphere. *International Journal of Lean Thinking* v. 3, n. 1, jun., 2012.

[21]. ROBINSON, Stewart; RADNOR, Zoe J.; BURGESS, Nicola; WORTHINGTON, Claire. SimLean: Utilising simulation in the implementation of lean in healthcare. *European Journal of Operational Research*, v. 2019, n. 1, p. 188-197, 2012.

[22]. ROTHER, Mike; SHOOK, John. *Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício*. São Paulo: Lean Institute do Brasil, 2003.

[23]. SHARARAH, Mohamed A.; EL-KILANY, Khaled S.; EL-SAYED, Aziz E. Component based

modeling and simulation of value stream mapping for lean production systems. In: Proceedings 20th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing. Oakland, jul., p. 12–14, 2010.

[24]. SILVA, Tatiary Mafra da. Mapeamento do fluxo de valor e simulação a eventos discretos para a redução de desperdícios em uma família de peças usinadas em uma empresa do setor automotivo. 163 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

[25]. SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 4. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2005.

[26]. STANDRIDGE, Charles R.; MARVEL, Jon H. Why lean needs simulation. In: Simulation Conference. WSC 06. Proceedings of the Winter. IEEE, 2006. p. 1907-1913.

[27]. STERMAN, John D. Business dynamics-systems thinking and modeling for a complex world. Boston: McGraw-Hill, 2000.

Capítulo 13

PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE TEORIA DAS FILAS NA LINHA DE TRANSPORTE COLETIVO DE MACAPÁ/SANTANA-AP SIMULADO NO SOFTWARE ARENA

Manuela Barbosa Pereira

Vitor Hugo Raiol da Silva

Diego Armando Silva da Silva

Lenize Rodrigues Carneiro

Resumo: O presente artigo aborda o transporte público coletivo entre duas grandes cidades Macapá e Santana, localizada no do Estado do Amapá, Brasil. Os municípios articulam-se entre si por vias rodoviárias e há um grande deslocamento de pessoas que utilizam deste tipo de transporte, havendo assim uma grande procura diária pelo serviço. O conhecimento das características do sistema de transporte urbano entre cidades caracteriza-se de fundamental importância, com o intuito de diagnosticar as suas necessidades, propondo medidas por meio da utilização de teorias das filas aplicada e simulada ao software ARENA para melhoria da qualidade de vida dos cidadãos que procuram pelo serviço.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a qualidade do serviço prestado no transporte público por ônibus tem sido um importante fator de debates, principalmente pela importância diante da sociedade, tanto no lado econômico, quanto a melhoria da qualidade de vida da população. Em uma visão geral, temos diversos modelos, métodos e instrumentos de avaliação. Essas avaliações, em tese, estão diretamente ligadas a três agentes principais: o usuário, as empresas operadoras e ao órgão gestor (GOULART, 2008).

De acordo com Reck (2011), existe a necessidade de um planejamento operacional para o transporte público devendo-se adequar às características de cada região, sendo possível fazer adaptações constantes à própria dinâmica urbana, tanto em termos quantitativos como quanto à implantação de novas tecnologias nos veículos.

Dessa forma, para que seja possível um bom funcionamento do Sistema de Transporte Público de Passageiros (STPP), levando em consideração os diferentes tipos de transportes, é necessário considerar as diversas funções específicas, visando a busca constante do melhoramento operacional e redução dos custos no processo.

Nas ciências sociais, a simulação tem por objetivo prever e ajudar os executivos na tomada de decisão, cuja solução analítica se mostra inviável, com o auxílio de ferramentas computacionais.

A simulação é uma ferramenta de análise que pretende determinar o melhor sistema para ser implementado ou melhorado, permitindo quantificar os efeitos de várias mudanças no mesmo, simulando o sistema real.

No transporte público pode-se utilizar a teoria das filas para analisar as características do sistema, identificando os gargalos, a demora quanto o tráfego, e assim por diante. A simulação por sua vez simula o sistema real para se possa ter certeza que o sistema é adequado para a melhoria

Neste contexto o objetivo deste artigo é analisar características de atendimento aos passageiros que utilizam o serviço de transporte coletivo entre duas cidades Macapá-Santana, por meio da teoria de fila e da simulação, no intuito de propor melhoria e alternativas nos serviços prestados, visando torná-lo mais eficaz.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TEORIA DAS FILAS

Com o crescimento de operações de serviços nos últimos anos, pode-se observar um grande aumento no número de filas de clientes, Alves et al (2013) dizem que é comum encontrar filas em diversos lugares no nosso cotidiano, causando stress e mau humor nas pessoas pelo fato de ter que esperar. A causa da formação das filas é porque a procura por determinado serviço é maior que a capacidade oferecida pelo sistema.

De acordo com Arenales et al. (2007), a teoria das filas aborda basicamente a relação das demandas de um sistema e o tempo de espera (atrasos) sofridos pelos usuários deste sistema. As filas aparecem frequentemente em sistemas de atendimento ao cliente (serviço), como por exemplo em: bancos, supermercados, correios, etc. Em geral, os clientes se deslocam em direção ao atendimento para conseguir um determinado tipo de serviço.

Segundo Andrade (2009) existe diversas características que condicionam a operação de um sistema, ou seja, podem interferir tanto que o desempenho do sistema passa a ser função deles, essas características podem ser classificadas em: forma dos atendimentos, forma das chegadas, disciplina da fila e estrutura do sistema.

As filas são caracterizadas por um processo de chegada (pessoas, veículos, trens e etc.) a um sistema formado por uma ou mais unidades de atendimento de serviço. Essas unidades podem ser atendidas de forma individuais (pedágio, portos, etc.), ou em grupos (pessoas em um elevador, veículos em um semáforo) (BRUNS; SONCIM; SINAY, 2001).

Ackoff e Sasieni (1979) citado por Alves (2013) mencionam que o problema de fila consiste na programação das chegadas ou no fornecimento das instalações, ou ambos, de modo a minimizar a soma dos custos dos clientes em espera e das instalações. Pode-se encontrar filas em gargalos que interrompem e atrasam o processo produtivo, onde tais gargalos funcionam como restrições ao sistema.

A teoria das filas avalia as medidas de desempenho, e de acordo com estimativas

dessas medidas é possível a análise de modelos de decisão em sistemas de filas. É vista como um conjunto de conhecimentos matemáticos aplicado aos fenômenos de filas que tem por objetivo, encontrar um ponto de equilíbrio que satisfaça o cliente, que seja economicamente viável para o servidor e que seja possível prever seus possíveis acontecimentos, tais como, dimensionamento, infraestrutura e quantidade suficiente de equipamentos para satisfazer os clientes (COSTA, 2006).

Toda fila possui uma disciplina, que se caracteriza como um conjunto de regras que determinam a ordem em que os clientes serão atendidos, esse atendimento pode ser feito pela ordem de chegada, primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido (FIFO - *First In First Out*), ou último a chegar é o primeiro a ser atendido (LIFO - *Last In First Out*), e aleatório, isto é, os atendimentos são feitos sem qualquer preocupação com a ordem de chegada e, com prioridade, os atendimentos são feitos de acordo com prioridades estabelecidas (TAHA, 2008).

De acordo com Chase, Jacobs e Aquilano (2004), as filas podem estar dispostas em diversos canais, são eles:

Canal único, fase única: Consiste em um único atendente e uma única fila, sendo o tipo mais simples de estrutura da fila de espera;

Canal único, fases múltiplas: Consiste em um atendente e várias filas, apresentando um fator crítico quanto a quantidade de itens permitidos à frente de cada serviço, constituindo filas de espera separadas;

Canais múltiplos, fase única: Consiste em vários atendentes e uma única fila, possuindo dificuldade nos diferentes tempos de serviço dedicados a cada cliente que resultam em velocidade e fluxo desigual entre as filas, além de alguns clientes serem atendidos antes de outros que chegaram mais cedo;

d) Canais múltiplos, fases múltiplas: Consiste em vários canais e várias filas, sendo este caso similar ao anterior, exceto que dois ou mais serviços são realizados em sequência;

e) Misto: Consiste em duas subcategorias, a estruturas múltiplas para canais únicos, que se encontram tanto as filas que se unem em uma única fila para o serviço de fase única; e a estruturas de caminhos alternativos, que se encontram duas estruturas que diferem nas exigências de fluxo direcional.

A partir das disposições das filas, originaram-se três modelos diferentes de sistemas, são eles: sistema de um canal e uma fila com população infinita, sistema de um fila e diversos canais e sistema de um canal com população finita.

2.3 MODELAGEM E SIMULAÇÃO

Segundo Banks (1998) citado por Fernandes (2012) a simulação resulta da imitação de um processo que se encontra no mundo real, ao longo do tempo. Esta envolve a criação de uma história fictícia do mundo real e da observação da mesma, de modo a obter conclusões sobre as características do funcionamento do mundo real que se encontra representado, ou seja, é utilizada para descrever e analisar o comportamento de um sistema (mundo real).

A simulação é uma técnica de estudo que vem sendo amplamente utilizada nas mais diversas áreas de estudo das Engenharias, devido ao desenvolvimento dos recursos computacionais, que estão cada vez mais capazes de avaliar cenários de crescentes complexidades sem dificultar o seu manuseio (PRADO, 2008; CWHIF E MEDINA, 2010).

Segundo Law (2007), algumas vantagens apresentadas pela simulação são responsáveis pela sua propagação como a possibilidade de descrever com maior precisão um sistema complexo real; estimar o desempenho de um sistema; realizar experimentos, avaliar novas propostas, entre outras.

Muitos softwares de simulação podem ser utilizados, por exemplo, ARENA, PROMODEL, FLEXSIM, entre outros. A simulação computacional fornece à administração/gestão de serviços, segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2010), um laboratório experimental, que possibilita o estudo do modelo de um sistema real, determinando como esse sistema pode reagir às mudanças políticas, de níveis de recursos ou às variações na demanda de clientes.

2.3.1 ARENA

O software de simulação ARENA® surge da fusão do pacote CINEMA com a linguagem SIMAN, em 1993. A linguagem SIMAN, inspirada na GPSS, passa a ser representada de forma gráfica no ARENA, o que proporcionou que se torna-se muito intuitiva.

O ARENA foi projetado para simular sistemas conduzidos por eventos e em particular para analisar os impactos da introdução de alterações ao sistema real (FERNANDES, 2012).

A grande vantagem do software ARENA® reside no fato de possuir a facilidade de utilização em simuladores de alto nível, com a flexibilidade das linguagens de simulação, tudo isto na mesma interface gráfica. Isto se deve ao fato de a modelação ser hierárquica, permitindo a qualquer instante, utilizar a linguagem SIMAN em conjunto com os módulos de nível mais alto de outro modelo. Se existir necessidade, como em algoritmos de decisão complexos ou na recolha de dados de uma aplicação externa, podem-se inserir no modelo pedaços de código em linguagens de programação de alto nível, como Visual Basic, C/C++ ou Java. O Arena possui integração com o Microsoft Office, ou seja, permite a leitura e escrita de dados do Microsoft Office Excel e Microsoft Office Access. Possui uma ferramenta adicional o Input Analyser extremamente rica para estudos de pós-otimização (FERNANDES, 2012).

2.4 TRANSPORTE COLETIVO

Conforme Gouveia (2010) o transporte público de forma geral é um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento de uma sociedade. Seu desenvolvimento em anos recentes, e as perspectivas abertas ao desenvolvimento tecnológico neste setor, fazem do transporte um elemento ativo e progressista, com aperfeiçoamento sistemático.

O sistema de transporte nas áreas urbanas constitui-se tanto como consequência da expansão das áreas habitacionais, como determinante da configuração delas. As cidades têm seu crescimento condicionado pela disponibilidade do transporte. A função básica do transporte é integrar as áreas urbanas dos pontos de vista espacial, econômico, social e recreativo, esses serviços medeiam as relações entre o local de trabalho e o de moradia, permitindo maior fluidez às pessoas (BARAT; BATISTA, 1973). Dentre as funções públicas de interesse comum, a de transporte é vital para a melhoria da mobilidade e acessibilidade dos cidadãos, assim como para o bom funcionamento do setor privado produtivo e das demais funções públicas (NETO, 2004).

Segundo Cardoso (2008) um sistema de transporte coletivo planejado aperfeiçoa o uso dos recursos públicos, possibilitando investimentos em setores de maior relevância social e uma ocupação mais racional e humana do solo urbano, pois exerce papel de fixador do homem no espaço urbano, podendo influenciar na localização das pessoas, serviços, edificações, rede de infraestruturas e atividades urbanas.

De acordo com Vasconcellos (2006) o transporte é uma atividade necessária à sociedade e produz uma grande variedade de benefícios, possibilitando a circulação das pessoas e das mercadorias utilizadas por elas e, por consequência, a realização das atividades sociais e econômicas desejadas. No entanto, este transporte implica em alguns efeitos, aos quais chama-se de impactos.

2.4.1 TIPOS DE TRANSPORTES

Conforme dados da Associação Nacional das empresas de transporte urbano – NTU (2016), 34,4 milhões de passageiros utilizam o serviço do público urbano por dia no Brasil, com uma frota de ônibus de 107.000. Com intuito de dar prioridade ao uso do transporte público coletivo sobre o individual motorizado foi aprovada a nova Lei da Mobilidade Urbana, a Lei Federal 12.587/2012, traz instrumentos fundamentais para garantir sustentabilidade e eficiência nos deslocamentos nas cidades.

Para Reck (2011) estas obrigações legais ou regulamentares impostas pelo Poder Público definem e caracterizam os serviços públicos de transporte de passageiros que são representados:

- Transporte de massa (metrô, trem de subúrbio, bonde ou pré-metrô);
- Transporte coletivo (trólebus, ônibus, micro-ônibus/lotação);
- Transporte individual (táxi).

Denomina-se transporte convencional a linha que executa ambas as funções (captação, distribuição e transporte), conduzindo o usuário sem necessidade de integração operacional (transferência compulsória). Caso haja a necessidade podem ser propostos os serviços complementares, que são aqueles que, uma vez atendidas às necessidades básicas de transporte da população por meio dos serviços regulares, objetivam oferecer aos usuários um (RECK, 2011):

- Transporte opcional envolvendo condições operacionais, tarifas e veículos com características especiais (linhas seletivas ou executivas, por exemplo);
- Transporte específico envolvendo atendimento a grandes pólos geradores de tráfego em dias, horários e itinerários próprios (centrais de abastecimento, centros de compra, integração com estacionamentos periféricos etc.).

A linha seletiva é a linha que presta um serviço complementar ao transporte básico da população, cuja função é atuar como indutora na mudança de hábitos da população, estimulando um maior uso do transporte público; para tanto, tem veículos dotados de equipamentos especiais, apresenta capacidade limitada ao número de passageiros sentados e em geral tem tarifas mais elevadas que as demais (RECK, 2011).

Para o NTU ao priorizar a circulação do ônibus na via urbana significa viagens mais rápidas, confortáveis e seguras, estimula o proprietário do automóvel a migrar para o transporte público e reduz custos ambientais, sociais e econômicos.

Entretanto, de acordo com Gouveia e Ferreira (2010) apud a Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP (2002), para obter êxito no trânsito e transporte, a administração municipal deve entre outros, definir uma política integrada de desenvolvimento urbano e de trânsito e transportes, criar mecanismos que possam garantir a implantação dos projetos que concretizarão essa política e trabalhar com a opinião da comunidade envolvida que, em suma, é a que mais necessita e entende os problemas da cidade.

3. METODOLOGIA

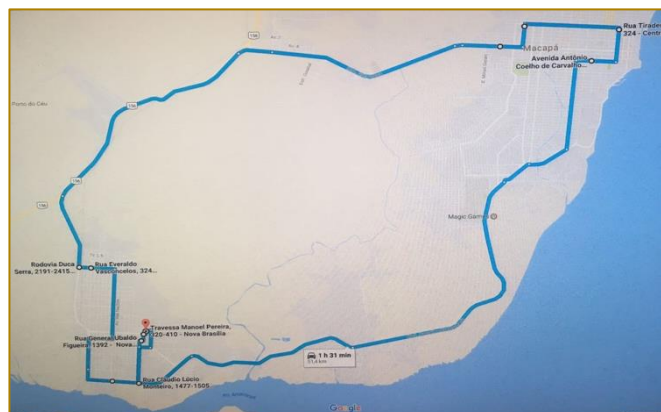
3.1- CARACTERIZAÇÃO DO TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE AS CIDADES

A cidade de Macapá no Estado do Amapá tem uma população de aproximadamente 465.495 e tem como vizinho o município de Santana com uma população de aproximadamente 101.262. As cidades de Macapá e Santana, área de estudo da pesquisa, ocupam espaços contínuos e são, respectivamente, a Capital e a 2ª maior cidade do Amapá, juntas atuam como região indutora do desenvolvimento do Estado e influenciam as dinâmicas econômicas do Amapá, ambas também obter as duas principais entradas das atividades econômicas do Estado, o Aeroporto, localizado em Macapá, e o Porto, localizado em Santana (TOSTES, 2015).

As vias de transporte entre uma cidade e outra são oferecidas em 3 rotas diferentes, todas partindo de Santana e podendo ir via Coração (Rodovia Duca Serra), Fazendinha (Rodovia Juscelino Kubitschek) e KM 9 (Rodovia AP 210). A frota de ônibus que faz rota Santana/Macapá contém 60 ônibus no total. Entretanto o maior fluxo é a rota Santana-Macapá-Santana, via Coração e tendo seu retorno por fazendinha (figura 1), na qual será objeto deste estudo.

Todos os dias a circulação entre as cidades é intensa. Quando o assunto é o transporte público coletivo, muitas problemáticas são percebidas com a demora na espera nas paradas e tempo de deslocamento principalmente em horário de pico.

Figura 1 – Rota Santana-Macapá-Santana, via Coração com retorno via Fazendinha



Fonte: Google Maps

3.2 COLETA DE DADOS

Os dados referentes às rotas diárias do transporte público entre as cidades de Macapá- Santana foram cedidos por uma empresa de transporte público que faz a rota entre os municípios, além de coletados por meio de questionários semiestruturados com funcionários da empresa.

3.3 ANÁLISE DE DADOS

Para a modelagem do sistema de tráfego e análise dos resultados foi necessário a utilização do software ARENA.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO TRANSPORTE PÚBLICO VIA CORAÇÃO

A rota via Coração dispõe de 110 paradas distribuídas no percurso total de 48,9 km em um período de 2 horas, tendo como tempo em média em cada parada de 1 minuto e 30 segundos, e muitas paradas mesmo em horários de picos ficam ociosas. Levando em consideração que os períodos de maior fluxo que são descritos a seguir: Pico Manhã (PM) entre 06h30m e 08h; Pico Almoço (PA) entre 11h30m e 13h; PT – Pico Tarde entre 17h e 19h.

Ao se analisar o processo por meio da teoria das filas, é percebido as seguintes características: a entrada no sistema ocorre em lote, por meio de um único canal de atendimento e o ordenamento da fila é FIFO. Desta forma, o canal de atendimento as vias, o cliente os ônibus e as paradas são atendentes, ordenados através de que o

primeiro ponto da rota será o primeiro a ser atendido. Com a finalidade de propor uma alternativa para essas problemáticas de espera de passageiros em pontos de parada, foi apresentada uma nova linha de transporte.

4.2 PROPOSTA DE MELHORIAS

Com base nos dados analisados no tópico, pode-se observar que há um grande número de paradas e muitas acabam por tornarem-se desnecessárias ou até mesmo ociosas fazendo com que o processo seja mais longo, além de gerar um tempo de espera maior em determinados momentos por conta do tempo total da rota. Como tentativa de solucionar o problema, a empresa poderia dedicar alguns ônibus de sua frota nos horários de maior demanda, que executassem a rota Santana-Macapá-Santana por meio de uma linha complementar via Coração e retorno pela Fazendinha apenas com 8 paradas estratégica com maior fluxo de passageiros, como pode ser visto na figura 1.

A escolha das paradas se dá pela quantidade de passageiros que embarcam e desembarcam nestes pontos nos horários de pico, além ser de fácil acesso para as áreas comerciais, instituições de ensino e distritos.

Pode ser observado que a rota apresentada tem a finalidade tornar o percurso mais rápido, por isso algumas vias não são as mesmas que normalmente são usadas pelo ônibus convencionais com o intuito de evitar congestionamento. Desta forma além de reduzido a possibilidade de engarrafamento nas vias, há também diminuição automaticamente do tempo da rota total existente.

Figura 2: Paradas propostas para o transporte público entre as cidades.

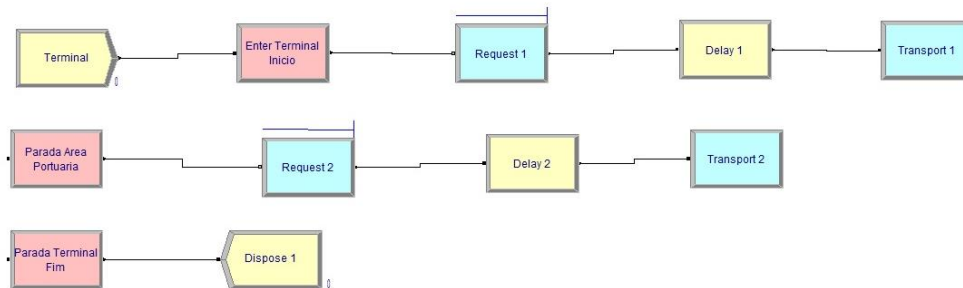
ORDEM	PARADAS	CIDADE
1	Terminal Rodoviário	Santana
2	Área Portuária	Santana
3	Fonte Nova	Santana
4	Coração	Macapá
5	Fama	Macapá
6	Praça Veiga Cabral	Macapá
7	Unifap	Macapá
8	Parque de exposição da Fazendinha	Macapá

Fonte: Elaboração própria

Para que possa ser vista de forma mais clara o processo como todo, foi simulado a

proposta no software Arena, como pode ser observado no modelo a seguir:

Imagem 3: Proposta de simulação



Fonte: Modelo construído no Arena

O modelo iniciou-se com o processo de Create onde será definido a quantidade de entidades 1 (ônibus) por vez e com a frequência de 30 minutos de uma para outra nos horários de picos que serão lançados no sistema. Em seguida, foi adicionado um Station que será o ponto de partida do sistema e as demais paradas agregando valores de espera para atendimento. Sendo adicionado o Request que é a requisição do transporte, ou seja, de um ponto a outro do sistema. Um Delay que corresponde ao tempo de embarque e desembarque de passageiros em determinada estação e o Transport que executa o trabalho de transferência de um local para a estação seguinte. E assim, repetindo-se até a última estação de atendimento, onde será incluído um Dispose finalizando o sistema simulado.

Com base nos fatores de tempo previsto em trânsito, conforme a simulação no ARENA o tempo de atendimento proposto de cada entidade (ônibus) será de aproximadamente 30 segundos no mínimo e no máximo de 1,5 minuto de entrada e saída de passageiros nos coletivos e o tempo em trânsito de acordo com a simulação e respeitando os limites de velocidade, foi previsto de 1 hora, em média,

nos horários de pico e o tempo total da viagem foi de no mínimo 1 hora e 4 minutos e no máximo 1 hora e 12 minutos.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, a simulação computacional é uma ferramenta de grande importância para tomada de decisão além de possibilitar a visualização do sistema real sendo base para propostas de aperfeiçoamento e melhoria do serviço.

O modelo de rota proposto e simulado reduziu o tempo de percurso e espera nas paradas, propondo alternativas otimizadas para a problemática do transporte coletivo entre as cidades de Macapá-Santana em horários de maior fluxo, atendendo os pressupostos da modelagem e simulação de encontrar problemas reais, analisar e simular computacionalmente com o objetivo de encontrar soluções viáveis antes da implantação e sem a necessidade de alterar precocemente o processo.

Desta forma, a alternativa aqui proposta se torna cabível e aplicável para utilização da empresa responsável pelas rotas.

REFERÊNCIAS

[1]. ALVES, Leticia Fernanda Pires et al. Teoria das Filas: Conceitos e Aplicações. Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, 2013. Disponível em: <http://www.pucrs.br/famat/viali/graduacao/producao/po_2/literatura/filas/artigos/3-03.pdf>. Acesso em: 01/01/17

[2]. ANÁLISE DO TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO EM PEQUENAS CIDADES – TUPACIGUARA E SACRAMENTO/MG, disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4458/7798> >. Acesso em: 01/01/17

- [3]. ANDRADE, E. L. Problemas de Congestionamento das Filas. In: ANDRADE, E. L. Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e modelos para análise de decisões. Ed. 4. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Cap. 6, p. 104- 120.
- [4]. ARENALES, Marcos et al. Pesquisa Operacional. 8ª. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- [5]. Associação Nacional das empresas de transporte urbano-NTU (2016). Acesso em: 25 de janeiro de 2017. Disponível em: <http://www.ntu.org.br/novo/AreasInternas.aspx?idArea=7>
- [6]. BARAT, J. & Batista, M. S. N. (1973). Transporte público e programas habitacionais. Pesquisa e Planejamento Econômico, 3, 375-388.
- [7]. BRUNS, Rafael; SONCIM, Sérgio Pacífico; SINAY, Maria Cristina Fogliatti. Pesquisa Operacional: Uma aplicação na teoria das filas a um sistema de atendimento. Rio de Janeiro. Instituto Militar de Engenharia, 2001.
- [8]. CARDOSO, C. E. P. (2008). Análise do transporte coletivo urbano sob a ótica dos riscos e carências sociais. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Serviço Social, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, SP.
- [9]. CHASE, R.B.; JACOBS, F.R.; AQUILANO, N.J. Administração da Produção para a Vantagem Competitiva. 10. Ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2004
- [10]. CHWIF, Leonardo & MEDINA, Afonso C. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações. 3. Ed. rev. São Paulo: Ed. do Autor, 2010.
- [11]. COSTA, Luciano Cajado. Teoria das Filas. Centro Tecnológico/UFMA, 2006. Disponível em: http://www.deinf.ufma.br/~mario/grad/filas/TeoriaFilas_Cajado.pdf. Acesso em: 21/02/2017
- [12]. FERNANDES, Alexandra Cristina Moreira. Simulação de linha de produção usando a Plataforma ARENA. Bragança – 2012.
- [13]. FITZSIMMONS, James A. & FITZSIMMONS, Mona J. Administração de Serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação. 6. Ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2010.
- [14]. Instituto brasileiro de geografia e estatística-IBGE .Acesso em: 15 de janeiro de 2017. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=160060>
- [15]. GOUVEIA, Camilla Ferreira; FERREIRA, William Rodrigues. Mobilidade Urbana em Pequenas Cidades – A Experiência de Sacramento/MG. Revista Eletrônica de Geografia, v.2, n.4, p.34-55, jul. 2010.
- [16]. GOULART, Gleisson Luiz. Avaliação Contínua do Sistema de Transporte Coletivo e suas Empresas Operadoras. CEFET/Belo Horizonte – MG, 2008.
- [17]. LAW, Averill M. Simulation Modeling & Analysis. 4. ed. Boston: Ed. McGraw-Hill, 2007.
- [18]. NETO, O. L. (2004). Um novo quadro institucional para os transportes públicos: condição sine qua non para a melhoria da mobilidade e acessibilidade metropolitana. In E. Santos & J. Aragão (Orgs.), Transporte em tempos de reforma: estudos sobre o transporte urbano (pp. 193-216). Natal: EDUFRN.
- [19]. PRADO, Darci S. Usando o ARENA em Simulação. 3. ed. Belo Horizonte: Ed. INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2008.
- [20]. RECK, Garrone. Apostila Transporte Público. Universidade Federal do Paraná – PR. 2011. Disponível em: www.dtt.ufpr.br/TransportePublicoArquivos/TT057_Apostila.pdf Disponível
- [21]. VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. Transporte e meio ambiente: conceitos e informações para análise de impactos. São Paulo: Edição do Autor, 2006.
- [22]. TARA, H.A. Sistemas de Filas. In: TAHA, H.A. Pesquisa Operacional. Ed. 8. São Paulo: Person Prentice Hall, 2008. Cap. 15, p. 247-270.
- [23]. TOSTES, J A. Arquitetura do Oprimido Parte 14: o custo da segregação espacial urbana na cidade de Macapá. Disponível em <http://josealbertostes.blogspot.com.br/2012/07/arquitetura-do-oprimido-parte-14-o.html>. Acessado em 24/01/2017.
- [24]. TOSTES, José Alberto, Souza, Ana Cláudia Machado e Ferreira, José Francisco Carvalho. PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP <https://periodicos.unifap.br/index.php/pracs> ISSN 1984-4352 Macapá, v. 8, n. 2, p. 149-167, jul./dez. 2015.

Capítulo 14

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BOX-JENKINS E DE MÉTODOS DE SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL NA PREVISÃO DA PRODUÇÃO DE CONCRETO NA REGIÃO NORTE DE SANTA CATARINA

Adriane Pczieczek

Elisa Henning

Carneane Effting

Cesar Eduardo Petersen

Resumo: O concreto é um material largamente utilizado no mundo inteiro e, o seu consumo e demanda estão diretamente relacionados com a situação econômica do país. Estudos mostram que o concreto é o segundo produto mais consumido do mundo, perdendo apenas para o consumo de água potável, e a tendência é de aumento em sua produção. Devido à importância do concreto no setor da construção civil, este estudo busca um modelo adequado para a previsão da demanda de concreto para a região norte de Santa Catarina. O objetivo deste estudo é aplicar a metodologia Box-Jenkins e métodos de suavização exponencial para encontrar o modelo de previsão mais adequado. Constatou-se que, para esta série, o modelo auto regressivo integrado de média móvel ARIMA (1,1,1) apresentou erros menores comparado com os outros modelos analisados. A análise da série apontou para um declínio da produção de concreto entre 2014 e 2016. A previsão realizada com o modelo escolhido indicou um aumento na produção de concreto para a região norte de Santa Catarina.

Palavra-Chave: Concreto, Metodologia Box-Jenkins, Suavização Exponencial

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um material construtivo amplamente disseminado, podendo ser encontrado em diversas obras de engenharia como: pontes, edifícios, usinas hidrelétricas e nucleares, obras de saneamento, etc. Ele se destaca como material construtivo devido a duas propriedades importantes: resistência à água e plasticidade. Diferente do aço e da madeira, o concreto sofre menos deterioração quando exposto à água e permite certa flexibilidade na obtenção de formas construtivas devido a sua plasticidade (PEDROSO, 2009).

O concreto apresenta uma taxa de consumo mundial aproximada de 25 bilhões de toneladas por ano, sendo um dos materiais de construção mais utilizados. Consequentemente, o seu impacto ambiental é significativo em termos de utilização dos recursos naturais e emissões de gases poluentes (GURSEL *et al.*, 2014; BLANKENDAAL; SCHUUR; VOORDIJK, 2014).

O consumo e a demanda de concreto estão diretamente relacionados com a economia financeira do país. Em se tratando de um mercado no qual o poder de compra dos consumidores é fator primordial, os efeitos em seus resultados são rapidamente sentidos na construção civil (MIYAGI, 2009).

A maioria dos estudos sobre o consumo e demanda do concreto está voltada para a análise de séries da indústria do cimento, que para Blankendaal, Shuur e Voordijk (2014) é o componente mais importante do concreto. Uwasu, Hasa e Yabar (2014) analisaram a produção mundial de cimento em vários países no período de 1985 a 2007. A partir de um modelo de regressão concluíram que há uma relação quadrática (*inverted-U*) entre o PIB (Produto Interno Bruto) do país e a produção de cimento. Isto significa que a produção aumenta durante certo período e depois tende a diminuir e estabilizar. Para o Brasil a produção de cimento apresentava uma leve tendência positiva, mas não significativa ao nível de 5%, durante o período de estudo. Este comportamento (*inverted-U*) também foi observado por Cao *et al.* (2017) ao ajustarem modelos não lineares ao consumo de cimento na China no período de 2005 a 2013.

No Brasil, Novaes (2015) apresenta uma revisão da literatura abordando modelos de previsão para este setor. Novaes (2015) ainda avaliou o consumo de cimento dos estados

brasileiros, por meio de um modelo econométrico dinâmico multivariado, utilizando dados de séries temporais. Seus resultados apontam o próprio consumo de cimento defasado justifica a demanda e, para a maioria das regiões, incluindo a região sul, foi prevista uma deterioração para o mercado de cimento a partir de 2016.

Souza *et al.* (2010) aplicaram os modelos de Box-Jenkins e gráficos de controle para realizar a previsão da demanda de cimento no estado do Rio Grande do Sul. O período analisado foi de 1998 a 2008 e o comportamento apresentava um crescimento no consumo ao final da série.

Devido à importância do concreto na indústria da construção civil, este estudo tem como objetivo principal desenvolver um modelo a partir da análise de séries temporais para a previsão da demanda de concreto para a região norte de Santa Catarina. Estudar a demanda do concreto pode auxiliar a obter uma visão mais ampla do que apenas a indústria do cimento. Deseja-se compreender o comportamento da série, a verificação da existência de tendência de crescimento ou queda na produção e variações sazonais. Segundo Simionescu (2012), os métodos de suavização exponencial e os métodos de Box-Jenkins, são dois métodos de previsão quantitativos com bons resultados na prática, sendo assim escolhidos para este trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A previsão de demanda por séries temporais utiliza um conjunto de observações ordenadas no tempo, por meio de modelos descritos e ajustados das variáveis em questão (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Segundo Latorre e Cardoso (2001), uma série temporal, também conhecida como série histórica, consiste em uma sequência de dados obtidos durante um período de tempo específico. Para analisar uma série temporal, inicialmente procura-se modelar o fenômeno estudado para então descrever o seu comportamento e fazer estimativas.

2.1. METODOLOGIA DE BOX-JENKINS

Na análise de séries temporais, a metodologia de Box-Jenkins aplica o modelo Auto regressivo Integrado de Médias Móveis – Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) para encontrar o melhor ajuste da

série tempo, a fim de fazer previsões. Os modelos ARIMA têm como objetivo captar o comportamento da autocorrelação entre os valores da série temporal e realizar previsões baseando-se neste comportamento (MIHAL; MEGHEA, 2011).

Um modelo ARIMA é representado por $ARIMA(p,d,q)$, com p correspondendo ao número de termos auto regressivos; d , o número de vezes que se deve diferenciar uma série antes que ela se torne estacionária e q , o número de termos de médias móveis (GUJARATI; PORTER, 2011; MARTIN *et al.*, 2016).

Estes modelos resultam da combinação de três componentes: o auto regressivo (AR), o filtro de integração (I) e o componente de médias móveis (MA). Nos modelos $AR(p)$ a série é descrita por seus valores passados e pelo ruído aleatório. A componente $MA(q)$ explora a estrutura de autocorrelação dos

resíduos de previsão do período atual com aqueles ocorridos em períodos anteriores. Os modelos ARMA (p, q) apresentam processos mistos AR (p) e MA (q) e se apoiam no pressuposto de que a série é estacionária (HANKE; WICHERN; REITSCH, 2001; GUJARATI, PORTER, 2011). Entretanto, quando a série é não-estacionária é empregada uma componente de integração $I(d)$, resultando então no modelo ARIMA (p, d, q). São tomadas “ d ” diferenças de uma série não estacionária com o objetivo em torná-la estacionária, ou seja, com a média e a variância constantes ao longo do tempo (OLIVEIRA; SOBRINHO, 2009; GUARNIERI *et al.*, 2009).

Para identificar os modelos, são analisadas a função de autocorrelação amostral (ACF) e função de autocorrelação amostral parcial (PACF). Por meio da Tabela 1 pode-se visualizar as informações de identificação dos modelos (MARTIN *et al.*, 2016).

Tabela 1 - Comparativo entre os modelos $AR(p)$, $MA(q)$ e $ARMA(p,q)$

Modelo	Padrão típico ACF	Padrão típico PACF
$AR(p)$	Declina exponencialmente ou com um padrão de onda senóide amortecida ou ambos	Picos significativos até p defasagens
$MA(q)$	Apresentam picos significativos até q defasagens	Declina exponencialmente
$ARMA(p,q)$	Queda exponencial	Queda exponencial

Fonte: Adaptado de Martin et al. (2016) e Gujarati e Porter (2011)

Além destes modelos, existem outras variações como o modelo SARIMA, que é usado para captar a sazonalidade da série (LOURENÇO; NASCIMENTO, 2012).

De acordo com Leroy (2006), a escolha do melhor modelo para a metodologia Box-Jenkins deve seguir os seguintes critérios:

Identificação: análise do comportamento das Funções de Autocorrelação (FAC) e Autocorrelação Parcial (FACP);

Estimação: comparação dos modelos ajustados seguindo o critério da parcimônia;

Checagem: análise dos resíduos. Se os resíduos apresentarem autocorrelação, a dinâmica da série não foi completamente explicada pelos coeficientes do modelo ajustado;

Previsão: as previsões podem ser ex-ante ou ex-post. A previsão ex-ante calcula valores futuros de curto prazo e a previsão ex-post gera valores dentro do período amostral.

2.2. MÉTODOS DE SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL

Os modelos de suavização exponencial representam uma importante ferramenta de previsão, tanto nos negócios quanto na macroeconomia. Esses métodos utilizam dados da própria série para fazer previsões de curto prazo de forma rápida (SBRANA; SILVESTRINI, 2014).

De forma geral, são quatro os métodos mais utilizados na suavização exponencial: Médias Móveis Simples (MMS), Suavização

Exponencial Simples (SES), Suavização Exponencial de Holt (SEH) e Suavização Exponencial Sazonal de Holt-Winters (HW).

O método de Médias Móveis Simples (MMS) é utilizado para séries que não apresentam sazonalidade e nem tendência. Este método adota a suposição que todas as observações são de igual importância, logo o peso atribuído a elas é o mesmo, e as previsões serão a média simples dos dados observados. Para alguns autores, este método não é muito adequado, pois para realizar previsões, acredita-se que as observações mais recentes são de grande importância (MORETTIN; TOLOI, 2006).

O método de Suavização Exponencial Simples (SES) é utilizado em séries sem tendência ou sazonalidade. Este método admite que as observações possuam pesos distintos, sendo atribuídos valores maiores às observações mais recentes. Assim, menores pesos proporcionam previsões mais estáveis (MORETTIN; TOLOI, 2006).

O método de Suavização Exponencial de Holt (SEH) além de suavizar o nível, modela a tendência da série. Assim, para as previsões serão atribuídos pesos para as duas componentes (MORETTIN; TOLOI, 2006).

O método de Suavização Exponencial Sazonal de Holt-Winters (HW) considera a presença de tendência e sazonalidade na série. Este método possui três componentes: nível, crescimento e sazonalidade. A sazonalidade pode ser aditiva ou multiplicativa. Quando o método for aditivo, a sazonalidade é somada à tendência da série; quando o método for multiplicativo, a sazonalidade é multiplicada pela tendência (MORETTIN; TOLOI, 2006).

2.3. AVALIAÇÃO DOS MODELOS DE PREVISÃO

Para a avaliação dos modelos de previsão é necessário fazer o diagnóstico do modelo e analisar os erros. O diagnóstico do modelo consiste na análise dos resíduos, na qual irá informar se o modelo proposto atende as condições estabelecidas. A normalidade dos resíduos pode ser analisada por meio de testes, como por exemplo, o teste de Shapiro-Wilk. A verificação da autocorrelação residual pode ser realizada a partir de gráficos específicos e dos testes Box-Pierce e Ljung-Box. Após comprovada a adequação do modelo através da análise dos resíduos,

determinam-se os erros de previsão. O melhor modelo é aquele que apresentar menor erro (MARTIN *et al.*, 2016).

Dentre os critérios mais utilizados para a seleção de modelos de previsão encontra-se o Akaike's Information Criterion (AIC) e o Bayesian Information Criterion (BIC).

O AIC é uma probabilidade penalizada e por isso requer que a probabilidade seja maximizada antes de poder ser calculada. Não é possível comparar o AIC de um modelo ETS com o AIC de um modelo ARIMA, pois os dois modelos tratam valores iniciais de forma diferentes. Por exemplo, um modelo ARIMA, depois da diferenciação, é calculado com menos observações, já um modelo ETS é calculado sobre um conjunto completo de dados (HYNDMAN, 2013).

O critério BIC penaliza os modelos com muitos parâmetros, sendo um critério de verossimilhança penalizada. Vale ressaltar que o BIC não deve ser utilizado de forma isolada, mas em conjunto com outros parâmetros na comparação dos modelos (LOURENÇO; NASCIMENTO, 2012).

Os índices de erros das previsões mais conhecidos são: o Erro Médio (ME), o Erro Absoluto Médio (MAE), o Erro Quadrático Médio (MSE) e o Erro Médio Percentual Absoluto (MAPE).

O Erro Médio (ME) é considerado a medida de erro simples, todavia é frágil para avaliar um modelo, pois como os erros possuem valores positivos e negativos, a sua soma será próxima de zero. O Erro Absoluto Médio (MAE) considera o erro como uma distância de valor absoluto, sendo mais adequado que o ME para a verificação de um modelo. O Erro Quadrático Médio (MSE) é similar ao MAE, mas ao invés de considerar o erro em termos absolutos, ele utiliza o erro quadrado. Uma desvantagem de usar MSE é que ele valoriza os erros menores e penaliza os métodos que possuem erros um pouco maiores. O Erro Médio Percentual Absoluto (MAPE) é um critério muito utilizado, pois além de considerar os valores absolutos, ele considera os erros em termos percentuais (SOUZA; SAMOBYL; MIRANDA, 2008).

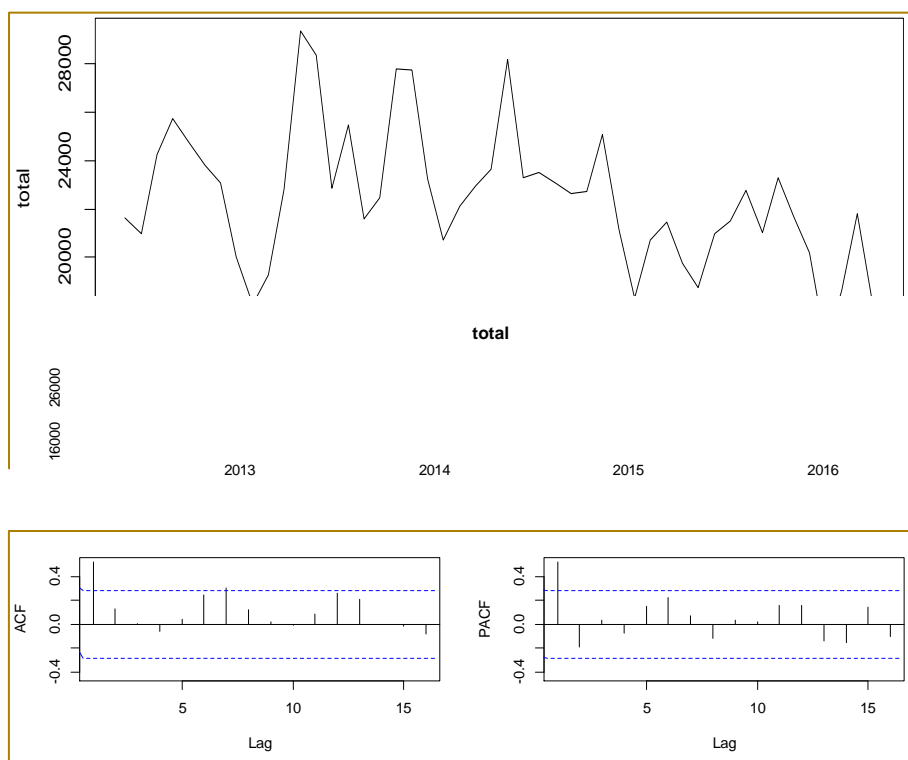
3. METODOLOGIA

Os dados foram obtidos por meio de contatos com empresas fornecedoras de concreto da região. As informações utilizadas neste

trabalho são observações mensais desde maio de 2012 a abril de 2016. A análise estatística foi efetuada com o software R (R CORE TEAM, 2016) com auxílio do pacote *forecast* (HYNDMANN, 2017). Foram analisados os resíduos para verificar a adequação dos modelos e avaliados os erros de previsão. Ao final, um modelo foi escolhido e a partir deste geradas as previsões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A série temporal considerada para o estudo corresponde ao conjunto de observações mensais da produção de concreto da região norte de SC no período de maio de 2012 a abril de 2016. A Figura 1 apresenta o comportamento dos dados ao longo do tempo, bem como os gráficos das funções de autocorrelação amostral (ACF) e autocorrelação parcial (PACF).



Fonte: Os autores (2017)

Por meio da Figura 1, pode-se observar que a série apresenta uma pequena tendência de diminuição a partir de 2015 e não tem sazonalidade. De acordo o correlograma (Figura 1) a série aparenta apresentar autocorrelação.

Pode-se verificar ainda que a produção média de concreto é de 22450 m³/ano. A menor produção ocorreu em janeiro de 2016 com aproximadamente 16000 m³ e a maior produção foi em abril de 2013 com 29380 m³ (Tabela 2).

Tabela 2 – Estatística descritiva

Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
16340	20920	22540	22450	23540	29380

Fonte: Os autores (2017)

Por meio da análise das funções de autocorrelação amostral (ACF) e de autocorrelação amostral parcial (PACF) dois modelos sugeridos para a metodologia de Box-Jenkins são: ARIMA (1,0,1) e ARIMA

(1,1,1). Após o ajuste, foram analisados os valores de AIC e BIC e os erros, para então verificar qual modelo seria mais adequado para a série. Os resultados dos dois modelos encontram-se nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Comparativo entre os modelos ARIMA (1,0,1) e ARIMA (1,1,1)

	ARIMA (1,0,1)	ARIMA (1,1,1)
AIC	888,83	873,75
AICc	889,76	874,31
BIC	896,32	879,30

Fonte: Os autores (2017)

Tabela 4 – Comparativo dos erros entre os modelos ARIMA (1,0,1) e ARIMA (1,1,1)

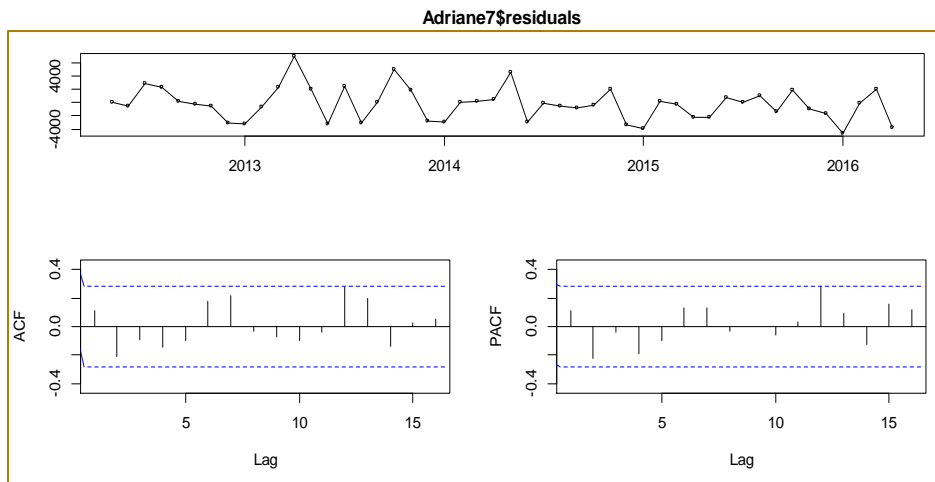
	ARIMA (1,0,1)	ARIMA (1,1,1)
ME	0,844	-224,249
MAE	1821,297	1836,631
MAPE	8,166	8,268
MASE	0,729	0,735

Fonte: Os autores (2017)

A partir desta primeira análise, pode-se dizer que o modelo ARIMA (1,1,1) é o mais adequado, pois apresenta menores valores para os critérios AIC e BIC, além de apresentar menores erros. Mas, além disso, é

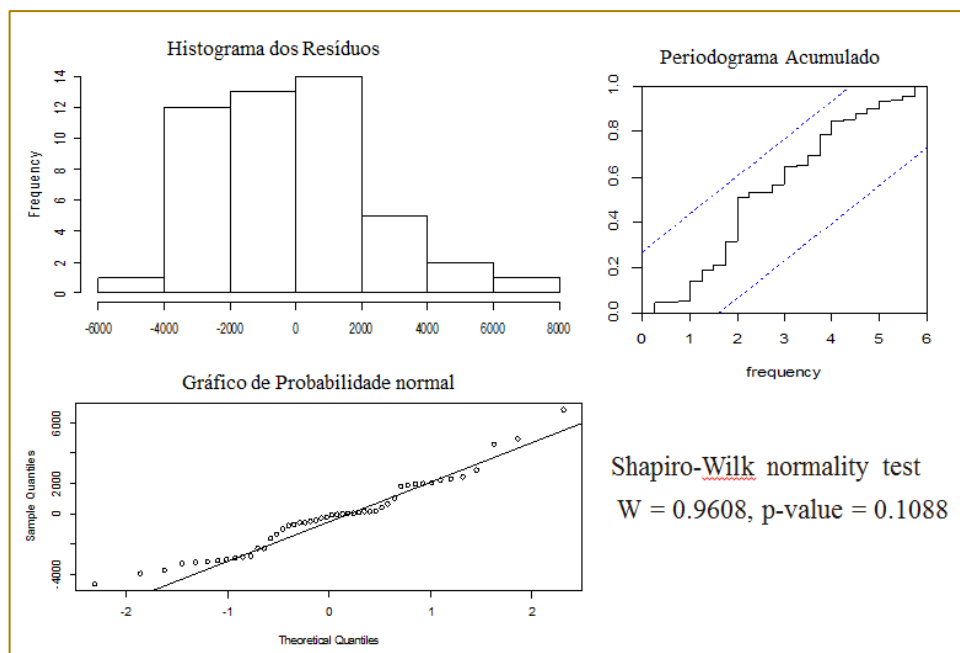
necessário fazer a análise dos resíduos para a verificação do modelo.

As Figuras 2 e 3 mostram o comportamento dos resíduos do modelo ARIMA (1,1,1).



Fonte: Os autores (2017)

Figura 3 – Modelo ARIMA (1,1,1) – Histograma, Gráfico de probabilidade dos resíduos e Periodograma Acumulado



Fonte: Os autores (2017)

Analisando o comportamento dos resíduos do modelo ARIMA (1,1,1), verificou-se que os resíduos não apresentam autocorrelação (Figura 2). Foi aplicado o teste Shapiro-Wilk, que confirma a normalidade dos resíduos para o nível de significância de 5% (p -valor = 0,1088). Por meio do periodograma acumulado (Figura 3), a estatística plotada encontra-se dentro dos limites de confiança, indicando o modelo ser adequado. Logo, o modelo ARIMA (1,1,1) é apropriado, pois os resíduos se apresentam como ruído branco.

Para o Método da Suavização Exponencial, foi aplicado inicialmente o pacote *forecast* que permite gerar automaticamente um modelo de suavização exponencial. O modelo retornado pelo software foi um ETS (M, N, N), ou seja, erro multiplicativo, sem tendência e sem sazonalidade. Na Tabela 5 encontram-se os resultados dos critérios de informação e medidas de erro para este modelo.

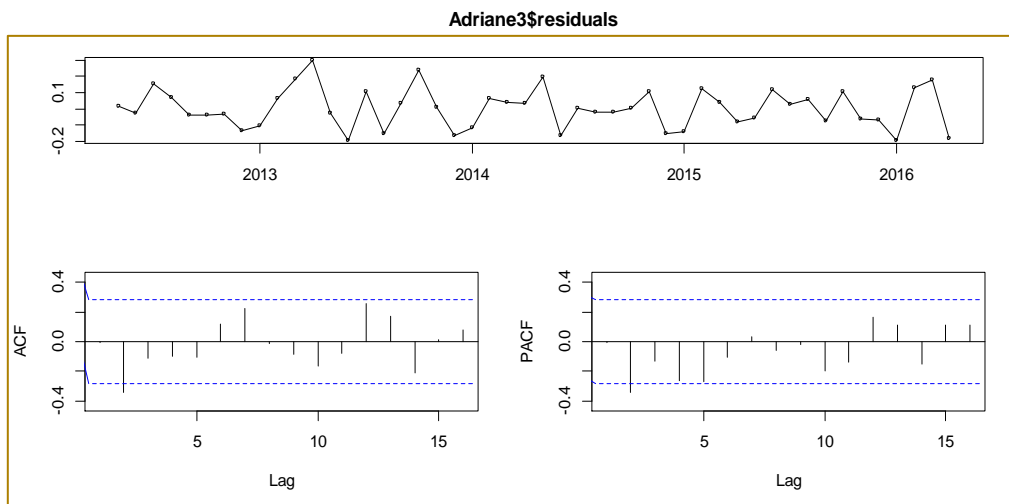
Tabela 5 – Resultados do modelo ETS (M,N,N)

AIC	BIC	MAPE	MASE	ACF1
946,466	950,208	9,722	0,864	-0,026

Fonte: Os autores (2017)

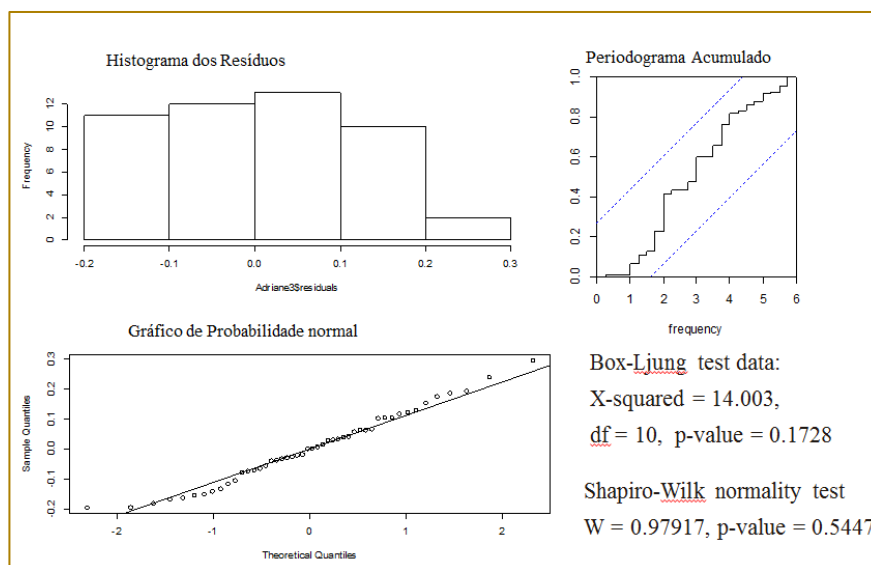
Os resíduos também foram analisados e apresentaram distribuição normal, todavia a ACF e PACF deixa dúvida com relação a presença de autocorrelação. No entanto, por meio dos testes Shapiro-Wilk e Box-Ljung,

além do periodograma acumulado, confirma-se a normalidade e independência dos resíduos. O comportamento dos resíduos está apresentado nas Figuras 4 e 5.



Fonte: Os autores (2017)

Figura 5 – Modelo ETS (M, N, N) – Histograma, Gráfico de probabilidade dos resíduos e Periodograma Acumulado



Fonte: Os autores (2017)

Dentre os modelos analisados, o modelo ARIMA (1,1,1) foi o que melhor representou a série temporal da produção de concreto da região norte de SC e, portanto, o mais indicado para realizar previsões. Assim, a série da produção de concreto não apresenta indícios de uma tendência de crescimento ou retração acentuados, nem tampouco sazonalidade. Observa-se que a partir de 2014 há um declínio na demanda de concreto, talvez associado a recessão na qual se encontra o setor.

A previsão foi feita para seis meses considerando intervalo de confiança de 80% a

95% (Figura 6). Verificou-se que, segundo a previsão pontual, há um pequeno aumento na demanda de concreto. Seus valores observados encontram-se na Tabela 6. Para a continuidade dos trabalhos avaliar uma série mais longa seria recomendável. Assim, os ciclos da economia do país poderiam auxiliar na interpretação dos padrões de demanda. Modelos econométricos podem auxiliar a encontrar características e indicadores regionais que influenciem a produção. Ao final, considera-se importante avaliar se a produção de concreto na região também segue o padrão observado na indústria do cimento.

Figura 6 – Gráfico de previsão

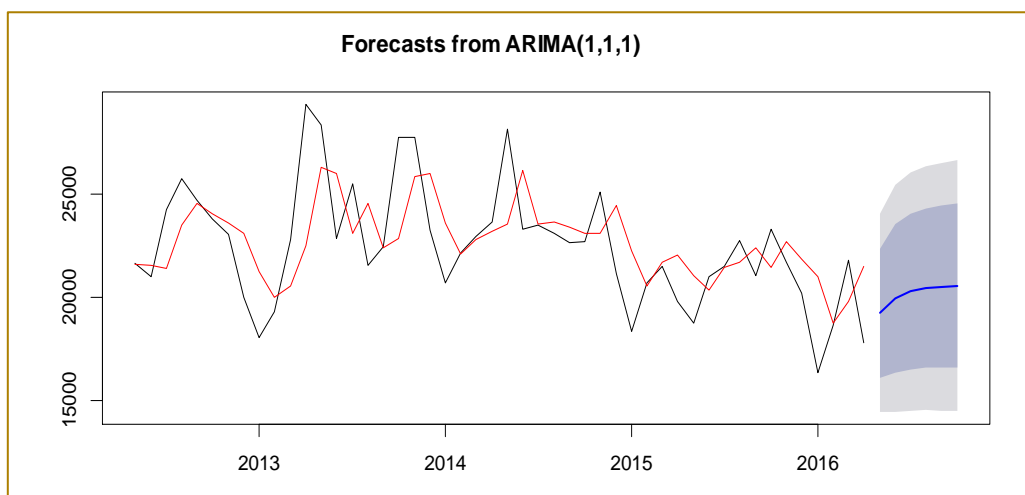


Tabela 6 – Valores das previsões pontuais e respectivos intervalos de confiança

Mês/Ano	Previsão Pontual	80%		95%	
		Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
Mai/2016	19235.69	16097.92	22373.47	14436.88	24034.51
Jun/2016	19937.82	16326.40	23549.24	14414.63	25461.01
Jul/2016	20274.40	16487.07	24061.74	14482.17	26066.63
Ago/2016	20435.75	16558.39	24313.10	14505.84	26365.65
Set/2016	20513.09	16576.22	24449.96	14492.17	26534.01
Out/2016	20550.17	16566.22	24534.11	14457.25	26643.08

Fonte: Os autores (2017)

5. CONCLUSÕES

A partir dos métodos de previsão, é possível encontrar modelos que irão fornecer informações importantes sobre vendas futuras, se existe um acréscimo ou decréscimo na produção de um determinado produto. Neste artigo foram ajustados modelos ARIMA e de Suavização Exponencial aos dados da produção de concreto na região norte de Santa Catarina.

Ao se avaliar as medidas de erro de previsão os resíduos, o modelo ARIMA (1,1,1) foi considerado o mais adequado para a série estudada. A série não apresenta indícios de uma tendência de crescimento ou retração acentuados, nem tampouco sazonalidade. A análise da série apontou para um leve declínio da produção de concreto entre 2014 e 2016. Por meio da previsão, foi possível verificar uma possível tendência de aumento na

produção de concreto para a região norte de SC projetada para o final de 2016.

Para a série temporal de demanda de concreto na região norte de SC, a previsão é importante na tomada de decisões, pois pode servir para escolha de novas estratégias no mercado construtivo. Além disso, os resultados podem auxiliar na gestão de resíduos sólidos da construção civil. Complementa-se que, ao se avaliar a série temporal pode-se identificar padrões que permitam buscar possíveis variáveis explicativas como o PIB, por exemplo, para a construção de um modelo econométrico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas da região pelo fornecimento dos dados.

REFERÊNCIAS

- [1]. BLANKENDAAL, Tom; SCHUUR, Peter; VOORDIJK, Hans. Reducing the environmental impact of concrete and asphalt: a scenario approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 66, p. 27-36, 2014.
- [2]. CAO, Zhi et al. Analysis on major drivers of cement consumption during the urbanization process in China. *Journal of Cleaner Production*, v. 133, p. 304-313, 2016.
- [3]. GUARNIERI, J. P.; SOUZA, A. M.; ALMEIDA, S. G.; SOUZA, F. M.; OLIVEIRA, J. N. D. Análise do Impacto da Crise Econômica na Previsão de Produção de Automóveis no Mercado Brasileiro, via modelos Box & Jenkins. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29, 2009, Salvador. Anais... Salvador/BA, 2009.
- [4]. GUJARATI, D. N.; PORTER, D.C. *Econometria Básica*. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- [5]. GURSEL, A. Petek; MASANET, Eric; HORVATH, Arpad; STADEL, Alex. Life-cycle inventory analysis of concrete production: A critical review. *Cement & Concrete Composites*, v.51, p. 38-48, 2014.
- [6]. HANKE, J. E.; WICHERN, D.; REITSCH, A. *Business Forecasting*. 7.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- [7]. HYNDMAN, Rob. Facts and fallacies of the AIC. *R-bloggers*. 2013. Disponível em: <<http://www.r-bloggers.com/facts-and-fallacies-of-the-aic/>>. Acesso em: 04 jul. 2016.
- [8]. HYNDMAN, Rob. 2017. forecast: Forecasting functions for time series and linear models. R package version 8.0. Disponível em: <<http://github.com/robjhyndman/forecast>>. Acesso em 28/04/2017.
- [9]. LATORRE, Maria do Rosário Dias de Oliveira; CARDOSO, Maria Regina Alves. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v.4, n.3, p. 145-152, 2001.
- [10]. LEROY, Felipe Lacerda Diniz. Projeção do preço future de uma ação da Usiminas: uma abordagem econométrica. *Revista da Faculdade de Ciências Administrativas de Curvelo*, p. 37-60, 2006.
- [11]. LOURENÇO, Isaac dos Santos; NASCIMENTO, Luis de Oliveira. Métodos de previsão aplicados a uma série de volume de produção de caminhões. 2012. 64f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Métodos Estatísticos Computacionais). Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2012.
- [12]. MARTIN, Amanda Caroline; HENNING, Elisa; WALTER, Olga Maria Formigoni Carvalho; KONRATH, Andrea Cristina. Análise de séries temporais para previsão da evolução do número de automóveis no Município de Joinville. *Revista ESPACIOS*. V.37, n.6, 2016.
- [13]. MIHAL, Mihaela; MEGHEA, Irina. Box Jenkins methodology applied to the environmental monitoring data. *Applied Sciences*, v.13, p. 74-81, 2011.
- [14]. MIYAGI, Samara. Concreto: material construtivo mais consumido no mundo. *Revista concreto e construções*. n°53, São Paulo: IBRACON, 2009. p.20-22.

- [15]. MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. Análise de Séries Temporais. São Paulo. Ed Edgar Blucher, 2006.
- [16]. NOVAES, Maria Eduarda Pereira dos Santos. Monografia. Insper - Insper Instituto de Ensino e Pesquisa Faculdade de Economia e Administração. São Paulo. Históricos e perspectivas: qual o potencial de expansão para o mercado de cimento?. 2015.
- [17]. OLIVEIRA, A. M. B.; SOBRINHO, M. J. V. M. Previsão de preço de venda da uva Itália e da manga Tommy produzidas no vale do São Francisco via análise de séries temporais: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29, 2009, Salvador. Anais... Salvador/BA, 2009.
- [18]. PEDROSO, Fábio Luís. Concreto: material construtivo mais consumido no mundo. Revista concreto e construções. n°53, São Paulo: IBRACON, 2009. p.14-19.
- [19]. R CORE TEAM. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>. Acesso em 28/04/2017.
- [20]. SBRANA, Giacomo; SILVESTRINI, Andrea. Random switching exponential smoothing and inventory forecasting. International Journal of Production Economics, v.156, p. 283-29, 2014.
- [21]. SIMIONESCU, Bratu Mihaela. Predicting Macroeconomic Indicators in the Czech Republic Using Econometric Models and Exponential Smoothing Techniques. South East European Journal of Economics and Business, v.7, n.2, p. 89-99, 2012.
- [22]. SOUZA, G. P.; SAMOHYL, R. W.; MIRANDA, R. G. Métodos Simplificados de Previsão Empresarial. Rio de Janeiro. Ed Ciência Moderna, 2008.
- [23]. UWASU, Michinori; HARA, Keishiro; YABAR, Helmut. World cement production and environmental implications, Environmental Development, v. 10, p. 36-47, 2014.

Capítulo 15

CERTIFICAÇÃO COMPULSÓRIA DE PRODUTO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE COLCHÕES E COLCHONETES DE ESPUMA

Samanta da Silva Neri Gomes

Liliane da Costa Dias

Rodrigo Matos Rodrigues Leite

Herlander Costa Alegre da Gama Afonso

Resumo: Recentemente, o segmento de colchão e colchonete de espuma flexível de poliuretano foi imposto à certificação compulsória pelo INMETRO, devido a diversas solicitações e relatos referentes a problemas relacionados ao colchão de espuma. A certificação compulsória de produto, a qual os colchões são submetidos atualmente, representa a adoção por parte do segmento industrial, de um conjunto de medidas exigidas por um órgão regulamentador, que ateste que o produto objeto da regulamentação atende aos requisitos mínimos de desempenho. O objetivo desse mecanismo é avaliar a conformidade de produtos a características de desempenho especificadas em documentos normativos. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta um estudo de caso em uma empresa de grande porte do setor de colchões e colchonetes de espuma flexível de poliuretano, avaliando os impactos da certificação causados neste segmento. Utiliza-se a cadeia de valor de Porter para identificar as atividades relevantes estrategicamente e verificar como elas se comportam quando relacionadas às exigências da certificação. Como contribuições do trabalho foram identificadas impactos significativos no processo produtivo, nas características do produto, nas estratégias mercadológicas, entre outros aspectos da unidade de análise.

Palavras-chave: Avaliação da conformidade, certificação de produto, cadeia de valor, colchões e colchonetes de espuma

1. INTRODUÇÃO

O tema Avaliação da conformidade surge num contexto, onde as questões técnicas e o desenvolvimento dos níveis de qualidade e competitividade são considerados uma questão estratégica.

Neste sentido, para as organizações a certificação de produto promove a busca contínua pela melhoria da qualidade. As empresas que adotam este procedimento, concentram-se em assegurar a qualidade dos seus produtos, processos e serviços, beneficiando-se com a melhoria da produtividade e o aumento da competitividade (ABNT, 2016).

Os principais mecanismos de avaliação da conformidade praticados no Brasil são a certificação, a etiquetagem, a declaração da conformidade do fornecedor, a inspeção e o ensaio (INMETRO, 2015).

A certificação de produto torna-se compulsória, quando um produto, por estar em desacordo com os requisitos da norma, puder afetar a saúde ou a segurança do consumidor. Como exemplo, têm-se a certificação de preservativo masculino, extintor de incêndio, botijão de GLP, capacete e brinquedo (INMETRO, 2015).

Este trabalho se propõe a identificar e avaliar os impactos em uma organização da indústria de colchões e colchonetes quando submetida à certificação compulsória de seus produtos. A pesquisa foi realizada por meio de um estudo de caso em uma única unidade de análise, no caso, uma produtora de colchões e colchonetes de espumas flexíveis de poliuretano.

A pesquisa está dividida em sete seções além desta. Nas seções 2, 3 e 4 são abordadas a metodologia da pesquisa e a revisão da literatura a cerca dos seguintes assuntos: avaliação da conformidade e Cadeia de Valor de Porter. A quinta seção contém caracterização da unidade de análise. A sexta seção apresenta o mapeamento dos impactos na cadeia de valor, a análise dos dados e discussão dos resultados obtidos. A última

seção explicita as conclusões obtidas pelo estudo e as propostas para futuras pesquisas.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa se caracteriza como exploratória, devido à necessidade de se aprofundar no tema e torná-lo mais explícito, ou seja, definir o tema com maior precisão e proporcionar uma nova visão do problema abordado (GIL, 2010).

De acordo com Seltiz *et al.* (1967 apud Gil, 2010), em uma pesquisa exploratória, a coleta de dados geralmente envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que possuam experiência prática na área e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Nesta pesquisa, adotou-se a pesquisa documental, a observação direta e entrevista. A cadeia de valor de Porter foi a ferramenta utilizada para nortear a coleta de dados identificar as atividades realmente importantes estrategicamente e verificar como elas se comportam quando relacionadas às exigências da certificação.

A pesquisa documental envolveu a consulta a normas, portarias, manuais, procedimentos, artigos e dissertações sobre o tema e documentos específicos relacionados à unidade de análise, como procedimentos operacionais, manual da qualidade, organogramas, mapeamentos de processos e controles operacionais.

A percepção dos gestores foi obtida por meio de uma entrevista semi estruturada com perguntas previamente elaboradas, porém aberta a perguntas adicionais aplicadas aos gestores da organização. As perguntas foram baseadas nos requisitos exigidos pela Portaria 79 para cada função da cadeia de valor de Porter identificado na organização. As entrevistas ocorreram entre os meses de março e abril de 2016.

Ao todo foram dez entrevistados, sendo nove gestores que correspondem às nove funções genéricas de Porter, e um a coordenadora da qualidade que deu uma visão geral do processo. O perfil das pessoas que foram entrevistadas encontra-se Quadro 1.

Quadro 1: Perfil do entrevistado

Cargo do entrevistado	Área entrevistada	Perfil do entrevistado
Gerente Geral	Administrativo	Administrador de empresas. Atua na empresa há 10 anos.
Designer	Desenvolvimento de Produto	Tecnólogo em processos Químicos. Atua na empresa há 5 anos.
Coordenadora de RH	RH	Psicóloga. Atua há 2 anos na empresa.
Gerente de Suprimentos	Compras	Administrador de Empresas. Atua há 1,5 anos na empresa.
Representante da Direção e Inspetor	Almoxarifado	Técnico em eletrônica. Atua na empresa há 2 anos.
Gerente de produção	Produção	Engenheiro de Produção. Atua há 3 anos na empresa.
Gerente de vendas Franquia	Vendas	Administrador de Empresa. Atua há 5 anos na empresa.
Gerente Executivo	Expedição	Administrador de Empresas. Atua há 2,5 anos na empresa.
Encarregada do SAC	Pós Venda	Ensino Médio Completo. Atua há 1 ano na empresa
Coordenadora da Qualidade	Geral	Químico. Atua há 1 ano na empresa

Fonte: Elaboração do Autor, 2016

3. AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE

Avaliação da Conformidade é um processo sistêmico, com regras pré-estabelecidas, avaliado periodicamente com o intuito de assegurar que um produto, processo, serviço ou pessoa atendam a requisitos definidos em normas e regulamentos, sem se tornar um problema para a produção, nem envolver mais recursos do que aqueles que a sociedade está disposta a pagar (INMETRO, 2015). A avaliação da conformidade de serviços, processos e pessoas não fazem parte do escopo deste artigo.

A avaliação da conformidade pode ser classificada quanto ao agente econômico e quanto ao campo de aplicação (INMETRO, 2015). Quanto ao campo de aplicação, ela é classificada como Voluntária ou Compulsória.

Quanto ao agente econômico, a avaliação da conformidade pode ser descrita como:

- Avaliação da conformidade de primeira parte: é realizada pela pessoa ou organização que fornece o objeto, normalmente pelo próprio fabricante;

- Avaliação da conformidade de segunda parte: é realizada por uma pessoa ou uma organização que faz uso do objeto;

- Avaliação da conformidade de terceira parte: é realizada por uma pessoa ou uma organização imparcial, que não possui vínculo ou interesse com o fornecedor do objeto nem com o usuário desse objeto (CNI, 2002).

De acordo com ASSALIM (2010), três elementos participam da certificação por terceira parte: normas, órgãos certificadores e organismos acreditadores. No Brasil, o único organismo acreditador é o INMETRO, enquanto a ABNT estabelece e traduz as normas e a certificação é realizada por empresas privadas e estatais.

Os principais mecanismos de avaliação da conformidade utilizados no Brasil são: a certificação, a declaração da conformidade do fornecedor, a inspeção, a etiquetagem e o ensaio. Aspectos como características técnicas, volume de produção, localização geográfica, índice de falhas, inovações do setor, bem como aspectos legais, sociais e financeiros, impacto do produto na sociedade e complexidade no acompanhamento do

produto irão influenciar na escolha de um ou mais mecanismos de avaliação (ISO, 2010). O mecanismo que se aplica a essa pesquisa é a certificação.

Segundo NBR ISO/IEC 17000, a certificação consiste na emissão de um documento realizada por terceira parte, isto é, por uma organização independente, que afirma o atendimento a requisitos especificados por um produto, processo, sistema ou pessoa. A certificação também é chamada, algumas vezes, de registro e pode ser aplicada a todos os objetos de avaliação da conformidade, com exceção aos organismos certificadores, para os quais se aplica a acreditação (ABNT, 2006).

As certificações podem ser aplicadas com base em oito modelos específicos de processo. Segundo INMETRO (2015), existem sete modelos mais utilizados, porém para o entendimento deste trabalho basta apenas conhecer o modelo 5, que é o modelo aplicado no caso da certificação de colchões.

No Modelo 5, a avaliação ocorre por meio de ensaio de amostras retiradas alternadamente no fabricante e no comércio, e contempla também a Avaliação e Aprovação do Sistema da Qualidade do Fabricante, acompanhando

as medidas tomadas para manutenção do Sistema de Gestão da qualidade, realização de ensaios e auditorias e os controles de qualidade feitos no chão de fábrica.

Pode se dizer que os programas de avaliação da conformidade compulsórios têm dois documentos de referência: Requisitos Técnicos da Qualidade (RTQ) e o Registro de Avaliação da Conformidade (RAC). O objetivo principal deste regulamento é definir como será avaliada a conformidade do produto, quais requisitos devem ser atendidos, e qual é o desempenho esperado do objeto em avaliação (GIOVANETTI, 2013).

A portaria 79 é o ponto de partida, é o primeiro documento regulatório referente ao processo de certificação. Ela define as normas que devem ser seguidas, estabelece os prazos para adequação, destaca que o foco é o desempenho dos produtos, cita os requisitos em exigência e descreve cada etapa do mecanismo de avaliação. (BRASIL, 2011).

Os requisitos da ISO 9001:2008, estabelecidos na Portaria nº 79 e que compõem a auditoria de produto no modelo 5, são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Requisitos da ISO 9001 exigidos pela Portaria 79

REQUISITOS DO SGQ	ABNT NBR ISO 9001
Controle de documentos	4.2.3
Controle de registros	4.2.4
Comunicação com o cliente	7.2.3
Processo de Aquisição	7.4.1
Verificação do produto adquirido	7.4.3
Controle de produção e prestação de serviço	7.5.1
Identificação e rastreabilidade	7.5.3
Preservação do produto	7.5.5
Controle de equipamento de monitoramento e medição	7.6
Satisfação do cliente	8.2.1
Monitoramento e medição de produto	8.2.4
Controle de produto não conforme	8.3
Ação corretiva	8.5.2
Ação preventiva	8.5.3

Fonte: PORTARIA 349, 2015.

Já os métodos para a realização dos ensaios estão definidos na norma NBR 13579-1 e 2 (ABNT, 2011b). E as informações obrigatórias referente a etiquetagem de produtos têxteis estão no Regulamento Técnico Mercosul de Etiquetagem de produtos têxteis.

Considerando a necessidade de esclarecer questões que a portaria 79 não deixava claro, no dia nove de julho de 2015, foi publicada a Portaria 349, a fim de promover ajustes no

processo de avaliação em função das revisões das normas, da emissão da Portaria 79 e da própria experiência adquirida durante a implantação do processo de certificação (BRASIL, 2015). A portaria 349 também estabeleceu novos prazos para esses ajustes.

Todas as normas utilizadas durante o processo de certificação são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3: Identificação das normas envolvidas no processo de certificação

Identificação da Norma	Assunto
Portaria n.º 79, de 03 de fevereiro de 2011	Estabelece os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Colchões e Colchonetes de Espuma Flexível de Poliuretano
ABNT NBR 13579 – 1:2011	Define os métodos e requisitos para os resultados dos ensaios, testes de espuma e estrutura de madeira obrigatórios pela portaria.
ABNT NBR 13579 – 2:2011	Define os métodos e requisitos para os resultados dos ensaios e testes de revestimento obrigatórios pela portaria.
NBR ISO 9001:2008	Modelo de Gestão de Qualidade (apenas os requisitos no modelo 5 de certificação de produto conforme Quadro 7).
Regulamento Técnico Mercosul sobre Etiquetagem de Produtos Têxteis	Padronização do conteúdo de informações que devem constar nas etiquetas
Portaria n.º 349, de 09 de julho de 2015	Aprovar os ajustes e esclarecimentos à regulamentação de colchões e colchonetes de espuma flexível de poliuretano, aprovado pela Portaria Inmetro n.º 79/2011

Fonte: Elaboração do Autor, 2016

4. CADEIA DE VALOR DE PORTER

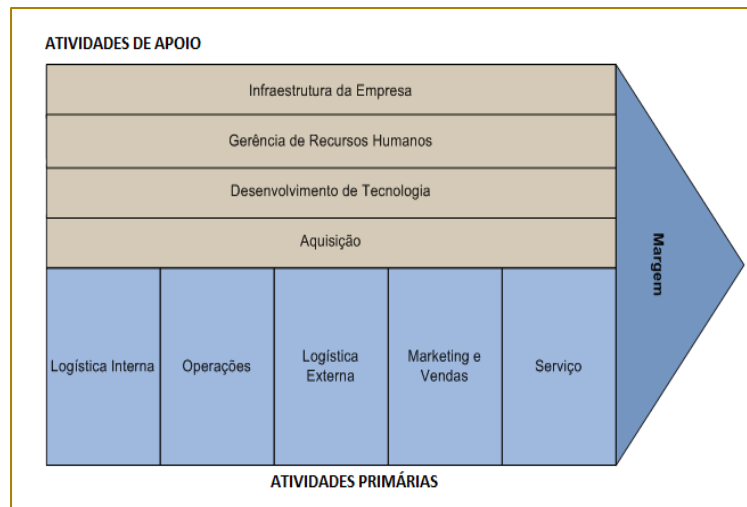
Para Porter: toda empresa é composta por conjunto de tarefas que são executadas para projetar, fabricar, comercializar, distribuir e sustentar seu produto. E todas estas atividades podem ser representadas, através de uma cadeia de valores (PORTER, 1989).

A cadeia de valor permite que a organização conheça como está estruturado o processo de formação do valor do bem ou serviço, como esse valor é inserido ao processo e como isso é percebido pelo comprador. Como a organização se relaciona com outros agentes econômicos presentes no mercado e quais seriam os fatores que impactariam no custo ao longo da cadeia (SILVA, 2002).

Bastos (2014) também considera que a análise da cadeia de valor é uma forma de se avaliar, dentro de uma organização, o conjunto de atividades existentes que de fato agregam valor ou podem desencadear uma série de vantagens competitivas. O referido autor destaca que o objetivo da cadeia de valor é separar as atividades realmente importantes estrategicamente e verificar como elas se comportam quando relacionadas ao custo e como fontes de diferenciação.

Segundo Porter (1989), a cadeia de valores de toda empresa é formada de nove funções genéricas de atividades reunidas de formas características. Essas atividades podem ser representadas por meio de uma cadeia de valor genérica, conforme a Figura 1.

Figura 1: A cadeia de valores genérica



Fonte: Porter, 1989.

Conforme a Figura 1, a estrutura das atividades da cadeia de valor podem ser divididas em dois tipos gerais: as atividades primárias e as atividades de apoio.

As atividades primárias estão relacionadas a fabricação, comercialização e distribuição de um produto, e seus serviços após a venda. Já as atividades de apoio sustentam as atividades primárias para que as mesmas possam ser realizadas, fornecendo recursos de materiais, humano e tecnológico.

Megliorini e Souza (2011) enfatizam a importância de se diferenciar cadeia de valor interna e externa. Para os autores, cadeia de valor externa é formada pelo conjunto de atividades realizadas entre a organização, os seus clientes e fornecedores. Enquanto, que Hansen e Mowen (2001) definem cadeia interna de valor como os elos desenvolvidos internamente pela empresa.

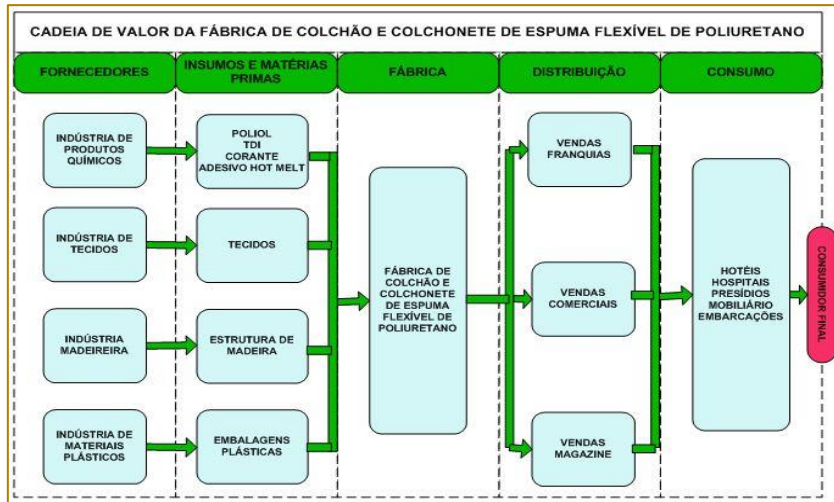
5. CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISE

A unidade de análise é uma empresa que atua no mercado de colchões e está situada na cidade do Rio de Janeiro, ocupando uma área de 15.000 m². Ela conta atualmente com 800 funcionários. Seu principal mercado envolve o estado do Rio de Janeiro e parte dos estados de São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais, com a produção média de 66.000 colchões por mês. A empresa iniciou suas atividades em 1975, especializando-se exclusivamente na fabricação de colchões.

Além da unidade de fabricação no estado do Rio de Janeiro, a unidade de análise possui mais 15 fábricas localizadas nos principais polos industriais do Brasil. Sendo onze fábricas destinadas à fabricação de colchão e quatro fábricas para fabricação de matéria-prima, como: mola, tecidos, estrutura de madeira.

A Figura 2 apresenta a relação da organização com os seus fornecedores e o mercado externo tendo como referencia os colchões e colchonetes de espuma.

Figura 2: Cadeia de valor da fábrica de colchão e colchonete de espuma flexível de poliuretano



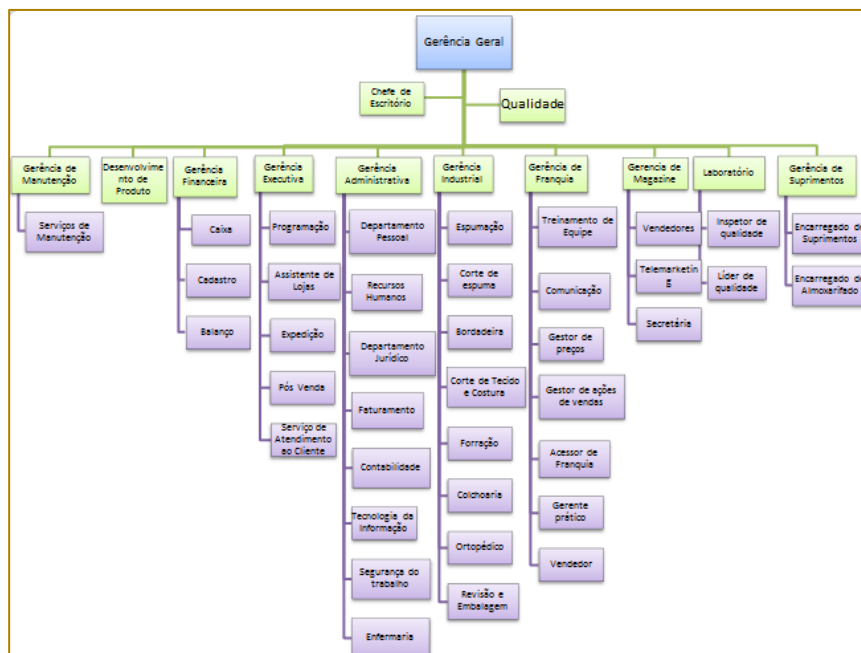
Fonte: Elaboração do autor, 2016.

Dessa forma, todas as atividades relacionadas a adequação da espuma terão impactos ou na unidade de análise, ou nas demais organizações do grupo. Os principais clientes da empresa são hotéis, hospitais, presídios, lojas de móveis, embarcações. Para alcançar esses consumidores, a empresa utiliza como rede de distribuição

franquias, vendas industriais, vendas comerciais direcionada a loja de móveis e grandes *magazines*, cada um destinado a um mercado específico.

Para atender esse mercado a organização conta com uma ampla estrutura organizacional, conforme observado na Figura 3.

Figura 3: Organização Industrial



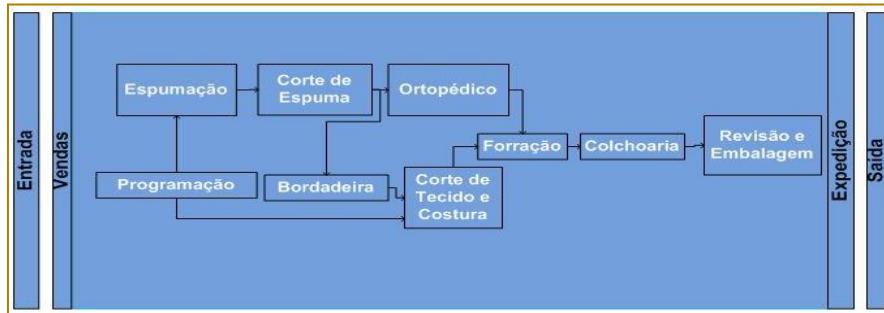
Fonte: Elaboração do autor, 2016.

5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

A fábrica trabalha com um sistema de produção puxado, ou seja, só produz o que já

foi vendido para o cliente. O processo produtivo é apresentado na Figura 4.

Figura 4: Fluxograma - Processo orientado ao produto



Fonte: Elaboração do autor, 2016.

O tempo da data em que gerou a ordem de produção até a chegada do produto na expedição, dura aproximadamente três dias. No primeiro dia, ocorre a programação da produção, no segundo dia a espumação e preparação do tecido (corte, costura e bordado), e no terceiro dia ocorre a finalização dos colchões, que inclui: a forração das espumas ou madeira para colchões ortopédicos, a costura dos revestimentos na colchoaria e a revisão e embalagem.

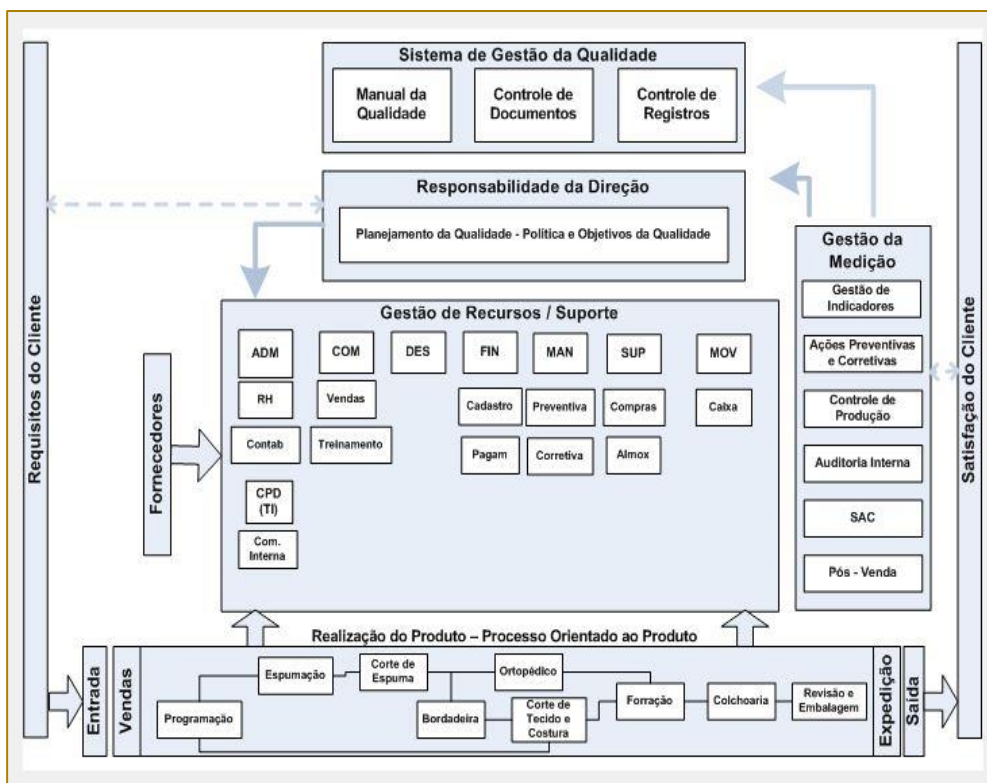
Identificação dos requisitos normativos obrigatórios por meio do mapeamento da cadeia de valor

A identificação dos impactos da certificação compulsória na unidade de análise foi realizada em duas partes. A primeira trata do mapeamento da cadeia de valor e pode ser observada na subseção 5.2.1. A segunda parte faz a relação dos requisitos dos documentos que regulamentam a fabricação do produto considerado e está descrita na seção 5.2.2.

Identificação das atividades da cadeia que agregam valor

No macrofluxograma apresentado na Figura 5, extraído do manual da qualidade da organização é possível identificar todas as atividades da cadeia de valor da unidade de análise segundo Porter (1989).

Figura 5: Macrofluxograma da unidade de análise

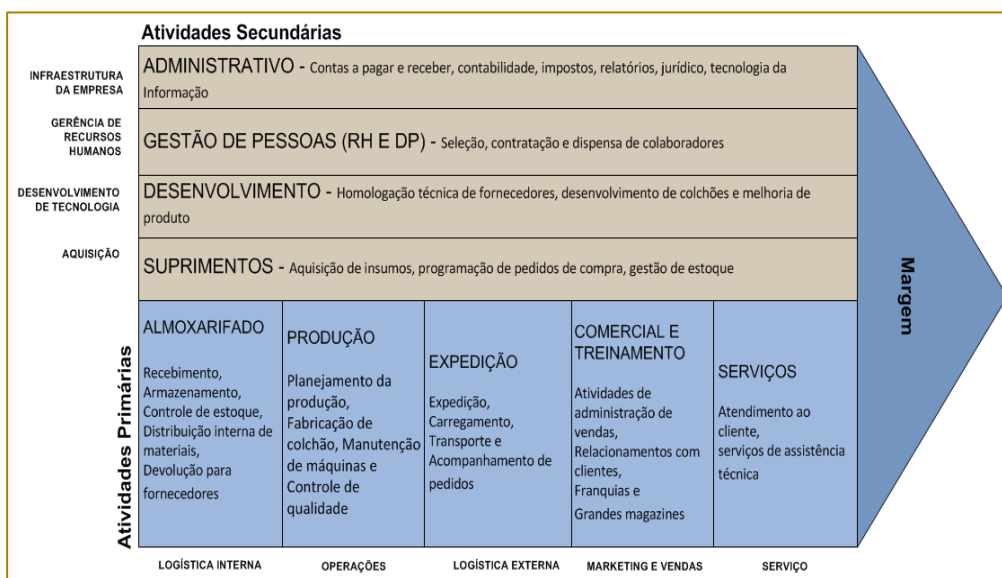


Fonte: Manual do SQG, 2015.

A partir do macrofluxograma, as funções genéricas de Porter foram relacionadas e a denominação da função na unidade de

análise foi identificada. Estas informações foram sintetizadas e apresentadas na Figura 6.

Figura 6: Cadeia de valor da unidade de análise



Fonte: Elaboração do autor, 2016.

Na Figura 6 a aplicação das atividades primárias e secundárias na unidade de análise são apresentadas ao lado de cada função. Foi avaliado como cada função do modelo genérico de Porter é caracterizada, como as atividades estão estruturadas, se existe procedimento formalizado para cada atividade, se há provisionamento de recursos humanos e instalações físicas, como as atividades em relação à função são realizadas e com que frequência são realizadas (se são constantes ou eventuais). Foi observado durante a pesquisa que todas as atividades da cadeia são realizadas de forma periódica com procedimentos formalizados e recursos dedicados, incluindo estrutura física.

5.2 IDENTIFICAÇÃO DOS REQUISITOS OBRIGATÓRIOS NA CADEIA DE VALOR

A associação entre cada documento normativo, função de negócio e requisitos obrigatórios foi realizada pelos autores com a ajuda de um representante da organização. O mapeamento resultante é apresentado nos Quadros 4 e 5, divididos entre atividades secundárias e primárias. As normas de referencia para identificação dos requisitos são: ABNT NBR 13589-1 e 2, NBR ISO 9001:2008, Portaria 349 e Portaria 79.

Quadro 4: Identificação dos requisitos obrigatórios nas atividades primárias da cadeia de valor

Funções Genéricas do Modelo de Porter (1989)	Identificação da Norma	Mapeamento entre funções e normas
Primárias		
Almoxarifado	NER ISO 9001 (Requisito 7.4.3)	Recomenda que a organização defina critérios para realização de inspeção ou outra atividade que assegure que o produto adquirido corresponde ao produto solicitado.
	Portaria 349	Estabelece que laudos de ensaios fornecidos pelo fabricante do revestimento podem ser apresentados para fim de demonstração da conformidade.
Produção	Portaria 79	Define os ensaios a serem realizados.
	AENT NBR 13579 – 1	Define os métodos e requisitos para os resultados dos ensaios e testes de espuma e estrutura de madeira obrigatórios pela portaria.
	AENT NBR 13579 – 2	Define os métodos e requisitos para os resultados dos ensaios e testes de revestimento obrigatórios pela portaria.
	NER ISO 9001 (Requisito 7.5.1, 7.5.3, 7.6)	Estabelece os requisitos de calibração, identificação, rastreabilidade e tratamento de produto não-conforme.
	Portaria 349	Define as características mínimas construtivas de um colchão.
Expedição	Portaria 79	Prazos para importação, fabricação, comercialização pelo fornecedor sem a utilização do selo de conformidade.
	NER ISO 9001 (Requisito 7.5.5)	Preservação do produto durante o processamento interno e a entrega.
Comercial e Treinamento	Portaria 79	Prazos para comercialização no varejo sem a utilização do selo de conformidade.
	AENT NBR 13579 – 1	Determina as informações mínimas obrigatórias para as etiquetas com as especificações das reais características dos colchões.
	NER ISO 9001 (Requisito 7.2.3)	Comunicação com os clientes com relação as informações sobre produtos, contratos e pedidos.
	Portaria 349	Coibir práticas enganosas na denominação do produto. Esclarecer quais tipos de colchões e componentes são avaliados pelo programa de certificação, e devem apresentar o selo de conformidade. Novos prazos para adequação.
Pós – Venda	Portaria 79	Estabelece requisitos para tratamento de reclamações de clientes.
	NER ISO 9001 (Requisito 8.2.1)	Determina que a organização monitore a percepção do cliente sobre o atendimento ou não aos requisitos solicitados.

Fonte: Elaboração do autor, 2016.

Quadro 5: Identificação dos requisitos obrigatórios nas atividades secundárias da cadeia de valor

Funções Genéricas do Modelo de Porter (1989)	Identificação da Norma	Mapeamento entre funções e normas
Atividades Secundárias		
Suprimentos	NBR ISO 9001 (Requisito 7.4)	A organização deve avaliar e selecionar fornecedores com base na sua capacidade de fornecer produto de acordo com os requisitos especificados.
Desenvolvimento	Portaria 79	Estabelece a necessidade de aprovação do produto antes do lançamento no mercado com ensaios, memorial descritivo e nº de registro de objeto.
	ABNT NBR 13579 – 1	Define as características mínimas para a construção do produto.
	ABNT NBR 13579 – 2	
	Portaria 349	
Gestão de Pessoas (RH e DP)	NBR ISO 9001 (Requisito 6.2) (Relação indireta)	Estabelece o registro de capacitação e competência de todos os envolvidos no processo que de alguma forma impactam na qualidade do produto.
Administrativo	NBR ISO 9001 (Requisito 6.3, 6.4) (Relação indireta)	Garantir a infraestrutura e as condições ambientais necessárias para a fabricação dos produtos.
	NBR ISO 9001 (Requisito 4.2.3, 4.2.4)	Documentos e registros devem ser controlados a fim de evidenciar a conformidade com requisitos e a operação eficaz do SGQ.

Fonte: Elaboração do Autor, 2016.

6 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os efeitos da certificação no ambiente interno da unidade de análise foram mensurados a partir da percepção dos impactos através da visão do entrevistado para cada função identificada na cadeia de valor estruturada. As subseções 6.1 e 6.2 apresentam os impactos nas funções primárias e secundárias, respectivamente.

6.1 IMPACTOS NAS FUNÇÕES PRIMÁRIAS

Os impactos identificados nas atividades primárias da cadeia de valor são apresentados no Quadro 7:

Quadro 7: Impactos nas funções primárias

Funções Genéricas do Modelo de Porter (1989)	Identificação da Norma	Atendimento (Aspecto)	Impacto	+	-
Primárias					
Almoxarifado	NBR ISO 9001 (Requisito 7.4.3)	Aumentou o plano de inspeção visual no recebimento de materiais	Queda de produtividade		X
		Diminuiu o trabalho	Melhoria de Produto	X	
	Portaria 349	Produtos que não atendiam as especificações foram retirados de linha	Melhoria de Produto	X	
Produção	Portaria 79	-	-	-	-
	ABNT NBR 13579 – 1	Adequação de fórmulas	Aumento de custo		X
		Melhoria de Produto	X		
	ABNT NBR 13579 – 2	Substituição de TNT como revestimento para Tecido simples	Melhoria de Produto	X	
		Aumento de custo		X	
	NBR ISO 9001 (Requisito 7.5.1, 7.5.3, 7.6)	-	-	-	-
		Extinção do setor de colagem.	Aumento de custo		X
		Acréscimo a etapa de fabricação de aglomerado	Queda de produtividade		X
		Aumentou o rigor na inspeção final do produto.	Queda de produtividade		X
		Portaria 349	Retirada dos produtos denominados de linha econômica.	Redução da margem de lucro	
Extinção dos aplicadores de cola a base de solvente			Melhoria de Processo		X
Padronização na composição dos produtos.	Redução na diversidade de produtos		X		
Expedição	Portaria 79	-	-	-	
	NBR ISO 9001 (Requisito 7.5.5)	Revestimento interno dos caminhões e boxes. Aquisição de esteiras. Treinamento. Informações de cuidado e preservação na embalagem do produto e no manual. Projeto de um novo setor de expedição	Melhoria de processo		X
Comercial e Treinamento	Portaria 79	-	-	-	
	ABNT NBR 13579 – 1	Maior transparência nas informações	Melhoria de produto	X	
	NBR ISO 9001 (Requisito 7.2.3)	Maior investimento em treinamento, ações de venda, marketing digital (acompanhamento de pedidos no site), e propagandas com ênfase na divulgação da certificação	Melhoria da imagem		X
		Portaria 349	Maior confiança dos consumidores ao adquirir um produto certificado.	Melhoria da imagem	
Pós – Venda	Portaria 79	-	-	-	
	NBR ISO 9001 (Requisito 8.2.1)	-	-	-	

Fonte: Elaboração do autor, 2016.

Na função Almoxarifado aumentou-se o plano de inspeção visual no recebimento de materiais para produtos como etiquetas e embalagens, que precisam conter as informações mínimas exigidas pela portaria 349. Outros produtos que não atendiam as especificações normativas foram retirados de linha.

Com as mudanças realizadas no processo produtivo para atender os requisitos normativos, algumas etapas foram criadas e outras extintas na função produção. Como exemplo a fabricação de aglomerado. Para que isso não fosse perdido, criou-se o setor de flocagem e a extinção do setor de

colagem. As placas de aglomerados de flocos de espuma foram inseridos na composição dos principais produtos. Outros efeitos relatados foram quanto às novas configurações dos produtos, mudanças nas composições, dimensões e embalagem alteraram a produtividade dos setores de corte de espuma, forração e revisão.

Devido a inserção de aglomerado e a adequação da densidade das espumas os colchões ficaram mais pesados, principalmente os colchões compostos com madeira, aumentando a demanda por esteira no processo produtivo e nova organização do layout. Os boxes e caminhões, que fazem

parte da função expedição, receberam revestimento interno para amortecer o impacto dos colchões e evitar danos aos mesmos.

Foi observado na função comercial que selos da certificação tem atuado como um grande atrativo de vendas. Os consumidores se sentem mais seguros adquirindo o produto com o selo, eles chegam nas lojas questionando se determinado produto possui o selo ou não mesmo não sabendo ao certo o seu significado.

Na função Pós-venda não foi possível mensurar o retorno dos clientes com relação a qualidade dos produtos devido o ciclo de vida do colchão ser de aproximadamente 5 anos. Entretanto, a organização alega um esclarecimento maior do consumidor na hora da compra.

6.2 IMPACTO NAS FUNÇÕES SECUNDÁRIAS

No Quadro 6 é apresentado os impactos nas funções secundarias oriundos das diretrizes normativas para certificação do produto.

Quadro 6: Impactos nas funções secundárias

Funções Genéricas do Modelo de Porter (1989)	Identificação da Norma	Atendimento	Impacto		
				+	-
Secundárias					
Suprimentos	NBR ISO 9001 (Requisito 7.4)	Maiores investimentos no fornecimento interno de tecidos, estrutura de madeira, embalagem e novas fórmulas	Aumento de <i>Know how</i>	X	
Desenvolvimento	Portaria 79	Maior investimento na linha de colchões de molas	Redução da inovação		X
	ABNT NBR 13579 - 1	Extinção da linha econômica	Redução na diversidade de produtos		X
	ABNT NBR 13579 - 2	Alteração na composição dos colchões	Redução na diversidade de produtos		X
	Portaria 349	Desenvolvimento de novas formulas	Aumento de <i>Know how</i>	X	
Gestão de Pessoas (RH e DP)	NBR ISO 9001 (Requisito 6.2) (Relação indireta)	-	-	-	-
Administrativo	NBR ISO 9001 (Requisito 6.3, 6.4) (Relação indireta)	Maior envolvimento das áreas: financeiro, jurídico, TI.	Maior integração dos setores	X	

Fonte: Elaboração do autor, 2016.

Foi identificado na função suprimentos um maior controle e avaliação dos fornecedores. Todos tiveram que se adequar e os que não o fizeram deixaram de ser parceiros. Houve também maior investimento do próprio grupo em assumir determinados fornecimentos.

Foi constatado na função Desenvolvimento que a certificação do colchão, para qualquer modelo diferente das famílias já cadastradas, tornou o processo mais burocrático e lento. Após o desenvolvimento do produto, ele deve ser coletado e analisado e, se aprovado, ele é certificado e posteriormente registrado junto ao INMETRO para então ser comercializado. Os modelos de colchões de espuma passam a diferenciar-se apenas no tipo de

revestimento, reduzindo a diversidade de produtos. A linha econômica precisou ser descontinuada.

A função gestão de pessoas não possui relação direta com a certificação de produto, ou seja, não há nenhuma exigência normativa, nenhum requisito para essa função.

Na função administrativa a área financeira participa do processo de certificação, com as manutenções e contratos com o órgão certificador e o INMETRO, e o setor jurídico, com as fiscalizações.

6.3 IMPACTOS ORIUNDOS DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE COLCHÕES E COLCHONETES DE ESPUMAS FLEXÍVEIS DE POLIURETANO

As seguintes vantagens foram identificadas a partir dos impactos da certificação de produto:

- Investimento nas estratégias comerciais: Aumentaram-se os investimentos em propaganda, marketing e promoções de vendas com o objetivo de alcançar a parcela de mercado deixada pelos fabricantes que não se adequaram;
- Melhoria de processo: Uma vez que a certificação acaba nivelando a qualidade dos produtos em um padrão mínimo. A organização procurou obter vantagens melhorando as interações entre as etapas do seu processo;
- Melhoria do produto: Para ser comercializado, os fabricantes devem comprovar o desempenho mínimo exigido por normas;
- Melhoria da imagem: Os produtos certificados concedem maior credibilidade a imagem da empresa e tornam mais transparentes as informações das quais os clientes realmente precisam .
- Aumento de *Know how*: Havendo agora maior rigor no controle de qualidade, a unidade de análise passou a dominar mais os processos que possuía. Desta forma, acabou incentivando a cadeia de suprimentos a melhorar seus produtos, favorecendo a inovação de processo e de produto.
- Padronização dos produtos: A padronização dos produtos facilitou a linha de produção reduzindo as variabilidades durante o processamento.

Os impactos que representam desvantagens no processo de certificação identificados são descritos a seguir:

Queda na produtividade: Inicialmente houve queda na produção, devido aos ajustes no processo produtivo necessários para viabilizar produção dos colchões de acordo com as especificações de desempenho exigidas pelas normas e diretrizes, aumentando a quantidade de horas extras.

Aumento no custo de produção: O custo de produção aumentou pelos ajustes necessários em várias etapas do processo de produção, por exemplo, com a adição do processo de flocagem, maior tempo gasto na inspeção de recebimento e inspeção final do produto, entre diversos outros fatores.

Aumento no custo do produto: Queda na margem de contribuição do produto, principalmente pela adequação das matérias-primas, fórmulas e composição, afetando a rentabilidade do negócio, os produtos passaram a ter o seu custo e desempenho correspondente aos materiais utilizados.

7 CONCLUSÃO

Ao final da pesquisa é possível constatar que a certificação compulsória de produto, trouxe mudanças positivas para a organização. Embora isso tenha impactado inicialmente no seu lucro, favoreceu melhorias em todo o processo produtivo, permitindo a unidade de análise identificar outras formas de obter lucro em seu negócio. Com relação ao mercado, foi unânime a percepção que as práticas desleais de concorrência foram significativamente reduzidas e que os colchões apresentam as características reais de desempenho.

É relevante, porém, destacar que no início da certificação havia certa incredulidade por parte da unidade de análise com relação à capacidade de fiscalização do Estado, o que fez com que a organização adiasse ao máximo a sua adequação. Vale ressaltar, que ainda é papel fundamental do Estado garantir que as regulamentações sejam atendidas, eliminando qualquer tipo de irregularidade na comercialização desses produtos, a fim de resguardar o respeito ao cidadão e ao poder de atuação e controle do Estado.

Como novas propostas de pesquisa, sugere-se identificar as novas estratégias empresariais após o processo de certificação, a fim de verificar como as empresas se reposicionaram no mercado, ou aplicar o estudo em outros segmentos industriais, com a intenção de verificar uma tendência nos impactos de certificação.

REFERÊNCIAS

- [1]. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR ISO/IEC 17000:2005: Avaliação de conformidade - Vocabulário e princípios gerais. Rio de Janeiro, 2006.
- [2]. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Guia de implementação: Sistema de gestão da qualidade para certificação compulsória de produtos. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://abnt.org.br/paginampe/biblioteca-de-arquivos/guias..>>. Acesso em 08/05/16.
- [3]. ASSALIM, Luciano. Avaliação da conformidade como ferramenta de aprendizagem organizacional em projetos de engenharia de grandes empreendimentos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- graduação em Metrologia, PUC – RJ, 2010.
- [4]. BASTOS, Ercília. O que é a Cadeia de valor de Michel Porter? São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://www.portal-gestao.com/artigos/7563-o-que-%C3%A9-a-cadeia-de-valor-de-michael-porter.html>>. Acesso em 13/10/15.
- [5]. BRASIL, Portaria INMETRO n.º 79, de 03 de fevereiro de 2011. Aprovar os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Colchões e Colchonetes de Espuma Flexível de Poliuretano. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTA_C001674.pdf>. Acesso em 10/07/15.
- [6]. BRASIL, Portaria INMETRO n.º 349, de 09 de julho de 2015. Aprovar os ajustes e esclarecimentos à regulamentação de colchões e colchonetes de espuma flexível de poliuretano, aprovado pela Portaria Inmetro n.º 79/2011. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC_002291.pdf>. Acesso em 10/07/15.
- [7]. CNI.COMPI; Avaliação da conformidade: conhecendo e aplicando na sua empresa. 2ª.Edição. rev. Brasília, 2002.
- [8]. GIOVANETTI, Juliano. Impactos da certificação de produto na indústria de baterias automotivas: um estudo multicaso, Dissertação, UFF, Curitiba, 2014.
- [9]. HANSEN, D. R.; MOWEN, M. Gestão de Custos: contabilidade e controle. 3ª ed. São Paulo, Thomson Learning, 2001.
- [10]. INMETRO; Programa de análise de produtos : relatório sobre análise em colchão de espuma para solteiro, de densidade d33, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em:<<http://repositorios.inmetro.gov.br/bitstream/10926/1585/1/colchao.pdf>> Acesso em: 10/10/2015.
- [11]. INMETRO. Avaliação da conformidade, 6ª ed. Rio de Janeiro, INMETRO, 2015.
- [12]. ISO, UNIDO. A caixa de ferramentas da avaliação da conformidade, Brasil, 2010.
- [13]. MEGLIORINI, E. SOUZA, M. A. Gestão estratégica de custos. São Paulo, Atlas, 2011.
- [14]. PORTER, Michael. Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior. 34. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1989.
- [15]. SILVA, C. L.; KOPITKE, B. H. Simulações e cenários a partir da cadeia de valor: uma aplicação na indústria de celulose. Rev. FAE, Curitiba, v.5, n.1, p.43-59, jan./abr. 2002.

Capítulo 16

CADEIA DO FRIO: ESTUDO DE ROTEIRIZAÇÃO E PERFORMANCE TÉRMICA DURANTE A DISTRIBUIÇÃO DE ALIMENTOS CONGELADOS

Gustavo Henrique Moresco

Vanina Macowski Durski Silva

Resumo: O desempenho do transporte de produtos refrigerados é altamente dependente da performance térmica do equipamento utilizado. Muitas tecnologias são implantadas a fim de manter as características do produto em transporte. Dentre as cargas que necessitam de refrigeração, os alimentos necessitam do controle de temperatura pois qualquer dano causado é irreversível, principalmente o ramo abordado no presente trabalho, de sorvetes. Desse modo, este estudo apresenta um algoritmo criado para definir rotas de entrega, e em sequência, baseado em estudo previamente realizado, analisar o desempenho térmico da rota gerado pelo algoritmo.

1. INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de manter a qualidade dos produtos transportados tem incentivado cada vez mais a implementação de tecnologias no ramo dos transportes. O setor de transporte de alimentos refrigerados se encaixa nesse perfil e além de inovações tecnológicas, faz-se necessário o controle e monitoramento da temperatura e umidade. Conforme Torassi (2009), os microrganismos proliferam-se muito rápido, gerando danos irreparáveis nos alimentos como mudanças no sabor, cor e odor, podendo causar também liquefação, podridão, entre outros. Porém, é dever da refrigeração durante o transporte somente zelar pela manutenção da temperatura, não tendo o objetivo de resfriar a carga (BAPTISTA, 2006).

Desse modo, torna-se cada vez mais necessário a implantação adequada da Cadeia do Frio, que conforme Pereira *et al.* (2010), consiste em todo o processo de armazenamento, conservação, distribuição, manipulação e transporte dos produtos. E para que o processo transcorra causando os menores danos possíveis ao alimento, pode-se utilizar das técnicas da Pesquisa Operacional (PO), de modo a auxiliar no monitoramento e controle da temperatura e umidade. Heap (2006) afirma que os cuidados com a temperatura são diretamente proporcionais à distância percorrida. Devido a essa importância, a PO também contribui com técnicas para a escolha da melhor rota a percorrer, dependendo da necessidade, minimizando tempo ou distância mínima, ou até mesmo, maximizando a eficiência energética, o caso desse trabalho.

Com o objetivo de analisar a performance de distribuição física de produtos congelados de uma fabricante de sorvetes na cidade de Joinville-SC, este trabalho utilizou-se da PO (métodos de roteirização) em conjunto com conceitos de termodinâmica aplicados à Cadeia do Frio, para propor um algoritmo de otimização das rotas de entrega (para maiores informações, consultar Luna e Goldberg, 2000) a fim de avaliar a eficiência térmica durante as mesmas (ver os modelos utilizados por Gonzalez e Werner, 2009 e Galvão *et al.*, 2015).

Deste modo, este trabalho está subdividido em 4 seções incluindo esta, introdutória. Na seção 2 realizou-se o levantamento bibliográfico a fim de entender a natureza do produto e suas necessidades durante o

transporte e desenvolveu-se um modelo capaz de otimizar a rota de entregas da empresa pelo método do vizinho mais próximo. Adicionalmente, definiu-se por aproximação, uma equação que represente o comportamento da temperatura dos produtos durante as etapas de deslocamento e descarga dos mesmos. Na seção 3 são apresentados os resultados e análises obtidas com o modelo proposto no intuito de avaliar o indicador de eficiência do processo e por fim, na seção 4 são apresentadas as considerações finais deste estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS DE RESOLUÇÃO PARA A ROTEIRIZAÇÃO DE PRODUTOS DA CADEIA DO FRIO

A análise realizada pelo trabalho pode ser dividida em duas etapas. Primeiramente, destina-se ao estudo de roteirização, que por meio da Pesquisa Operacional, busca otimizar a rota de entregas de um ou mais veículos. A segunda etapa visa acompanhar a temperatura durante o processo de entregas e analisar a eficiência térmica do procedimento.

As etapas estão interligadas pois a eficiência térmica depende do tempo total do processo de distribuição, portanto faz-se necessário uma análise conjunta das duas etapas, para otimizar o sistema como um todo.

2.1. PROBLEMA DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO

A resolução do problema de roteirização teve como princípio o problema do vizinho mais próximo, buscando minimizar a distância total percorrida, efetuando-se todas as entregas e visitando cada cliente somente uma única vez. Utilizando o *software* MATLAB, o algoritmo tem como ponto inicial a empresa em estudo, sendo o próximo ponto escolhido o vizinho mais próximo, repetindo esse processo até que não sobrem mais clientes e o veículo terá como último ponto, novamente, a empresa.

O problema em estudo foi apresentado por Moresco e Silva (2017), assim como as formulações dos métodos que serão apresentados abaixo. A fim de obter diferentes respostas, quatro métodos foram desenvolvidos tendo mesmo procedimento, porém diferenciando-se nos pontos de escolha do primeiro passo. Esses diferentes

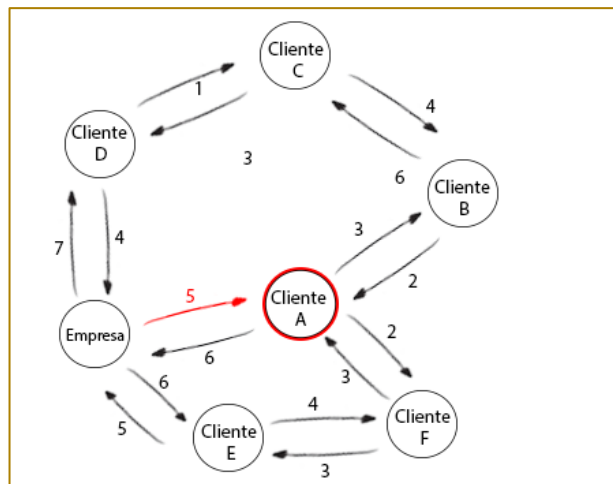
métodos mostraram-se eficazes visto que os problemas de entrega possuem diferentes restrições e nem sempre um único método se mostra o mais eficaz.

2.1.1. MÉTODO 1

O primeiro método apresentado, assim como todos os outros, tem como ponto inicial o local

da empresa em estudo, porém, a particularidade se refere ao segundo ponto da rota. O ponto escolhido é o vizinho mais próximo ao ponto de partida, repetindo esse passo até não sobraem mais pontos para visitar. A figura 1 ilustra o funcionamento do método.

Figura 1 - Funcionamento do método 1



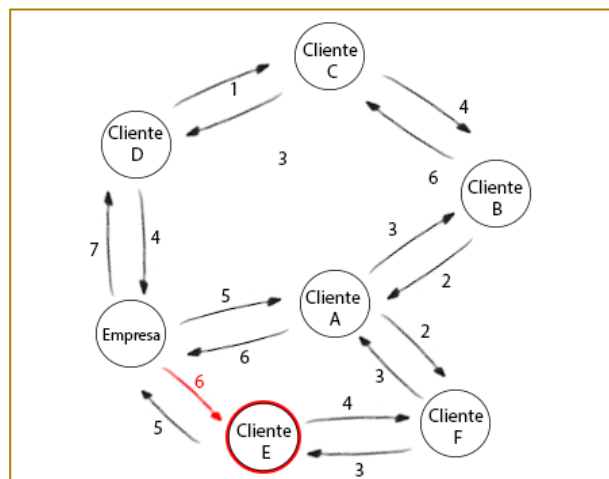
Fonte: Autoria própria

Como mostra a figura 1 os caminhos de ida e volta entre os pontos são diferentes, sendo assim, esse método analisa somente o caminho de ida do ponto atual para o próximo.

2.1.2. MÉTODO 2

O segundo método possui grande semelhança ao primeiro, porém difere na escolha do primeiro ponto de entrega. A figura 2 ilustra o funcionamento do método.

Figura 2: Funcionamento do método 2



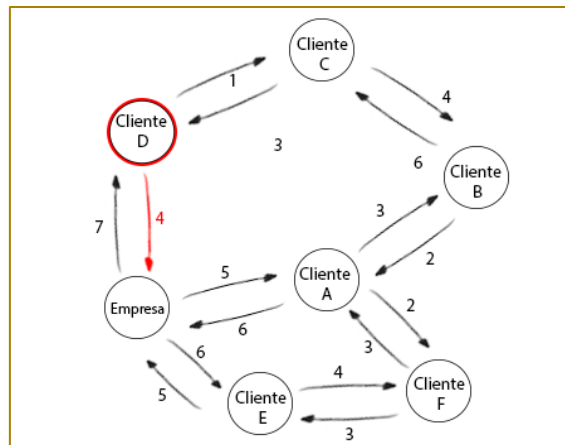
Fonte: Autoria própria

Conforme a figura 2, o primeiro ponto de escolha da rota é o segundo vizinho mais próximo do ponto inicial. O restante do procedimento o algoritmo escolhe o vizinho mais próximo do ponto atual até que não sobrem mais pontos de entrega.

2.1.3. MÉTODO 3

O terceiro método parte do princípio contrário aos anteriores, analisando o caminho de volta entre os pontos, idealizando a rota do último ponto de entrega ao primeiro. A primeira escolha se dará pelo vizinho em que a distância saindo do ponto de escolha até a empresa é a menor. A figura 3 demonstra o funcionamento do método.

Figura 3 - Funcionamento do método 3



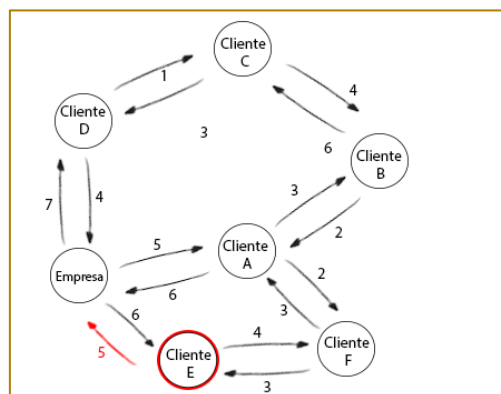
Fonte: Autoria própria

Conforme a figura 3, o procedimento de escolha do primeiro ponto é aplicado nas outras etapas, idealizando a rota pelo último cliente atendido até o primeiro.

2.1.4. MÉTODO 4

O quarto e último método possui funcionamento semelhante ao terceiro, porém a escolha do primeiro ponto refere-se ao segundo cliente por onde seria mais próximo chegar ao destino final, a empresa. O restante do método se desenvolve da mesma maneira que o terceiro. A figura 4 ilustra o funcionamento do método.

Figura 4 - Funcionamento do método 4



Fonte: Autoria própria

Como mostra a figura 4, a diferença entre o quarto e terceiro método se refere à primeira escolha do vizinho, último ponto de entrega da rota. Nesse método, a escolha se dá pela segunda menor distância partindo do ponto de escolha até o local da fábrica.

2.2. REGRESSÃO NÃO LINEAR

A próxima etapa para possibilitar o estudo da eficiência térmica durante a distribuição dos

produtos da sorveteria se refere à regressão não linear. Modelos de regressão, segundo Mazucheli e Achcar (2002), avaliam a possível relação entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Nesse trabalho, baseando-se em uma formulação previamente utilizada por Novaes *et al.* (2005), buscou-se adequar as variáveis independentes (temperatura do ponto anterior, temperatura externa, tempo entre o ponto anterior e o atual) a variável dependente (temperatura no ponto atual).

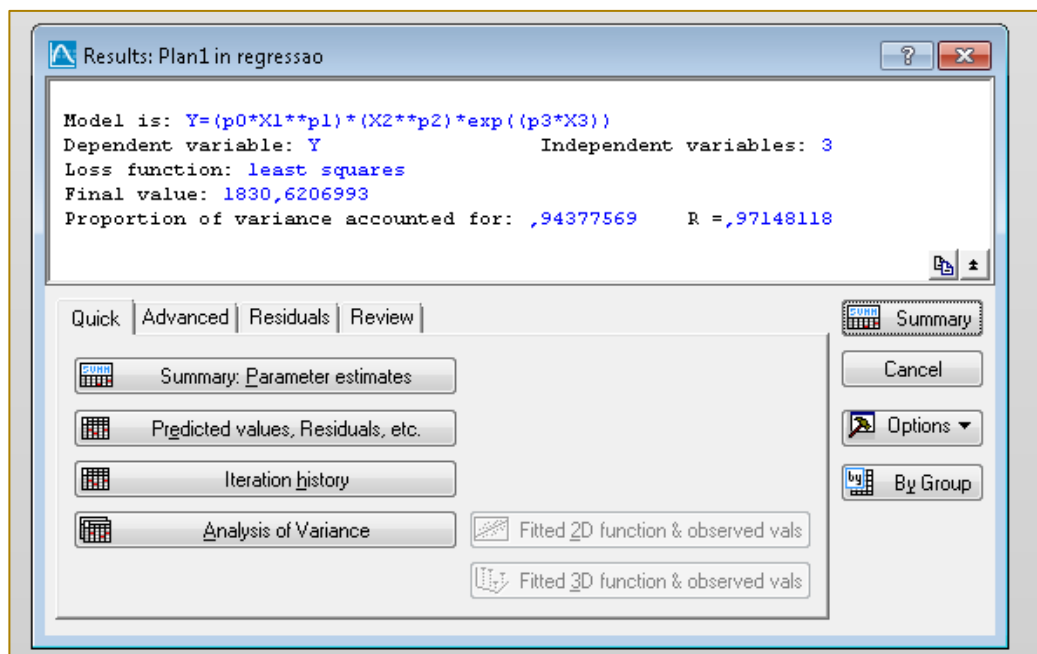
$$\theta_{tB} = \alpha_0 (\theta_{tB})^{\alpha_1} \times (\theta_{ext})^{\alpha_2} \times \exp[\gamma(t_b - t_a)] \quad (1)$$

Onde θ_{tB} representa a temperatura no valor futuro, sendo A o ponto inicial do instante analisado e B o ponto final. θ_{tA} representa a temperatura no ponto A e θ_{ext} , a temperatura externa, $(t_b - t_a)$ indica o intervalo de tempo entre o instante A e B. $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ e γ são

constantes que devem ser calibradas conforme a regressão.

Para que fosse possível realizar a regressão, utilizou-se o *software* STATISTICA. O mecanismo utilizado foi *Nonlinear Estimation*, do grupo *Advanced Models*.

Figura 5 – Regressão não linear no software STATISTICA



Fonte: Autoria própria

A figura 5 representa o resultado obtido, após inserir os dados do modelo em estudo, onde é possível visualizar que o *software* indica três variáveis independentes e a regressão resultou em um R= 0,97, aproximadamente. Esse procedimento foi aplicado para os três

distintos processos visualizados na roteirização de entregas realizada pela empresa, que serão abordados posteriormente, todos com R superior a 0,95.

2.3. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉRMICA

Após a criação de rotas de distribuição a serem utilizadas para a entrega dos produtos da sorveteria pelo algoritmo proposto por Moresco e Silva (2017), a próxima etapa do processo de validação do processo se refere à análise do desempenho térmico de cada um

desses percursos gerados. Para isso, baseando-se em um estudo previamente realizado por Gonzalez e Werner (2009), dois índices propostos foram utilizados, demonstrados nas equações dois e três.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 \times \sigma} \quad (2)$$

Onde LSE representa o limite superior da especificação, LIE refere-se ao limite inferior da especificação e σ sendo o desvio-padrão do processo. A tabela 1 apresenta os intervalos de referência para o índice C_p , que

representa a variabilidade permitida ao processo, caso a característica em estudo tenha distribuição bilateral (GONÇALEZ; WENER, 2009).

Tabela 1 - Intervalos de referência para análise do índice C_p

C_p	Itens não-conformes (PPM)	Interpretação
$C_p < 1$	Acima de 2700	Processo incapaz
$1 \leq C_p \leq 1,33$	64 a 2700	Processo aceitável ou relativamente capaz
$C_p \geq 1,33$	Abaixo de 64	Processo potencialmente capaz

Fonte: Gonzalez e Werner (2009)

Como é possível perceber na tabela 1, o índice C_p deve ser o maior possível para que o processo seja capaz de satisfazer às especificações (GONÇALEZ; WENER, 2009).

O segundo índice em análise foi proposto por Kane (1986) e se baseia na distância da média do processo em relação aos limites de especificação.

$$C_{pk} = \min \left(\frac{LSE - \mu}{3 \times \sigma}, \frac{\mu - LIE}{3 \times \sigma} \right) \quad (3)$$

Onde LSE representa o limite superior de especificação, LIE sendo o limite inferior da especificação, μ representa a média do processo e σ refere-se ao desvio-padrão do processo.

Para avaliar a temperatura durante todo o processo, utilizou-se a equação proposta por Novaes *et al.* (2015), apresentada anteriormente na equação 1, e avaliada em três diferentes cenários, que avaliados na

regressão resultaram em diferentes valores das constantes.

Fase de deslocamento até os clientes: Essa etapa representa o início e o final do processo, onde ocorre o deslocamento da empresa até o primeiro cliente e do último cliente até a volta à empresa. Nessa etapa desconsidera-se a interferência da temperatura externa e da temperatura do instante anterior, avaliando-se somente o

equipamento de refrigeração com constante

sendo $\gamma = 0,003695$, resultando na equação:

$$\theta_{t_B} = \exp[\gamma(t_B - t_A)] \quad \theta_{t_B} = \exp[\gamma(t_B - t_A)] \quad (4)$$

Fase de descarga: Essa etapa refere-se ao momento de maior acréscimo de temperatura durante o processo, pois nesse instante o compartimento de carga está aberto e ocorre a troca de calor imediata entre veículo e ambiente. Nessa etapa utiliza-se a equação 3 para representar a temperatura com as constantes sendo $\alpha_0=0,365086$, $\alpha_1=0,990072$, $\alpha_2 = 0,35764$ e $\gamma = -0,002858$.

Fase de deslocamento entre as entregas: Esse estágio representa o momento de deslocamento entre um cliente e outro, tempo em que o equipamento de refrigeração trabalha para readequar a temperatura do compartimento de carga. As constantes foram

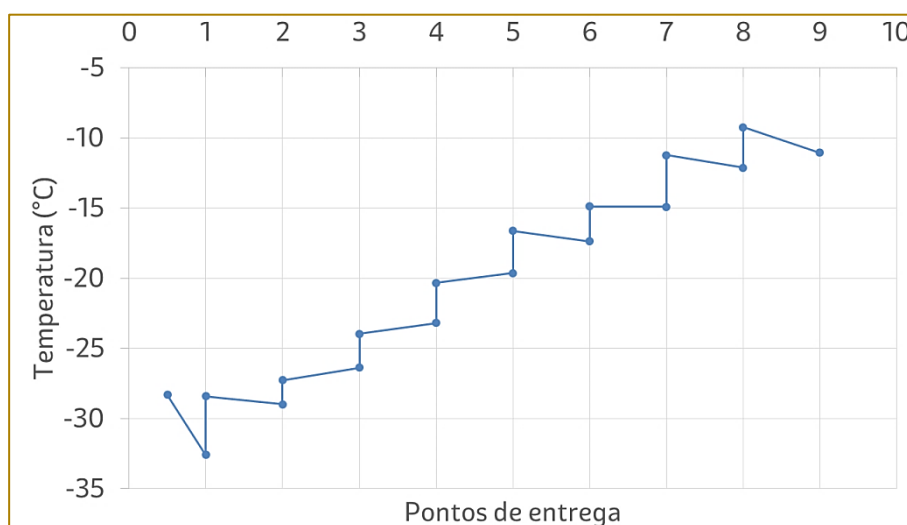
calibradas sendo $\alpha_0=11,67614$, $\alpha_1=0,89134$, $\alpha_2= -0,76252$ e $\gamma= 0,00739$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da formulação e procedimento apresentados, este trabalho buscou analisar a variação da temperatura no decorrer da distribuição de sorvetes em cidades vizinhas ao realizar entregas em oito distintos clientes.

A figura 6 representa o acompanhamento da temperatura ao longo do processo de entregas, tendo nas abcissas os pontos de entregas. É válido comentar que os pontos 0 e 9 representam a empresa. As ordenadas representam os valores da temperatura em °C.

Figura 6 - Representação da temperatura ao longo do processo



Fonte: Autoria própria

É possível perceber que durante o processo de distribuição ocorre, em alguns casos, o decréscimo da temperatura, pois o ambiente está sendo refrigerado pelo equipamento de refrigeração do veículo e o compartimento de carga permanece fechado, dificultando a troca de temperatura com o ambiente externo. Porém, no cenário de entregas em estudo, é possível perceber que no deslocamento entre um cliente e outro, mesmo com o ambiente

favorável à manutenção da refrigeração, devido à proximidade entre os clientes, o equipamento não é capaz de refrigerar o ambiente.

Durante o processo de descarga, quando a função permanece sobre o mesmo ponto de entrega, é possível visualizar um acréscimo considerável no aumento da temperatura, visto que, normalmente, o caminhão está desligado, portanto, o equipamento de

refrigeração também, e o compartimento da carroceria está aberto para a retirada de produto, facilitando a troca de temperatura entre os ambientes interno e externo ao caminhão.

Considerando o limite inferior em -38°C e o superior em -15°C como um intervalo eficiente para a manutenção das características originais do produto, atingiram-se os índices de $C_p=0,89$ e $C_{pk}= 0,48$. Isso demonstra que a análise da eficiência térmica neste estudo mostrou que o processo não está adequado e que a temperatura possui uma variação muito alta.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste estudo, pôde-se concluir que para aumentar o sucesso na distribuição de produtos da Cadeia do Frio, faz-se necessário alguns ajustes de procedimento quanto à roteirização. Sugere-se que o procedimento de entregas deve ser ordenado de maneira que os clientes mais

distantes do ponto de origem (neste estudo, a empresa) sejam alocados para o final do processo de distribuição, ou seja, ao final da rota, pois durante o atendimento mais longo, menor é a quantidade de produtos exposta a um tempo maior de troca de temperatura com o ambiente externo.

Conforme estabelecido pelos indicadores de avaliação do processo, propostos na Tabela 1, os resultados encontrados neste trabalho foram insatisfatórios para a melhor rota gerada pelo algoritmo proposto, representando um índice C_p, C_{pk} inferior a 1. Isto indica que o processo se apresenta incapaz de atender aos critérios estabelecidos pelos limitantes.

Portanto, para um estudo futuro, sugere-se uma análise da eficiência térmica de diferentes rotas para que seja possível avaliar a eficiência de refrigeração do equipamento instalado no veículo, de modo a garantir a melhor distribuição física dos produtos da Cadeia do Frio.

REFERÊNCIAS

- [1]. BAPTISTA, Paulo. Higiene e segurança alimentar no transporte de produtos alimentares. Forvisão-Consultoria em Formação Integrada, Guimarães, Portugal, 2006.
- [2]. GONÇALEZ, Patricia U.; WERNER, Liane. Comparisons of process capability index to non-normal distributions. *Gestão & Produção*, v. 16, n. 1, p. 121-132, 2009.
- [3]. HEAP, Robert. Cold chain performance issues now and in the future. *Bulletin of the IIR*, 4, 2006.
- [4]. LUNA, Henrique Pacca; GOLDBARG, Marco Cesar. Otimização combinatória e programação linear. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- [5]. MAZUCHELI, Josmar; ACHCAR, Jorge Alberto. Algumas considerações em regressão não linear. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 24, p. 1761-1770, 2008.
- [6]. MORESCO, Gustavo Henrique; SILVA, Vanina Macowski Durski. CADEIA DO FRIO: ESTUDO DE CASO E APLICAÇÃO DE MÉTODO HEURÍSTICO PARA ROTEIRIZAÇÃO DE ENTREGA. Em: AHRENS, Rudy de Barros. COLETÂNEA NACIONAL SOBRE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 3: GESTÃO DA PRODUÇÃO. Curitiba: Atena Editora, 2017. Cap. 14. p. 192-205.
- [7]. NOVAES, Antônio G. N. et al. Thermal performance of refrigerated vehicles in the distribution of perishable food. *Pesquisa Operacional*, v. 35, n. 2, p. 251-284, 2015.
- [8]. PEREIRA, Vítor F. et al. Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos resfriados e congelados. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, v. 30, n. 1, p. 158-165, 2010.
- [9]. TORASSI, Michele. Avaliação da temperatura de armazenamento de alimentos refrigerados em supermercados de Criciúma, SC. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

Capítulo 17

ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA RFID COMO CONTROLE DA TEMPERATURA RELACIONADA À CADEIA DO FRIO (ALIMENTOS)

Giset Natalia Montoya Moreno

Antonio Batocchio

Gilmara Machado Rabelo

Resumo: A indústria de alimentos está alavancando novas tecnologias, que apresentam-se cada vez mais importante em redes de supermercado, chegando ao consumidor final um produto de alta qualidade, num tempo determinado e adequado para o produto, a partir de parâmetros estabelecidos pelas organizações mundiais. No entanto, esses alimentos especialmente frutas e hortaliças, requerem controle ou manutenção específica ao longo da cadeia, que deve ser vendido antes do vencimento ou simplesmente ser descartado. Recentemente, os avanços na tecnologia RFID, que significa identificação por radiofrequência, poderá ser usado beneficemente neste contexto de controle rigoroso pela indústria. Este trabalho inicia com a recompilação de artigos científicos e revisão da literatura, selecionando e adaptando variáveis de controle dos produtos perecíveis (frutas e hortaliças) através do emprego da tecnologia RFID, entregando o produto com alta qualidade para o cliente. Além de contribuir nas pesquisas acadêmicas.

Palavras Chave: Cadeia de frio, RFID, Tags, Controle de alimentos perecíveis.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças das empresas cresce a cada dia e com ela a necessidade de consumo de alimentos refrigerados e congelados, melhorando o gerenciamento e promovendo melhoria nas práticas operacionais e funcionais.

Isto em função das vantagens, tais como: facilidade e agilidade no preparo, preservação das propriedades sensoriais, físicas e organolépticas, aumento da validade e produtos de alta qualidade (Correia, 2013), esses fatores geram alterações no setor, aumentando a fiscalização e o regulamento na cadeia de suprimentos no controle da temperatura (Bogataj, 2005; Coulomb, 2008).

A cadeia alimentar funciona a partir de matéria-prima até chegar ao consumidor final, mas a complexidade cresceu porque criou maior número de intermediários que agregam valor ao produto final.

O desafio deste trabalho será estudar o método para análise da cadeia de frio (frutas e hortaliças), com a finalidade da manutenção da qualidade, através do emprego da tecnologia RFID (tecnologia de identificação por radiofrequência) e suas principais características.

Visando encontrar as variáveis-chaves que determinam a eficiência de um sistema RFID (Pastana, 2012) com foco na transmissão e coordenação das informações vitais dos produtos, em cada um dos processos até chegar ao consumidor final.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar a aplicabilidade da tecnologia RFID como controle da temperatura relacionada à cadeia de frio (alimentos).

3. CADEIA DE FRIO

As companhias concentram-se em garantir a qualidade física e química do produto, aumentando a necessidade de desenvolvimento da cadeia de frio no setor logístico, como forma de proteger os produtos e garantir o fornecimento para o consumidor final.

Desde o século XVII, os cientistas começaram a estudar os comportamentos dos microrganismos que podiam ter alimentos em diversas condições térmicas, comprovando assim, a multiplicação de bactérias pelas elevadas temperaturas e deterioração das mesmas.

Depois disto, ficou claro que a vida útil de alimentos estava ligada diretamente ao controle de temperatura (Litwak, 1999). A cadeia de frio, termo que foi usado pela primeira vez ao redor dos anos 1908 e de importância na preservação e conservação dos alimentos, especialmente na sociedade moderna (Jol, 2005).

A cadeia de Frio surgiu com a necessidade de reunir a especialização da gestão dos produtos perecíveis, sensíveis à temperatura, com técnicas avançadas na matriz logística na cadeia de suprimentos, além como uma estratégia de eficiência, rapidez, economia e segurança. (Silva, 2010).

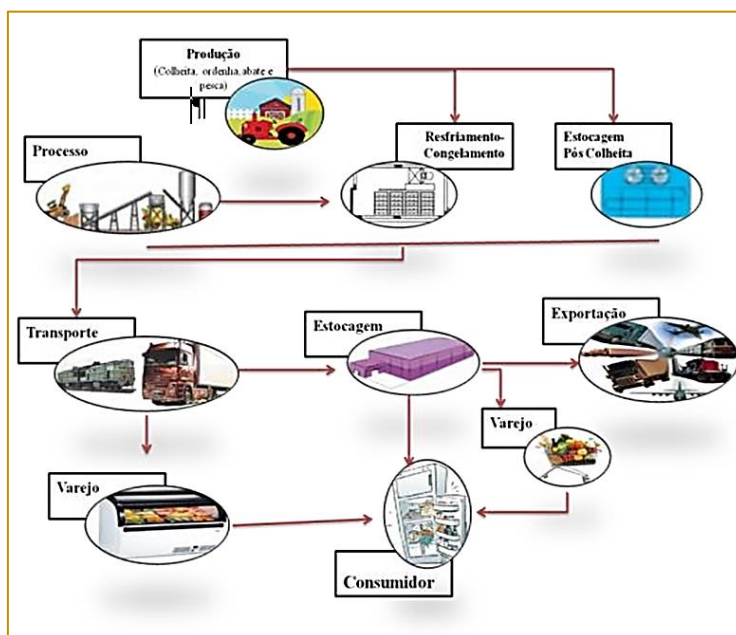
Segundo Jol (2006), uma incorreta manipulação dos processos envolvidos na cadeia de frio incrementa o risco potencial de que os microrganismos perigosos para a saúde humana proliferem e produzam doenças alimentícias.

Este trabalho define a cadeia de frio como uma cadeia produtiva integrada, que atua com o moderno conceito de Cadeia de Suprimentos integrando um sistema de controle de temperatura na qual os produtos manipulados são sensíveis com o ambiente, permitindo um maior tempo de preservação do produto, dando satisfação ao cliente final.

O importante da cadeia de frio é assegurar que o produto transportado está em um adequado e contínuo ambiente ao longo da cadeia, garantindo sua qualidade em todos os processos como armazenagem, estocagem, distribuição, transporte e manipulação do produto, até o consumidor final (Zhang, 1994; Ruiz 2007; IRR 2004).

O esquema da cadeia de frio é indicado na Figura 1 (Neves, 2010), ressaltando, que as condições ambientais devem satisfazer as especificações da carga que tem como principal variável a temperatura, a partir dos termos segurança alimentar regulado diante de parâmetros obedecidos e adotados nas relações de comércio regional e internacional pelas pessoas governamentais (Silva, 2010).

Figura 1. “esquema cadeia de frio”, com início logo após a produção e finalizando no consumidor.



Fonte: Adaptado Neves Filho, L e Silveira, V. 2010.

4. PRODUTOS DA CADEIA DE FRIO

Os produtos sensíveis à temperatura, como os alimentos, medicamentos, cosméticos, películas fotográficas, obras de arte e produtos relacionados com o patrimônio cultural, flores, produtos químicos, farmacêuticos, necessitam um tratamento especial durante toda a cadeia de suprimentos.

Segundo Silva (2010) a cadeia de frio representa todas as etapas desde a retirada de calor até a disposição final desse produto. As temperaturas baixas são usadas para alongar as reações químicas, atividades enzimáticas e inibir os crescimentos dos microorganismos (Gava, 1984; Neves, 1997; Lopes, 2007).

Na cadeia de alimentos podem-se agrupar os produtos por congelados e refrigerados tendo diferentes temperaturas. Usam-se as temperaturas entre 0°C e 2°C para produtos refrigerados e para os produtos congelados - 18°C e -25°C (Ferne, 2004).

5. TEMPERATURA

O binômio tempo e temperatura consistem em controlar, eliminar, diminuir a multiplicação microbiana e proteger de novas contaminações de microrganismo durante o processamento, manipulação e distribuição dos alimentos para o consumo (Silva, 2010).

Segundo Heap (1998), a perda da qualidade do produto é cumulativo e irreversível, o que ressalta a necessidade de conhecer e respeitar os limites mínimos e máximos de temperatura necessária para manter a qualidade e os atributos do produto.

Controle e monitoramento: O controle e o monitoramento da cadeia de frio envolve o conhecimento das propriedades dos produtos, aplicação dos recursos e práticas relacionadas com ao suporte e a decisão, onde o mapeamento dos pontos críticos e dos anéis mais fracos ou gargalos possam reduzir sua influência no desempenho da gestão da cadeia de frio (Silva, 2010).

A tecnologia da informação contribui com o monitoramento, tabela 1, a qual é citada a continuação:

Tabela 1. Técnicas de controle da cadeia de frio.

Técnicas de controle de temperatura	Características
Etiquetas TTI	Informação visual irreversível Baixo custo
RFID Semi- Passiva	Curta/Meia distância com registro Baixo Custo
RFID Ativos	Longa distância em tempo real Custo Médio
Redes de Sensores	Longa distância com registro e tempo real Custo Médio
Ondas Acústicas	-200°C até +400°C em tempo real Custo Muito Alto

Fonte: Autor

A identificação por Rádio Frequência: RFID é uma tecnologia que permite a identificação de objetos de uma forma totalmente automatizada via ondas de rádio. Essa tecnologia emergente apanha grandes oportunidades para o sistema de monitoramento eficaz e eficiente (Wang, 2010).

A tecnologia RFID pode ser utilizada para gerar grandes quantidades de informação analisadas e disponibilizadas aos sistemas internos e externos em tempo quase real, o que é crucial para melhorar a qualidade das operações de negócios (Stanford, 2003).

O monitoramento de sensores com tecnologia RFID está revolucionando a cadeia de suprimentos da indústria, mas um de seus

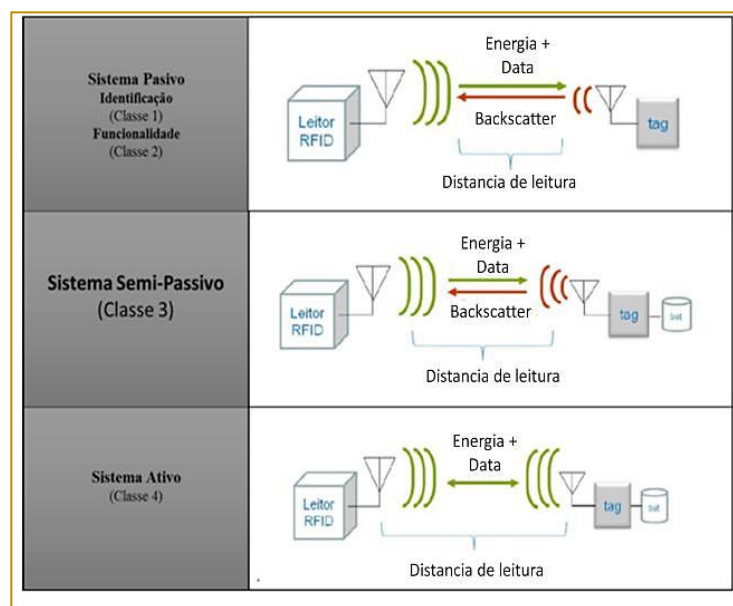
benefícios mais tangíveis é a capacidade de rapidamente observar os possíveis gargalos nos processos de envio e recebimento.

A utilização do RFID na cadeia logística possui diferentes objetivos e funcionalidades para as empresas, mas o mesmo intuito de oferecer suporte ao sistema de informação.

Encontram-se aplicações de RFID para controle de estocagem, identificação de cargas e contêineres, monitoramento e rastreabilidade no transporte, transferências de dados entre os participantes do processo logístico, entre outros (Nassar, 2014).

Há diferentes classes de características operacionais dos *tags* de tecnologia RFID segundo a figura 2.

Figura 2- classes de características e descrição das operacionais dos tags da tecnologia rfid.



Fonte adaptado de Harrison e Hodges (2004)

6. APLICAÇÃO

A tecnologia RFID tem grande potencial para inúmeras aplicações práticas em várias áreas, como na logística, gestão da cadeia de suprimentos, manufatura e sistemas de automação industrial. Entretanto, a escolha das características do sistema RFID correta (para definir os tipos de etiquetas - ativa ou passiva, frequência de operação, quantidade e localização dos leitores RFID).

Diferentes autores como Chao (2007) e Ngai (2008) articulam que existe uma falta de publicações relacionadas às metodologias de aplicação com tecnologia RFID além de estudos em base empírica.

Segundo Dressen (2004) apresenta diferentes considerações com foco nos requisitos na aplicação que determinam a tecnologia sugerindo algumas características importantes para a seleção correta dos componentes em cada um dos casos, enumerando:

- Tipo de etiqueta (ativo ou passivo);
- Frequência de operação (Lf, HF, UHF, micro-ondas);
- Tipo de acoplamento (Indutivo ou Backscatter);
- Taxa de transmissão de dados;
- Distância de comunicação;

:

- Capacidade de memória;
- Egurança;
- Maturidade tecnológica;
- Custo do leitor

Outros critérios são associados pela empresa EBV Elektronik, como: materiais presentes no ambiente, quantidade de leitores, antenas e etiquetas, dimensão dos componentes, robustez da etiqueta, requisito de anti-colisão, material da etiqueta, temperatura do ambiente de aplicação, consumo de energia do sistema.

Segundo Motorola (2011), expõe algumas perguntas com o objetivo de proporcionar respostas a estas dúvidas, apresentando uma série de avaliações de distâncias de leitura, características específicas e aplicações típicas das principais frequências encontradas no mercado, frequência de operação, distância, entre outras.

7. SELEÇÃO SEGUNDO FREQUÊNCIA DE OPERAÇÕES

Segundo Pastana (2012), os sistemas RFID funcionam normalmente em bandas de frequência ISM (Industry Scientific Medical), sendo agrupados em três grupos (Figura 3)

Figura 3- frequências, características e respectivas localizações.

Baixa frequência	<ul style="list-style-type: none"> • Campo magnético bem definida • Funciona bem perto de metal • Capaz de ler através de materiais • Não é afetado pela água • Baixas taxas de dados • Tags são mais caras do que aqueles para frequência mais alta
Alta Frequência	<ul style="list-style-type: none"> • Campo magnético bem definida • Sinal passa através da maioria dos materiais, com exceção de metais • Capaz de leitura simultânea de várias marcas • Tags são principalmente em formato de etiqueta/ ingressos (flat)
Sistema UHF	<ul style="list-style-type: none"> • Distância de leitura mais longa • Altas taxas de dados • Os sinais não passam através de materiais, bem como o fazem em frequência mais baixas • Reflexões pode entender o alcance de leitura menos bem definido • Diferentes frequências e limites de potência em todo mundo

Fonte Autor

8. RFID APLICADA NA ÁREA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Um sistema integrado de tecnologia RFID e de sensores pode ser aplicado em diversas áreas, tais como saúde, gestão da cadeia de suprimentos, operações militares, monitoramento da vida selvagem e o ponto central deste trabalho cadeia de frio em alimentos perecíveis.

Segundo Abad (2007) têm discutido a habilitação de tecnologias para o desenvolvimento de uma TagMicrolab com a flexibilidade do monitoramento de alimentos durante a cadeia logística de frio. A realização do sistema inclui a integração de sensores físicos e químicos com capacidade de Rádio Frequência como comunicação de identificação.

O primeiro ISO 15693 compatível protótipo tagsemi-ativo, incluindo a eletrônica de controle de baixa potência, RFID antena, sensores comerciais, memória e uma película de fina bateria, necessário para a aplicação do processo, baseado no uso de adesivo de condutor anisotrópico (ACA) flip chip tecnologia, para a integração de sensores de gás flexível de substratos, aumentando a segurança dos alimentos que se tornariam obrigatórios (Zare, 2014).

A adição de sensores para as mesmas marcas utilizadas para rastrear itens movendo-se através da cadeia de abastecimento também pode alertar se eles não são armazenados na temperatura certa e prever a vida útil remanescente. Há tags ativos e semi- passivas que podem medir temperatura (Jederman, 2009).

O uso de modelos de crescimento microbiano combina-se com informações RFID ativa, este permite a predição da segurança e qualidade dos alimentos microbiológicos, através do monitoramento do meio ambiente, sem recorrer a uma análise maior, onde podem ser feita com base no perfil de temperatura da cadeia de abastecimento (Ruiz 2010).

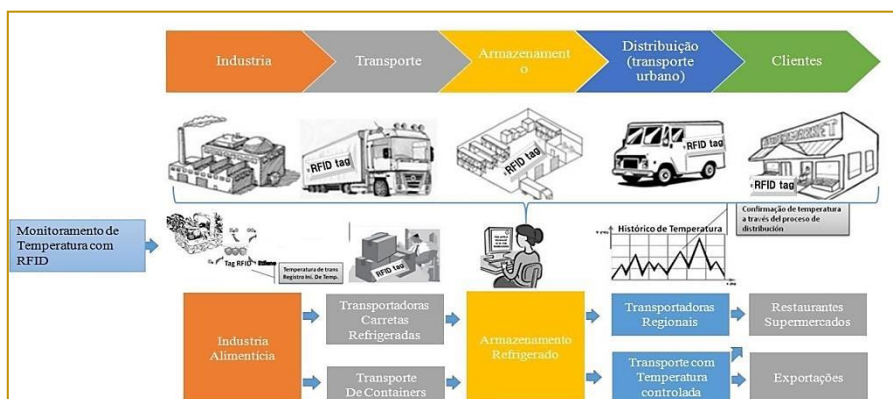
Alguns exemplos de aplicação foram do autor Fu (2008) que propôs um sistema de monitoramento na cadeia de frio usando tecnologia RFID e rede de sensores sem fio (WSN), programaram um sistema de rastreabilidade da cadeia de frio usando NanoQplusWSNs e Labview, enfatizando a importância da rastreabilidade histórico de dados, bem como os dados de monitoramento em tempo real para facilitar a tomada de decisão.

Para os autores Yan e Lee (2009) monitorou o fluxo e exigência de todas as fases na logística de refrigeração, além de projetar uma solução de monitoramento e rastreamento que consiste em etiquetas RFID, sensores de temperatura, módulos do programa e especialmente sistema GPS para a cadeia de frio.

Segundo Ruiz e Lunadei (2010) programaram HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) que requer medidas para garantir que os limites de controle estabelecido não estejam sendo violados. Ogasawara e Yamasaki (2006) relataram uma solução de cadeia de frio que usa etiquetas RFID com sensores de temperatura embutidos. Isso também introduziu um kit inicial de rastreabilidade gestão da temperatura que contribui para o risco eficaz da gestão, permitindo facilmente a gestão temperatura constante durante todo processo de transporte.

A maneira como a tecnologia RFID funciona nos sistemas de frutas e hortaliças não estão associadas com a comunicação: um sistema capaz de detectar, a gravação, comunicação, logística e aplicando a ciência, prolongando a vida útil, reforçar a segurança, melhorar a qualidade, prestar informações e alertar sobre possíveis problemas. A tecnologia associada ao sistema de embalagens inteligentes são tags de radiofrequência para identificação e/ou para monitorar as propriedades do produto ou as condições ambientais do produto às quais estão expostas na figura 4.

Figura 4- embalagens inteligentes usando RFID.



Fonte autor

As etiquetas RFID são integradas em caixas ou palets de material plástico, pelo que é possível identificar unitariamente, sem distância de visão direta, por cada um dos recipientes (Camarasa, 2009).

A tecnologia RFID permite que a unidade seja inequívoca, cada um dos contêineres e pallets de identificação pode identificar a distância, sem visão direta de onde vem a embalagem, onde devem ir, bem como o seu fornecedor, destinatário e transporte do produto.

São grandes as possibilidades de codificação de informações no conteúdo das etiquetas RFID, que são integrados em contêineres e pallets, evitando assim a alienação ou deterioração no processo de higienização e limpeza na desinfecção.

Estudos feitos por Badia (2015) onde usaram à combinação de RFID e Wireless Sensor Network WSN neste estudo utilizou-se etiquetas semi-passivas distribuídos em quatro camadas ou alturas; cada camada. O resultado da pesquisa concluiu que o desempenho das etiquetas RFID e os nodos WSN foram em geral positivas, as perdas de dados foram aceitáveis, permitindo a análise de temperatura dentro das câmeras, além disso, o estudo foi uma tarefa difícil de realizar, devido à localização e as principais limitações dos tags como capacidade de alcance e detenção de leituras pelo ambiente do entorno.

9. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve a finalidade na análise da importância da tecnologia RFID e suas potenciais áreas de aplicação na indústria de alimentos no controle da temperatura, oferecendo maior utilidade ao produto, procurando explorar as oportunidades de usar RFID, para melhorar o desempenho da cadeia de abastecimento de alimentos perecíveis.

Observando-se os benefícios gerais tanto no sistema de rastreabilidade, quanto no controle de rotação do produto, controle e monitoramento da temperatura, sistema de inventário, redução das gestões administrativas, redução de custos, entre outros benefícios.

Espera-se que o artigo contribua ao desenvolvimento de pesquisas relacionadas com o tema de investigação.

10. AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Departamento de Engenharia de Manufatura e Materiais da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP e a CNPQ (processo No. 163562/2015-6) e pelo fornecimento dos recursos para o desenvolvimento do estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] ABAD, E; ZAMPOLLI,S; MARCO,S. Flexible tag microlab development: gas sensors integration in rfid flexible tags for food logistic, sensors and actuators b, Chemical Vol.127, No.1 , pp.2-7. 2007.
- [2] BADIA, R; RUIZ, L; GARCIA, J; ROBLA, J; Refrigerated fruit storage monitoring combining two different wireless sensing technologies: RFID and WSN. Sensors, Vol. 15, pp. 4781-4795. 2015.
- [3] BATOCCHIO, A. Uma visão geral sobre rfid e áreas de aplicações, X Sbai – Simpósio Brasileiro De Automação Inteligente. São João Del-Rei - Mg – Brasil. 2011.
- [4] BOGATAJ, M; BOGATAJ, L;VODOPIVEC, R. Stability of perishable goods in cold logistic chain. International JournalofProductionEconomics, Vol. 93, Pp.345-356. 2005.
- [5] CAMARASA, J; MUÑOZ, J. Sistema de trazabilidad alimentaria basado en la identificación RFID De envases y pallets de material plástico. Tag IngenierosTecnologíaRfid. 2009.
- [6] CHAO, C, YANG, J. M.; JEN, W. Determining Technology Trends and Forecasts of RFID by a Historical Review and Bibliometric Analysis From 1991 To 2005. In Technovation, Vol. 27, No. 5, pp. 268-279. 2007.
- [7] CORREIA, C. Otimização dinâmica da logística de distribuição de produtos alimentícios refrigerados e congelados. UNICAMP. Campinas, Brazil. 2013.
- [8] COULOMB, D. Refrigeration and the Cold Chain Serving the Global Food Industry and Creating a Better Future: Two Key Iir Challenges for Improving Health and Environment. Trends in Food Science & Technology, Vol.19, 413-417. 2008.
- [9] DRESSEN, D. Considerations for RFID Technology Selection. Atmel Applications Journal, Vol.3, pp.4547. 2004.
- [10] EBV ELEKTRONIK. RFID Selection Guide. DisponívelEm: [Http://www.adafruit.com/datasheets/Rfid%20guide.pdf](http://www.adafruit.com/datasheets/Rfid%20guide.pdf). AcessadoEm: 09/04/2015. 2012.
- [11] FERNIE, J; SPARKS,L. Logistic and retail management: insights into current practice and trends from leading experts (2nd Ed), Kogan Page Limited, Uk& Us. 2004.
- [12] FU, W; CHANG, Y; MYO, M; MAKATSORIS, C.; OH, C. WSN based intelligent cold chain management. In: proceedings of the 6th international conference on manufacturing research (icmr08), Brunel University, Uk, pp. 353–360. 2008.
- [13] GAVA, A. Princípios de tecnologia de alimentos. São Paulo, Brasil. . 1984.
- [14] HARRISON, M; HODGES, S. Demystifying RFID: principles & practicalities, in white paper series. 2004: Auto-Id Labs, Cambridge, Uk. 2004
- [15] HEAP, R.; KIERSTAN, M; FORD, G. Food transportation. Londres: Blackie Academic & Professional. 1998.
- [16] INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION – IIR. Temperature Indicator and Time-
- [17] Temperature Integrators- 3rdInformatory Note on Refrigeration and Food. International Institute of Refrigeration Paris: Iir, 3p. 2004.
- [18] JEDERMANN, R.; RUIZ-GARCIA, L; LANG, W. Spatial temperature profiling by semipassive RFID Loggers for Perishable Food Transportation. Computers and Electronics in Agriculture, Vol.65, No.2, 145-154. 2009.
- [19] JOL,S;KASSEANENKO, A; WSZOL,K ; OGGEL, J. The cold chain, one link in canada is food safety initiatives. Food Control. Vol. 16 P 94. 2006.
- [20] LITWAK, D. Cold as its weakest link. Supermarketbussines, N 54, P 119-123. 1999.
- [21] LOPES, R. Dossis de aliemntos: conservação de aliemntos. Sistema brasileiro de repostas técnicas. Disponível Em: [Www.Sbrt.Ibict.Br/Dossie-Tecnico/Dowloadsdt/Mjez](http://www.sbrt.ibict.br/Dossie-Tecnico/Dowloadsdt/Mjez). Acesso Em: 06/03/2015. 2007.
- [22] MOTOROLA. Escolher a tecnologia certa para automatizar o seu negócio. Disponível Em:
- [23] [Http://www.sysnetic.pt/docs/supply%20chain/S_Ysn_Compreender_Rfid.pdf](http://www.sysnetic.pt/docs/supply%20chain/S_Ysn_Compreender_Rfid.pdf). Acessado Em: 09/04/2015. 2011.
- [24] NASSAR, V; HORN, M. A aplicação de RFID na logística: um estudo de casodo sistema de infraestrutura e monitoramento de cargas do estado de santa catarina. Gest. Prod., São Carlos, Vol. 21, Nom. 3, pp. 520-531. 2014.
- [25] NEVES FILHO, L; SILVEIRA, V. Alguns Aspectos No Transporte Refrigerado. RevistaTecnologica. 2010.
- [26] NGAI, E. W. T.;MOON, K. K.; RIGGINS, F. J.; YI, C. Y. RFID Research: An Academic Literature Review (1995–2005) And Future Research Directions. International Journal of Production Economics, Vol. 112, No.2, pp.510- 520. 2008.
- [27] OGASAWARA, A; YAMASAKI, K. A temperature-managed traceability system using RFID tags with embedded temperature sensors. Nec TechnicalJournal Vo1, No2, pp82-86. 2006.
- [28] PASTANA, E. Metodologia para aplicação de rfid em automação: estudo de caso em um sistema de gestão. Dissertação De Mestrado Em Engenharia De Mecânica. Unicamp. 2012.
- [29] RUIZ-GARCIA, L; LUNADEI, L. Monitoring cold chain logistics by means of RFID. In: sustainable radio frequency identification solutions; Turcu, C., Ed.; Intech: Vienna, Austria; pp. 37–50. 2010.

- [30] RUIZ-GARCIA, L.; BARREIRO, P.; RODRÍGUEZ-BERMEJO, J.; ROBLA, J. I. Monitoring intermodal refrigerated fruit transport using sensor networks. Review. Spanish Journal of Agricultural Research. 2007.
- [31] SILVA, G. A gestão da cadeia do frio: uma análise de fatores logísticos. Centro federal de educação tecnológica celso suckow da fonseca. Rio De Janeiro. pp 02-68. 2010.
- [32] STANFORD, V. Pervasive Computing Goes the Last Hundred Feet With RFID Systems, IEEE Pervasive Computing. 2003.
- [33] WANG, X; Y; ZHANG, Y. Research on RFID -based intelligent tracking system of cold chain logistics for agricultural products. ICLEM 2010: Logistics for Sustained Economic Development. 2010.
- [34] YAN, B; LEE, D. Application of RFID in Cold Chain AIN Temperature Monitoring System. In: Proceedings Of ISECS International Colloquium On Computing, Communication, Control, And Management (Cccm '08), Guangzhou, China, pp. 258-261. 2009.
- [35] ZARE, Y. RFID: a bibliographical literature review with future research directions. International Journal of Industrial Engineering & Production. Vol. 25, Num. 2, pp. 151-190. 2014.
- [36] ZHANG, G; SUN, G. A new method to determine the heat transfer coefficient of refrigerated vehicles. Int. J. Refrigeration, Vol. 17, No 8, Pp. 516-523. 1994.

Capítulo 18

ESTUDO DO PROCESSO DE PINTURA EM UMA METALÚRGICA

Ana Maria Sipp Loana, Wollmann

Andriele Maisa Luft

Patricia Stefan de Carvalho

Loana wollmann Taborda

Júnior Rogério da Silva

Resumo: A realização do trabalho se deu tendo como tema o estudo do processo de pintura pó em uma metalúrgica, com o objetivo de propor a adequação do processo de pintura pó para a obtenção da aprovação do teste salt spray 360 horas. Para o desenvolvimento do trabalho foram verificadas as reais necessidades da empresa, o acompanhamento do processo de tratamento superficial e pintura. Foi solicitada a empresa a pintura de algumas peças dos processos, estas peças foram levadas até um laboratório onde foram feitos os testes de grade e cura para verificar a eficiência dos processos adotados pela empresa. Após a aplicação dos testes verificou-se que a metalúrgica mesmo com o processo inverso passou nos testes de cura e de grade, tendo em vista que a tinta apenas apresentou problema de formar caminhos e algumas sujidades na peça o que pode ser evitado com a aplicação das sugestões de limpeza do primeiro tanque de banho que acumula na sua superfície o óleo das peças de banhos anteriores e as sujidades podem ser evitadas com a utilização de um tecido aderente que faria a limpeza das peças antes do processo de pintura.

Palavras-chave: Processo; Pintura; Melhoria.

1. INTRODUÇÃO

O processo de fosfatização é muito aplicado, pois este serve para preparar a peça para o recebimento da tinta e aumenta a resistência da peça a corrosão. Conforme Jps pinturas (2012) O uso mais difundido da fosfatização é preparar a superfície metálica para permitir boa aderência da tinta e impedir o desenvolvimento dos processos de corrosão. A durabilidade da tinta está diretamente ligada à eficácia do sistema de pré-tratamento do substrato. Apresentou-se como proposta de pesquisa a análise do processo de pintura da metalúrgica em estudo, com o objetivo de buscar uma solução para a empresa que busca a certificação dos produtos pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO. Levando em conta que o processo realizado pela empresa atualmente não segue a linha correta, sendo que a soldagem das peças é feita após o banho e desta forma o contato e a soldagem danificam a proteção da peça, o que prejudica o processo de pintura por não se manter o fosfato em algumas áreas específicas e esta retirada da proteção pode vir a prejudicar a pintura, provando o deslocamento nas peças por exemplo.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 TEMA

Análise do processo de pintura eletrostática pó em uma metalúrgica.

2.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Análise do processo de pintura pó em uma metalúrgica localizada na cidade de Três de Maio estado do Rio Grande do Sul, o projeto foi desenvolvido no período de junho a novembro de 2014.

2.3 PROBLEMA

Como adequar os processos de tratamento de superfície e pintura, para aprovação dos testes de qualidade?

2.4 OBJETIVO GERAL

Propor a adequação ao processo de pintura eletrostática pó para a aprovação dos testes de qualidade.

2.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar processo de tratamento de superfície;
- Analisar o processo de pintura;
- Analisar fatores que influenciam na qualidade do processo de pintura;
- Analisar o resultado do teste de salt spray;
- Pesquisar alternativas de processos de tratamento superficial;
- Realizar teste de aderência e de cura da tinta;

2.6 JUSTIFICATIVA

Com esta proposta busca-se apresentar uma solução para o ajuste do processo de tratamento superficial das peças para montagem de mesas e cadeiras, tendo em vista que o processo de tratamento realizado não segue os padrões corretos para a ordem de um tratamento superficial. E também um comparativo de custos do processo atual e do processo proposto, em relação ao dimensionamento dos tanques e a quantidade de produto utilizado.

Quanto à relevância econômica para a realização do trabalho, aborda-se o fato de que a empresa tem grande parte dos seus produtos destinados a escolas e instituições de ensino público privadas, desta forma a qualidade dos produtos é essencial quando se leva em conta os altos investimentos de verbas públicas para a compra dos materiais.

O trabalho foca na busca de um processo que atende as solicitações da empresa para ajuste do processo e a resolução do problema, bem como a economia de custos. Como base para a realização do trabalho são utilizados artigos e projetos de estudo sobre este mesmo assunto, foram utilizados principalmente trabalhos desenvolvidos por ex acadêmicos do curso focados na área de pintura.

Tendo em vista que a empresa busca a certificação de um produto através do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO apresenta-se como proposta o desenvolvimento de um trabalho com a intenção de solucionar o problema da empresa no processo de tratamento superficial de peças na área de pintura. Desta forma justifica-se o desenvolvimento do trabalho com a intenção de apresentar uma

análise do processo de pintura para a empresa metalúrgica em estudo.

2.7 METODOLOGIA

2.7.1 ABORDAGEM

Foram aplicadas pesquisas de abordagem do tipo dialética e quali-quantitativa, onde a abordagem dialética se dá através da conversa entre as acadêmicas entre si, com o proprietário da empresa e funcionários bem como com os professores orientadores com a intenção de buscar informações e uma possível solução para o problema encontrado. Também se utilizou a pesquisa quantitativa onde foi feito um levantamento de custos de processos e produtos na busca da solução do problema para a implantação dos ajustes necessários no processo, a abordagem qualitativa se deu com intenção de solucionar o problema da empresa no processo e na certificação dos produtos.

2.7.2 PROCEDIMENTO

Esse estudo se realizou visando compreender e obter um maior conhecimento na busca de uma melhor solução ao problema, de forma que seja com o maior custo benefício para a empresa. O procedimento de estudo de caso foi aplicado visando buscar uma proposta para solucionar o problema da empresa.

A pesquisa-ação envolveu a participação de todos os pesquisadores, professores e também dos colaboradores que estão envolvidos no processo para a solução do problema.

2.7.3 TÉCNICAS

Foram realizadas entrevistas informais com funcionários da empresa, bem como com o proprietário da mesma, na busca de informações sobre como o processo ocorre hoje, problemas e quais as alterações possíveis dentro da política da empresa.

Por meio de da técnica de observação foram feitos levantamentos de dados como quais os produtos utilizados a quantidade dos mesmos, a forma que ocorre o processo, tempo e desperdícios.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 PROCESSOS

Na metalúrgica em estudo, o processo inicia-se pelo corte, seguindo para a estamparia, dobra, dirigindo-se para a montagem final dos seus componentes. como mostra no fluxograma Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma Do Processo De Produção Da Metalúrgica



O trabalho foi realizado nos processos de tratamento superficial, solda e pintura.

Figura 2 - Fluxograma do processo de tratamento superficial feito na empresa atualmente



Como se observa na Figura 2 no fluxograma do processo de tratamento superficial vem antes do processo de solda, segundo o proprietário da metalúrgica isto se dá com a finalidade de maior produtividade tendo em vista que, o tratamento superficial com as peças antes do processo de soldagem pode ser realizado em maior número de peças, o

que não seria possível se as peças já viessem soldadas aumentando o tamanho físico do produto, levando em conta o tamanho dos tanques de tratamento superficial que são de apenas 2.000 litros.

As peças são colocadas no cesto sobrepostas, de modo que todas se encostem diminuindo a superfície de contato, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Tanque Com As Peças Sobrepostas



Sugere-se a adequação da sequência do processo conforme pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma Do Processo De Tratamento Superficial Correto



3.2 TESTES

Para a realização dos testes de aderência e cura, foram feitos na metalúrgica seis pequenas amostras do que seriam um produto normal, para tanto, três delas foram feitas usando o processo normal, sendo feito

primeiro o tratamento superficial, seguido pela solda e após a pintura, como mostra a figura.

E as outras três foram feitas usando a sequência de processo sugerido, sendo primeiro a solda, depois o tratamento superficial e então a pintura.

Figura 5 - Amostra Da Esquerda Feita Com O Processo Correto, E Da Direita Com O Atual



Foram feitos os dois processos para poder avaliar os resultados de cada um, bem como as diferenças caso ocorressem, conforme apresentado na Figura 5.

Para a realização dos testes de aderência e cura buscou-se um laboratório que dispusesse dos equipamentos necessários para a execução dos mesmos, bem como profissionais especializados, laboratório este pertencente à metalúrgica Nelson do Brasil, localizado em Santa Rosa - RS. Quanto ao teste de salt spray, outras amostras de peças foram enviadas a um laboratório apropriado.

3.2.1 ADERÊNCIA

Foi realizado o teste de aderência a fim de verificar a aderência da tinta ao substrato, sendo feito apenas o teste de grade, pois a profissional responsável pela execução do mesmo não achou viável fazer o teste de corte em "x" também. Então para a realização do teste, a profissional usou o dispositivo de corte bem como os demais aparelhos necessários, e após feito, verificou-se que em apenas uma peça do processo normal da empresa deslocou um pouco, mas ainda assim estava dentro do padrão aceito pelos testes de qualidade. Conforme a figura pode ser visualizada o processo de teste de grade para verificar a aderência da pintura.

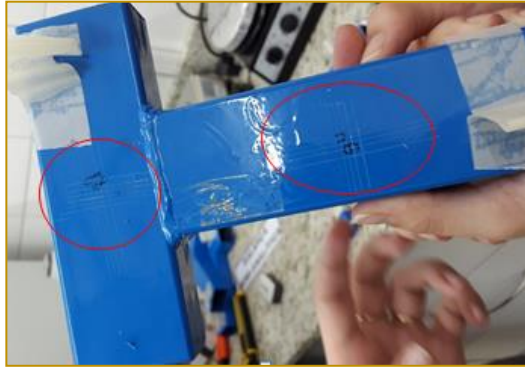
Figura 6 - Teste De Grade



Nas Figuras 6 e 7 pode ser analisado o resultado do teste de grade visto o teste feito

na peça e verificado que não houve deslocamento.

Figura 7 - Verificação Do Teste De Grade



3.2.2 CURA

Para o teste de cura, a profissional usou um algodão embebido de metil etil cetona, e esperou por volta de um minuto e o retirou. Pode-se observar que as peças não

apresentaram problemas. Na Figura 8 pode ser observado o teste de cura sendo realizado.

Figura 8 - Realização Do Teste De Cura



A Figura 8 apresenta o teste de cura já realizado, sendo que pode-se observar que o mesmo apresentou resultados positivos, pois a tinta não teve nenhum tipo de alteração.

3.2.3 SALT SPRAY

O teste de salt spray foi realização durante 300 horas, sendo que para ser executado, 6 amostras de peças (prova, contraprova e testemunha) foram enviadas para o laboratório da Klintex, que é a empresa responsável pelo fornecimento os produtos do tratamento de superfície à metalúrgica da empresa em estudo, as peças foram encaminhadas em pacotes separados onde três delas haviam passado pelo processo correto de tratamento e soldagem e as outras três pelo processo adotado pela empresa. Depois de feito o teste, observou-se que as peças passaram no mesmo, porém verificou-

se algumas inconsistências no teste, pois apresentou algumas falhas de operação.

É recomendado fazer um corte na peça antes de sua exposição, que pode ser em X ou apenas uma linha reta, para que a solução salina atinja a chapa nua, e este corte não foi feito, sendo esta a primeira falha. A outra se deu pelo fato de que os responsáveis para a realização do teste cobriram o local a ser testado com tinta, mascarando assim, o resultado exato.

O resultado do teste de salt spray encaminhado pela empresa Klintex não se mostrou eficiente, pois o mesmo foi adulterado pela empresa de forma onde esta preencheu os orifícios pertinentes do anti respingo no processo de solda e aplicou o teste, este procedimento, no entanto não poderia ter sido adotado, pois desta forma o produto não teve contato direto com o local da solda, o que era a intenção com a

realização deste teste. A empresa também não forneceu o grau de enferrujamento da peça, encaminhando apenas o resultado de que o teste foi satisfatório.

3.2.4 VISUALIZAÇÃO DA CAREPA DAS PEÇAS NO MICROSCÓPIO

Depois de realizados os testes, a profissional fez algumas raspagens com o auxílio de um estilete, para conseguir visualizar a superfície da peça nua. Para tanto, foram feitos cortes em locais com defeito aparente, e após isso, a peça foi levada ao microscópio com lente de 10x objetiva. Para um melhor entendimento, as peças da metalúrgica foram comparadas com uma peça fosfatizada sem pintura da metalúrgica Nelson do Brasil.

Figura 9 - imagens peças com defeito. Fonte: nelson do brasil, (2014).

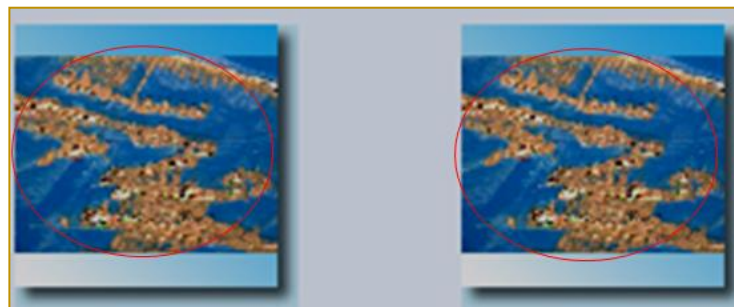


Figura 10 – peça fosfatizada sem pintura. Fonte: nelson do brasil, (2014).



Então pode-se observar nas Figuras 9 e 10 que visivelmente continha na peça da metalúrgica um contaminante que permaneceu ou se formou no tratamento superficial, o qual estava prejudicando a aparência do produto final.

3.3 SUGESTÕES DE MELHORIAS

3.3.1 ESPONJA

Com o desenvolvimento do trabalho buscou-se informações com profissionais da área para adequar o processo da metalúrgica, desta forma como o empresário não tinha a intenção de alterar o processo atual, apresentou-se como solução a utilização de uma solução 3 em 1 a ser aplicada com uma

Esponha Abrasiva Scotch Brite no local da solda, para que a pintura não seja prejudicada na área que foi soldada.

3.3.2 TROCA DOS BANHOS

Além da utilização da esponja também foi sugerida a troca dos banhos, tendo em vista que estes possuem um tempo de vida e como o produto passa de um tanque para o outro a contaminação dos tanques acontece na passagem do cesto com as peças de um tanque para o outro, e neste processo também destaca-se a importância do nível de pH no tanque de enxague de peças. Também foi sugerido para a empresa que na retirada das peças após o banho, que se tenha cuidado

na retirada do cesto com as peças evitando que a gordura acumulada na água não fique disposta nas peças, desta forma foi sugerido que antes da retirada do cesto do último tanque que possa ser retirada a gordura e sujidades para os lados do tanque evitando o contato com as peças e desta forma evitando engordurar as mesmas.

3.3.3 PHMETRO/FITAS DE MEDIÇÃO

Também foi sugerida a aquisição de um pHmetro para a medição do pH dos tanques, tendo em vista que hoje para a medição do pH é feita com fitas é este não é um processo que apresenta a exatidão nas medições. Segundo a profissional Carina Bronstrup, as fitas utilizadas atualmente têm uma margem de erro de dois. Porém o pHmetro tem que ter um cuidado diário, deve estar mergulhado em uma solução de cloreto de potássio quando não estiver em uso, o que daria um custo e cuidado maior para a empresa. Então foi sugerida a aquisição de fitas para a medição do pH, essas fitas são do mesmo tipo que é usado atualmente, mas a sua medição tem uma maior precisão, pois a sua margem de erro é de apenas um.

3.3.4 CESTO

Foi sugerido a empresa a troca do cesto utilizado para a lavagem das peças, sendo que no início do trabalho verificou-se que o cesto possui em torno uma crosta branca que focava depositada nas peças que se encontram nas laterais, esta sugestão foi aceita e a metalúrgica trocou o antigo cesto por um novo feito de inox que já é utilizado nos banhos. Conforme mostra a figura.

Mesmo após a troca verificou-se que o cesto possui a crosta esbranquiçada, desta forma foi sugerido que seja verificado com o

fornecedor do produto utilizado na fosfatização das peças quais podem ser as medidas tomadas para que o problema se resolva.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da pesquisa possibilitou as estudantes um aprimoramento nos conhecimentos relacionados à área de pintura, as pesquisas realizadas forma de suma importância para um bom embasamento sobre o assunto abordado.

Com o auxílio dos professores e funcionários da empresa foi possível uma explanação maior sobre o assunto e a busca de informações necessária para a resolução o problema. Tendo em vista que o objetivo da pesquisa foi propor a adequação ao processo de pintura eletrostática pó para a aprovação dos testes de qualidade, o mesmo foi concluído tendo em vista que ao invés da alteração do processo utilizado hoje pela empresa apresentou-se outras soluções a fim de solucionar o problema da mesma, como a utilização de uma solução fosfato 3 em 1, onde os componentes como desengraxante, decapante e fosfatizante são formulados e embalados juntos, a finalidade da aplicação desse produto na área soldada é que esta possua o mesmo grau de proteção do restante da peça. Outra sugestão de melhoria foi a renovação dos banhos e pequenos ajustes como o cuidado com a gordura presente na água na retirada das peças.

Apresentou-se desta forma como opções de melhorias a empresa estas sugestões, juntamente com a compra de um pHmetro para a medição mais exata do nível de pH dos tanques, tendo em vista que hoje é utilizado pela empresa o modelo de fita que não apresenta uma exatidão na leitura.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASILESCOLA. Tipos de corrosão. [Online] Disponível em: <http://www.brasilescola.com/quimica/tiposcorrosao.htm> Acesso em: 18 set. 2014
- [2] CASTRO, E.,P.;SILLOS,R.,M. Manual técnico: Tratamento de superfícies. SURTEC- São Bernardo do Campo, 2012.
- [3] CESEC. Corrosão. [Online] Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/metallica/patologias/corrosao/corrosaotexto.htm> Acesso em: 18 set. 2014

- [4] CIMM. Aços de baixo carbono. [Online] Disponível em: <http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/612aco-de-baixo-carbono> Acesso em: 18 set. 2014
- [5] CORANTES: A Química nas Cores - Revista eletrônica do Departamento de Química - UFSC EBAH Tipos de aço. [Online] Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABZ-8AF/tipos-aco> Acesso em: 18 set. 2014
- [6] ECATALOG. Manual de Pintura. [Online] Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-apostilacurso-dt-12-pintura-industrial-com-tintas-liquidas-treinamento->

portuguesbr.pdf <http://pt.scribd.com/doc/20439336/Manual-de-Pintura-Industrial> Acesso em: 18 set. 2014

[7] ECOPLUSPAINTSHOP. Pintura eletroFLórica por imersão. [Online] Disponível em:

<http://www.ecopluspaintshop.com/br/ecoemos/eco-paint-wetsystems/ecopaint-rodip/> Acesso em: 18 set. 2014

[8] ECOFORTPINTURAS. Pintura Líquida. 2014. [Online] Disponível em: <http://www.ecofortpinturas.com.br/pintura-liquida.html> Acesso em: 18 set. 2014

[9] ELMPIINTURA. Pintura por eletroforese. [Online] Disponível em: http://www.elmpintura.com.br/o_que_e.htm Acesso em: 18 set. 2014

[10] FAHOR. Pintura Líquida. [Online] Disponível em: http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2013/Pro_Odair.pdf Acesso em: 18 set. 2014

[11] FATEC. Sequência de banhos. [Online] Disponível em: <http://engenheiro-carloshepp.blogspot.com.br/> Acesso em: 18 set. 2014

[12] FATEC. Desengraxe. [Online] Disponível em: <http://engenheiro-carloshepp.blogspot.com.br/> Acesso em: 18 set. 2014

[13] FOGAÇA, Jennifer. Tipos de corrosão. [Online] Disponível em: <http://www.brasilecola.com/quimica/tiposcorrosao.htm> Acesso em: 18 set. 2014

[14] FURASTÉ, Pedro Augusto. Normas técnicas para o trabalho científico. Explicitação das normas da ABNT. 12ª Ed. Porto Alegre: s.n., 2003.

[15] GIL, Antônio Carlos. Como elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

[16] HABITISSIMO. Sistema de pintura Airless. [Online] Disponível em: http://fotos.habitissimo.com.br/foto/sistema-airless-de-pinturas_74646 Acesso em: 18 set. 2014

[17] HEMAKE. Pistola pintura. [Online] Disponível em: http://www.hemake.com.br/prod_pistola.htm Acesso em: 18 set. 2014

[18] ICZ. Galvanizados. [Online] Disponível em: http://www.icz.org.br/upfiles/arquivos/GalvInfoNotes/GalvInfoNote_3_4.pdf Acesso em: 18 de set. 2014 IDHEA. Tintas ecológicas. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/pdf/tintas.pdf>. Acesso em: 18 de set. 2014

[19] JPSPINTURAS. Pintura. [Online] Disponível em: http://www.jpsspinturas.com.br/processos_pintura.php Acesso em: 18 de set. 2014

[20] LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de Metodologia Científica. 5ª Ed. São Paulo: Ed Atlas, 2003. LIBERTO, N. 2003. User's Guide to powder coating. 4 ed. United States of America: SME – Society of Manufacturing Engineers.

[21] LOVATO, Adalberto. Metodologia da Pesquisa. Três de Maio: SETREM.

[22] KRÄNKEL, Fábio. Pinturas industrial com tintas em pó. [Online] Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-apostila-curso-dt-13-pintura-industrial-com-tintas-em-potreinamento-portugues-br.pdf>. Acesso em: 20 set. 2014

[23] MARKONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de Pesquisa: Planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.

[24] MEDTEC. Kit teste de aderência. [Online] Disponível em: <http://medtec.com.br/METALTECSS.Pintura-E-coat>. [Online] Disponível em: http://www.metaltec.com.br/servicos/2/Pintura_Ecoat Acesso em: 24 de set. 2014

[25] MOLDESPLASTICOS. Tipos de aço e sua classificação. [Online] Disponível em: <http://moldesplasticos.com.br/tipos-de-aco-e-sua-classificacao>. Acesso em: 24 de set. 2014

[26] NELSONDOBASIL. 2014. Laboratório de Testes. Santa Rosa - RS OLIVEIRA, Silvio Luiz de. Tratado de Metodologia Científica: Projetos de Pesquisas, TGI, TCC, Monografias, Dissertações e Teses. São Paulo: Ed Pioneira, 1999.

[27] QUEIROGA. Revestimento Superficial. [Online] Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/ABAAABd_EAE/trabalho-quimica-tintura-naval-uezo Acesso em: 24 de set. 2014

[28] _____. Revestimento não metálico. [Online] Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/ABAAABd_EAE/trabalho-quimica-tintura-naval-uezo Acesso em: 24 de set. 2014

[29] _____. Anodização. [Online] Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/ABAAABd_EAE/trabalhoquimica-tintura-naval-uezo Acesso em: 24 de set. 2014

[30] _____. Cromatização. [Online] Disponível em: <http://www.ebah.com.br/> Acesso em: 27 de ago. 2014.

[31] SKYLIGHTESTRUTURAS. Pintura. [Online] [uturas.com.br/downloads/CBCA_Pintura.pdf](http://www.skylightestruturas.com.br/downloads/CBCA_Pintura.pdf) Acesso em: 27 de ago. 2014.

Capítulo 19

ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DA REMANÊNCIA BR DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA FERRITA MAGNÉTICA PO2-C

Renata Aparecida Queiroz Dantas

Camila Massariol Nascimento

Carlos Henrique de Oliveira

Emerson Jose de Paiva

Marcio Dimas Ramos

Resumo: No ambiente produtivo atual, um sistema de medição é considerado um instrumento estratégico essencial para tomada de decisão, capaz de, muitas vezes, ditar os rumos para o melhor alcance do mercado. Por conta disso, tem-se a importância do instrumento de medida, principal protagonista do sistema de medição, ser capaz de fornecer dados confiáveis e condizentes. Neste contexto, esse trabalho tem o objetivo de investigar o comportamento do instrumento de medida histeresígrafo, utilizado para medir a Remanência, uma das propriedades da Ferrita magnética PO2-C. Por meio da metodologia pesquisa-ação e, utilizando também análises estatísticas de reprodutibilidade e repetitividade, constatou-se que o histerígrafo não estava sendo utilizado como deveria e, então, foi possível propor melhorias para o desempenho do instrumento e para aumentar a confiabilidade do controle de qualidade do processo.

Palavras-chave: Sistema de medição; R&R; Anova; Histeresígrafo

1. INTRODUÇÃO

A busca por melhorias na qualidade dos processos tem sido uma realidade na maioria das empresas, assim como uma importante estratégia para garantir espaço no mercado. Em meio a esse cenário, dados e medidas estatísticas são frequentemente utilizados para o controle da qualidade dos produtos.

Os dados de uma medição são também utilizados para tomar decisões com relação a produção. Dessa forma, se os dados não são confiáveis, decisões equivocadas podem ser nortear o ambiente produtivo e, por isso, têm-se a importância de analisar o desempenho do sistema de medição empregado (FONSECA, 2008).

Nesse contexto, tem-se o planejamento de experimentos, em especial o R&R (Repetibilidade e Reprodutibilidade), que é realizado para controlar e limitar ao mínimo as fontes de variabilidade, deixando existente apenas a oriunda dos fatores, os quais se pretendem analisar, sendo eles a repetibilidade, a reprodutibilidade e a variabilidade comum ao processo (REIS, 2016).

A empresa estudada nessa pesquisa está situada no município de Itabira/MG e é considerada referência de mercado da América latina em produtos ferromagnéticos. Um desses produtos é a ferrita magnética, um material que ao passar por processos industriais, apresenta uma estrutura cristalina capaz de fornecer propriedades magnéticas ao composto.

Este estudo tem como objetivo analisar o sistema de medição da empresa, avaliando a confiabilidade dos valores de Remanência, que é a principal propriedade da ferrita, obtidos pelo equipamento conhecido como Histeresígrafo. Para isso, aplicou-se a Estudo R&R, utilizando como metodologia a Pesquisa-Ação.

Quanto à estrutura deste artigo, tem-se a fundamentação teórica baseada em sistema de medição e análise R&R, explicação sobre a metodologia aplicada, descrição dos resultados e discussões, e por último, as conclusões do trabalho e expectativas futuras.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO E ESTUDO DE R&R

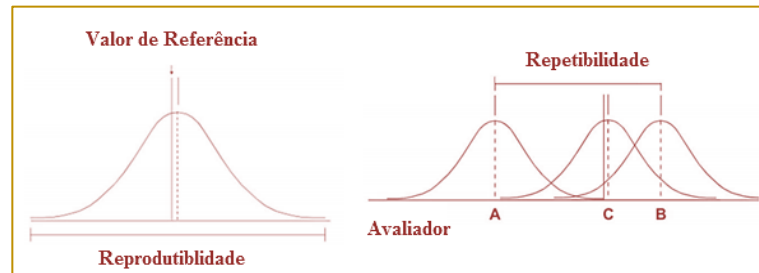
Measure System Analysis (MSA) é um estudo realizado com o objetivo de analisar quanto da variabilidade obtida na resposta de interesse está relacionada a um sistema de medição, sendo possível quantificar os valores de Repetibilidade e Reprodutibilidade (R&R), definindo se um sistema de medição está aceitável ou não, ou seja, se o mesmo é capaz de fornecer medições confiáveis dos resultados do processo (BURDICK *et al.*, 2003). Reis (2016) complementa que um estudo R&R, caracteriza um sistema de medição, considerando sua incerteza ou precisão.

De forma mais detalhada, têm-se a seguinte definição de R&R (REIS, 2016):

- a) Reprodutibilidade: refere-se à variação associada ao operador (VO) para o mesmo equipamento e a mesma amostra.
- b) Repetibilidade: refere-se à variação associada ao equipamento (VE), isto é, a medição é realizada em idênticas condições, mesmo equipamento, operador e amostra, em um curto espaço de tempo.

Para maior compreensão sobre as definições acima, têm-se a Figura 1, que representa graficamente as fontes de variação de um sistema de medição, oriundas da repetibilidade e reprodutibilidade.

Figura 1 - Reprodutibilidade e Repetibilidade representadas graficamente

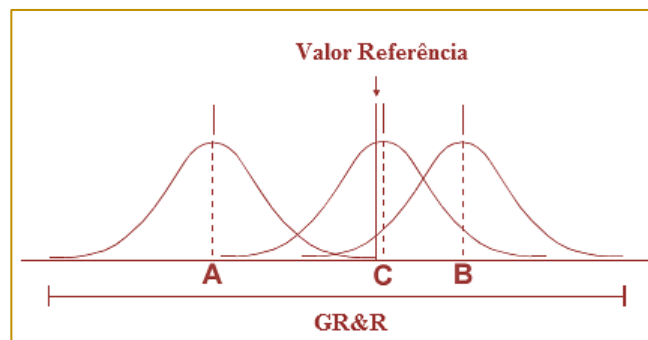


Fonte: Adaptado de AIAG (2010).

Com o objetivo de medir as componentes de variação de um sistema de medição utiliza-se o estudo Gage Repeatability and Reproducibility (GR&R), que determina se a variabilidade do sistema de medição é relativamente menor que a variabilidade do processo monitorado (PERUCHI, 2014).

O GR&R é uma estimativa da combinação da Repetibilidade e da Reprodutibilidade do Sistema de medição, podendo ser exemplificada pela Figura 2 (AIAG,2010).

Figura 2 - Representação Gráfica GR&R.



Fonte: Adaptado de AIAG (2010).

Para analisar o estudo R&R, uma das técnicas utilizada é a análise de variância (ANOVA), que propõe métodos estatísticos e consiste em estimar diversos componentes de variabilidade envolvidos no estudo R&R, por exemplo, o processo, o sistema de medição e o operador (REIS, 2016).

Segundo Natrella (2013) a ANOVA é uma técnica que permite obter análises da comparação do levantamento de dados que envolvem ferramentas e operadores, por exemplo, por meio do cálculo de médias, resíduos, que são comparações dos valores obtidos com a média e desvios padrões dos dados obtidos.

2.2 NÚMERO DE CATEGORIAS DISTINTAS E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

Segundo Fonseca (2008), o Número de Categorias Distintas (NDC) para Gage R&R, mensura a habilidade do Sistema de Medição (SM) solucionar os dados em um número de categorias distintas. O NDC é uma estatística adicional que representa a capacidade de diferenciar categorias dentro da variação do processo (PEDOTT, 2010).

Assim, os critérios de aceitação do SM estabelecidos pelo manual de MSA - *Measurement Systems Analysis* (2010) são:

- Erro menor que 10%: sistema de medição aceitável;
- Erro entre 10% e 30%: o sistema pode ser aceito com base na importância de sua aplicação, no custo do aparato de medição e nos seus custos de reparo;

- Erro acima de 30%: sistema de medição inaceitável.
- O mesmo manual também estabelece para o número de categorias distintas:
- Menor que dois: sistema de medição inaceitável;
- Maior que dois e menor que cinco: sistema de medição pode ser aceito com base na sua importância de aplicação, custo do aparato de medição e nos seus custos de reparo;
- Maior que cinco: Sistema de medição aceitável.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia utilizada neste estudo foi uma pesquisa-ação exploratória, aplicada e de abordagem quantitativa. Segundo Martins *et al.* (2012) a pesquisa-ação utiliza uma abordagem científica para resolução de problemas enfrentados na realidade das empresas. Diante disso e da participação ativa dos pesquisadores para encontrar uma solução para as dificuldades enfrentadas, pode-se considerar a pesquisa quanto aos procedimentos técnicos, uma pesquisa-ação.

Além disso, a pesquisa é exploratória uma vez que se desconhece quanto o sistema de medição está influenciando na variabilidade da medição, tem abordagem quantitativa, pois se baseia em análises numéricas e é considerada pela natureza dos resultados como aplicada pois tem por objetivo gerar conhecimentos capazes de solucionar um problema específico: compreender como o sistema de medição influencia nos valores obtidos pelo histeresígrafo.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo desta pesquisa é a Ferrita Magnética PO2-C que pode ser encontrada em forma de matéria-prima principalmente nas indústrias automobilísticas e de eletrodomésticos, desde ornamentos até peças de precisão para composição de motores, acionamentos elétricos, alto-falantes, componentes eletrônicos, dentre outros.

A Ferrita PO2-C é considerada um dos produtos que mais agregam valor na empresa, visto que é produzida tanto para a comercialização no mercado, quanto para

fornecimento interno de matéria-prima de outros produtos do portfólio da empresa.

Após passar pelo processo de produção e, antes de ser comercializada, um controle de qualidade do produto é realizado por meio da sua Remanência (Br), a principal especificação e que mede a indução magnética que permanece em um circuito após a remoção do campo magnético externo aplicado. Esta medida é obtida por um equipamento conhecido como Hesteresígrafo.

3.2 COLETA DE DADOS

Dada a importância de se autenticar o sistema de medição utilizado para a coleta dos valores de Remanência (Br), aplicou-se a análise R&R (Reprodutibilidade e Repetibilidade).

Como recomendado por Reis (2016), a análise de sistema de medição da empresa ocorreu com 10 diferentes amostras de Ferrita PO2-C, 2 diferentes operadores tendo 2 repetições. Assim, executou-se as seguintes etapas:

- [1] Identificação do foco da análise do sistema de medição.
- [2] Planejamento do estudo de R&R;
- [3] Realização do estudo R&R;
- [4] Análise dos dados coletados;
- [5] Identificação das principais causas da não adequação do sistema de medição;
- [6] Realização de um segundo estudo R&R;
- [7] Padronização da medição para adequação do sistema de medição.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise do sistema de medição teve como foco identificar se existia alguma incerteza nas medidas realizadas por meio do histeresígrafo e/ou na operação dos técnicos do laboratório ao realizar as medições.

O estudo foi implementado por dois operadores treinados, o histeresígrafo calibrado e 10 diferentes amostras. Com isto, o procedimento foi dividido nas seguintes etapas:

- [1] O operador mais experiente realizou as 10 primeiras medições;

[2] Após realizadas as medições, cada uma delas foi enumerada de 1 a 10.

[3] Um segundo operador mediu novamente cada uma das amostras em sequência.

[4] o Operador experiente fez a leitura das amostras, porém de forma aleatória e sem conhecimento sobre qual seria a amostra.

[5] O segundo operador realizou as medições das 10 amostras de forma aleatória e sem conhecimento sobre qual seria a amostra.

A Tabela 1 abaixo apresenta os valores de Remanência (Br) obtidos por cada um dos operadores.

Tabela 1 - Dados de Remanência (Br) coletados – Primeira Análise

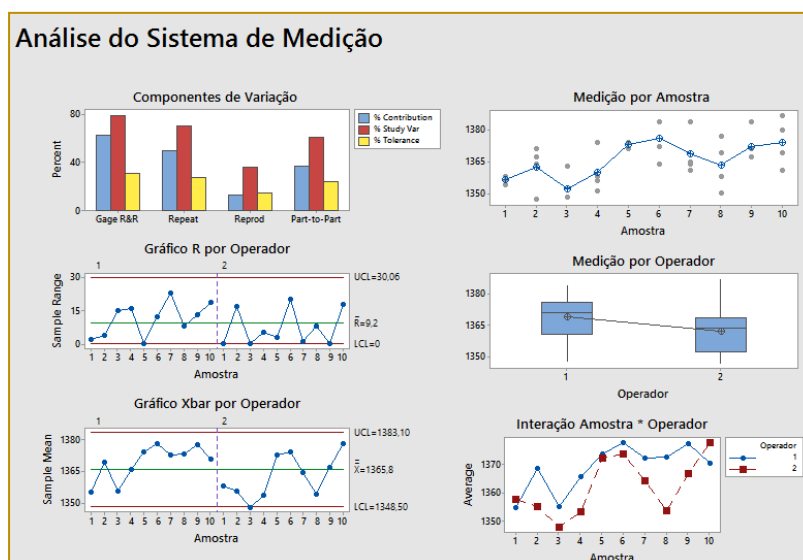
OPERADOR 1 (EXPERIENTE)				OPERADOR 2			
Amostra	Remanência (Br)	Amostra	Remanência (Br)	Amostra	Remanência (Br)	Amostra	Remanência (Br)
1	1354	1	1356	1	1358	1	1358
2	1367	2	1371	2	1364	2	1347
3	1363	3	1348	3	1348	3	1348
4	1358	4	1374	4	1356	4	1351
5	1374	5	1374	5	1374	5	1371
6	1372	6	1384	6	1364	6	1384
7	1384	7	1361	7	1364	7	1365
8	1377	8	1369	8	1358	8	1350
9	1384	9	1371	9	1367	9	1367
10	1361	10	1380	10	1369	10	1387

Fonte: Autoria própria

Após a coleta dos dados, os mesmos foram lançados no software Minitab®, e, utilizando-se a função Estudo R&R da Medição

(Cruzado), foram gerados os resultados da análise de variância (ANOVA) e os seis gráficos apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Resultado da Análise R&R gerada pelo Minitab



Fonte: Figura gerada pelo Minitab®

No gráfico “Componentes da Variação”, as barras azuis representam a porcentagem de contribuição de cada fonte de variação, possibilitando notar que a contribuição da soma da repetibilidade e da reprodutibilidade

assume o maior valor dentre os fatores, ou seja, parte da variação é causada pelo sistema de medição.

Outra observação importante desse gráfico é a porcentagem da repetibilidade maior que a reprodutibilidade. Logo, a diferença entre os operadores não é tão significativa quanto a do instrumento. Desta forma, deve-se dispender uma maior atenção para o equipamento, devendo o mesmo ser melhor analisado, para que o sistema de medição não deixe de ser preciso e/ou confiável.

Ainda neste primeiro gráfico, é possível notar que o sistema apresenta problemas, uma vez que o ideal seria que a maior variação existente fosse oriunda da componente “Peça a Peça”, que é a variação do processo em si, porém, no estudo, o maior representante na variação é o “Gage R&R”.

É importante ressaltar também que as barras vermelhas deste mesmo gráfico representam o percentual de variação do estudo, em relação a cada fonte de variação e as amarelas representam a tolerância para cada um dos fatores.

A tolerância geral do processo estabelecida é definida pela diferença entre os limites de especificações para as amostras em estudos, sabendo-se que o limite inferior e o superior são em Gauss (G), unidade de medida da Remanênica, respectivamente 1200 G e 1380 G têm-se a tolerância de 180 Gauss para o processo.

Já no gráfico “Carta de Controle R por operador”, encontram-se as amplitudes do processo entre as medidas obtidas por cada operador, sendo possível notar que os valores

estão entre os limites de controle para essas amplitudes.

O gráfico “Carta de Controle Xbar por operador” demonstra o comportamento dos operadores. O desempenho ideal para esse gráfico seria um desenho mais semelhante dos pontos plotados para cada operador.

“Medição por amostra” é um gráfico sequencial capaz de demonstrar as médias para cada uma das amostras, e a dispersão para cada medição. No estudo em questão, observa-se que várias medições para cada peça apresentam uma grande variação.

Percebe-se no gráfico “Medição por Operador” que existem diferenças entre as medidas encontradas em cada peça e conseqüentemente na média, o que configura o *Box Plot* assimétrico e não alinhado. É importante ressaltar que o esperado para esse gráfico é a semelhança ou proximidade entre as médias das medições operadores.

Por fim, no Gráfico Interação Amostra*Operador nota-se que há uma diferença notável entre as médias das peças, o que significa que eram peças estatisticamente diferentes. Além disso, as linhas não são bem paralelas e se cruzam em algumas peças. Sendo assim, a capacidade de um operador em realizar a medição está relacionada a peça em que irá medir, ou seja, existe uma interação entre peça e operador.

Além dos gráficos, o Minitab® também gerou a análise de variância (ANOVA) representada pela Tabela 2.

Tabela 2 - Primeira análise R&R gerada pelo Minitab

Estudo R&R – Método Anova					
ANOVA para Dois Fatores com interação					
Fonte	GL	SQ	QM	F	P
Amostra	9	2472,9	274,767	4,27911	0,021
Operador	1	435,6	435,600	6,78387	0,029
Amostra*Operador	9	577,9	64,211	0,89182	0,549
Receptibilidade	20	1440,0	72,000		
Total	39	4926,4			
α para remover termo de interação = 0,05					
ANOVA para Dois Fatores sem interação					
Fonte	GL	SQ	QM	F	P
Amostra	9	2472,9	274,767	3,94878	0,002
Operador	1	435,6	435,600	6,26017	0,018
Receptibilidade	29	2017,9	69,583		
Total	39	4926,4			

Fonte: Dados obtidos pelo Minitab®

Considerando um nível de confiança de 95% nota-se que apenas a interação “Amostra*Operador” não é significativa, uma

vez que apresenta *p-Value* maior que 0,05, enquanto que “Amostra” e “Operador” são significativos.

Quando um dos fatores, como “Amostra”, “Amostra*operador” ou “Operador” é significativo na primeira análise, uma nova análise é gerada. Como pode ser visualizado na Tabela 3, tanto as amostras quanto os operadores assumiram valores diferentes dos apresentados na análise anterior.

Conforme mencionado anteriormente na análise dos gráficos pelo Estudo R&R da Medição (Cruzado), identificou-se que a Repetibilidade é responsável por 27,81% da variação, que é superior à variação normal da medição para as diferentes peças, que é o “Peça a Peça”, mesmo considerando a

tolerância ou variação já esperada do processo.

Na Tabela 3, pode-se observar que os valores de “%Study Var” para o “Total Gage R&R” foi superior a 30%. Além disso, deve-se analisar também o “Number Of Distinct Categories” (NDC) que define a quantidade de grupos existentes nos dados do processo e que o sistema de medição pode diferenciar. O NDC, é igual a 1, bem abaixo do valor ideal, que é 5. Dessa forma, o sistema de medição é considerado inadequado, justificando uma investigação com relação à repetibilidade.

Tabela 3 - Segunda análise R&R gerada pelo Minitab®

R&R da medição					
Fonte	CompVar	% Contribuição (da CompVar)			
Total R&R da Medição	87,884	63,14			
Repetibilidade	69,583	49,99			
Reprodutibilidade	18,301	13,15			
Operador	18,301	13,15			
Peça a Peça	51,296	36,86			
Varição Total	139,180	100,00			
Tolerância do processo = 180					
Fonte	DesvPad	Var do Estudo	Var do Estudo (6xDP)	%Var do Estudo (%VE)	% de Tolerância (VE/Toler)
Total R&R da Medição	9,3746	56,2478	79,46	31,25	0,002
Repetibilidade	8,3416	50,0498	70,71	27,81	0,018
Reprodutibilidade	4,2780	25,6677	36,26	14,26	
Operador	4,2780	25,6677	36,26	14,26	
Peça a Peça	7,1621	42,9727	60,71	23,87	
Varição Total	11,7974	70,7846	100,00	39,32	
Número de Categorias = 1					

Fonte: Dados gerados pelo Minitab®

Conforme mencionado anteriormente, o sistema de medição é ineficiente, sendo o instrumento responsável por grande parcela desse fato. Por conta disso, algumas ações corretivas foram aplicadas com foco no equipamento.

A primeira ação aplicada foi compreender melhor o funcionamento do histeresígrafo. A princípio, analisou-se o manual do equipamento, a fim de levantar os fatores internos e externos passíveis de influenciar a

incerteza dos resultados. Assim, notou-se que algumas das recomendações do fornecedor não eram seguidas fielmente.

De forma a eliminar qualquer fonte de incerteza, um novo teste foi executado atendendo a todas as recomendações e especificações do fornecedor. Como garantia, uma lista de verificação, apresentada no Quadro 1, foi elaborada abordando todos os requisitos e assegurando que os mesmos seriam cumpridos.

Quadro 1 - Lista de verificação do sistema de medição

Lista de Verificação		
Recomendações	As recomendações foram atendidas?	
	Sim	Não
1- A variação do fluxo H é de no máximo 1 dígito a cada 20 segundos, atendendo ao intervalo sugerido pelo software.		
2- A amostra é uniforme ao longo de sua altura não apresentando um valor de espessura maior que 10mm.		
3- A amostra não apresenta faixas ou riscos em sua superfície		
4- As amostras são colocadas no centro dos polos indicados na bobina, onde campo é mais uniforme.		
5- As faces da amostra em contato estão perfeitamente encaixadas paralelas ao polo		
6- Não há campos magnéticos próximos ao equipamento de medição.		
7- Os polos são perfeitamente limpos, não havendo poeira ou resíduos magnéticos.		
8- A amostra não é segurada por muito tempo nas mãos não havendo modificações significantes na sua temperatura.		
Fatores Externos	Estão controlados?	
	Sim	Não
Variação da temperatura ambiente		
Corrente de ar		
Flutuação da fonte de tensão que alimenta o equipamento		

Fonte: Autoria própria

O novo teste foi realizado com 10 amostras diferentes, algumas com valores magnéticos superiores e outras com valores inferiores, para que o equipamento fosse capaz de apontar essa diferença. Vale ressaltar que, como mostrado no teste anterior, a reprodutibilidade não apresentou valores significativos. Assim, o novo experimento foi realizado apenas pelo operador experiente, medindo três vezes cada uma das amostras.

Na primeira rodada, as amostras foram medidas em ordem numérica, e nas duas restantes foram mensuradas em ordem aleatória. A Tabela 4 apresenta os valores encontrados em cada rodada para cada uma das peças.

Tabela 4 – Dados de Remanência (Br) coletados – Segunda Análise

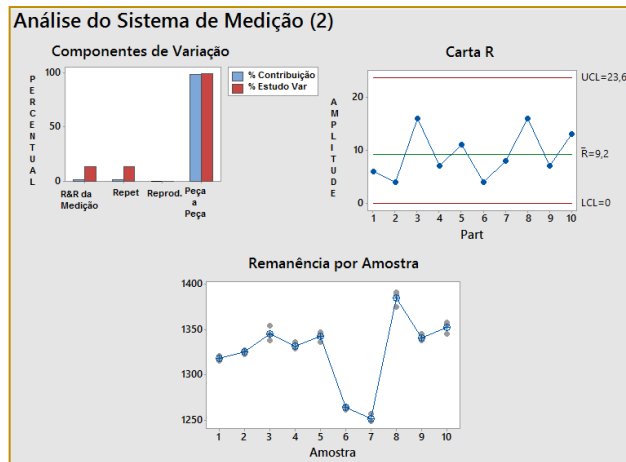
1ª RODADA		2ª RODADA		3ª RODADA	
Amostra	Remanência	Amostra	Remanência	Amostra	Remanência
1	1321	1	1317	1	1315
2	1327	2	1323	2	1325
3	1354	3	1338	3	1344
4	1336	4	1329	4	1329
5	1343	5	1336	5	1347
6	1265	6	1265	6	1261
7	1257	7	1249	7	1249
8	1391	8	1388	8	1375
9	1345	9	1339	9	1338
10	1358	10	1355	10	1345

Fonte: autoria própria

Com os dados coletados, o Minitab® foi utilizado para gerar mais três gráficos

apresentados na Figura 4 e uma nova análise de variância (ANOVA).

Figura 4 - Segunda análise do sistema de medição



Fonte: Figura gerada pelo Minitab®

No gráfico “Componentes de Variação”, percebe-se que as barras “Peça a Peça” apresentam valores superiores aos do “Gage R&R”, o que não ocorreu no teste anterior. Além disso, evidencia-se uma melhoria significativa na repetibilidade do sistema, que apresentou valores inferiores a análise realizada anteriormente.

O gráfico à direita, “Carta R” mostra que as amplitudes para cada amostra se encontram dentro dos limites de controle e não há

nenhuma tendência. Logo, os valores encontrados nas diferentes amostras atendem a um padrão.

Por fim, no gráfico de “Remanência por Amostra”, os valores estão próximos à média para cada amostra, ou seja, as medidas encontradas para cada amostra sofreram poucas variações.

Conforme mencionado anteriormente, além dos gráficos, o software gera a análise de variância, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Segunda análise de variância do sistema de medição

Estudo R&R – Método Anova					
Tabela ANOVA para um Fator					
Fonte Amostra	GL	SQ	QM	F	P
	9	43514,1	4834,90	169,250	0,000
Repetibilidade	20	571,3	28,57		
Total	29	44085,5			
α para remover termo de interação = 0,05					
R&R da Medição					
Fonte	CompVar		% Contribuição (da CompVar)		
Total R&R da Medição	28,57		1,75		
Repetibilidade	28,57		1,75		
Peça a Peça	1602,11		98,25		
Varição Total	1630,68		100,00		
Fonte	DesvPad	Var do Estudo (6xDP)	%Var do Estudo (%VE)		
Total R&R da Medição	5,3448	32,069	13,24		
Repetibilidade	5,3448	32,069	13,24		
Peça a Peça	40,0264	240,158	99,12		
Varição Total	40,3817	242,290	100,00		
Número de Categorias Distintas = 10					

Fonte: Dados obtidos pelo Minitab®

Como se pode notar na Tabela 5, a porcentagem de contribuição da repetibilidade, que anteriormente era de aproximadamente 70%, sem descontar a tolerância do processo, reduziu-se para aproximadamente 13%. Logo, considerando a complexidade em se manter um campo magnético constante, o sistema se torna adequado.

O número de categorias distintas sofreu um avanço considerável se comparado ao anterior, sendo agora igual a 10 superando o valor definido para aceitação do sistema.

A fim de facilitar a visualização das diferenças existentes na análise do sistema de medição antes da "Folha de verificação", o Quadro 2 apresenta o resumo dos resultados.

Quadro 2 - Resumo das análises R&R

Item analisado	Primeira Análise R&R	Segunda Análise R&R
Número de categorias distintas	1	10
Total Gage R&R	30,71% (considerando tolerância do processo)	13%
Reprodutibilidade	12,24% (considerando tolerância do processo)	Não foi avaliada
Repetibilidade	27,81%	13,24%

Fonte: Autoria própria

Considerando as melhorias no sistema de medição apresentadas, a empresa optou por incluir as recomendações do Quadro 2 na instrução de trabalho das atividades de medição no histeresígrafo para garantir que todas serão cumpridas para a utilização do equipamento.

5. CONCLUSÃO

Ao analisar o desenvolvimento desse trabalho, pôde-se notar a significativa relevância da confiabilidade dos dados oriundos de um sistema de medição em busca da eficácia no controle dos processos e, conseqüentemente, desempenho da produção e tomada de decisões.

O estudo de R&R aplicado possibilitou o conhecimento das causas de variação do sistema de medição, além de verificar se o sistema era estatisticamente correto e capaz de garantir que os valores de remanência coletados pelo histeresígrafo eram condizentes com a realidade.

Dessa forma, constatou-se que as medições das amostras estavam sendo realizadas de maneira equivocada, isto é, o histeresígrafo não estava sendo utilizado com as recomendações necessárias para a sua precisão. Por conta disso, nesta pesquisa, algumas modificações no procedimento de medição foram sugeridas, o que gerou uma melhoria significativa no sistema e constatou a importância de conhecer o equipamento e suas recomendações de uso. É válido ressaltar que essas modificações sugeridas passaram a ser implementadas pela empresa como procedimento padrão de uso do histeresígrafo.

É importante destacar também acerca das consequências de um sistema de medição inadequado. Com o controle da qualidade do produto distorcido e os dados coletados não confiáveis, muitas vezes as mercadorias eram descartadas por serem apontados equivocadamente pelo sistema de medição como não adequadas, causando desperdício e reprocesso, assim como enviadas

inadequadamente para os clientes, gerando prejuízos e insatisfação.

Por fim, percebe-se que a pesquisa atingiu com êxito o seu objetivo de analisar o sistema de medição da empresa, avaliando a confiabilidade dos valores de Remanência gerados pelo histeresígrafo. Tendo assim a sua relevância justificada ao adequar o sistema de medição na empresa.

Como sugestão para trabalhos futuros, tem-se a possibilidade de avaliar se os outros instrumentos de medida utilizados na empresa estão sendo utilizados corretamente e são capazes de assegurar informações confiáveis, além de, também, investigar quais foram as consequências na qualidade de produção da remanência ao utilizar os dados condizentes com o sistema de medição adequado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CNPQ, FAPEMIG, DPPG/UNIFEI à Universidade Federal de Itajubá campus Itabira, à Empresa por fornecer recursos para a realização desta pesquisa e também ao grupo de Estudos em Qualidade e Produtividade – GEQProd, pelo seu apoio.

REFERÊNCIAS

- [1] Automotive Industry Action Group (AIAG). Measurement systems analysis Reference Manual. 4ed. Chrysler, Ford, General Motors Supplier Quality Requirements Task Force, 2010.
- [2] Burdick, R.K.; Borror, C.M. & Montgomery, D.C. A Review of Methods for Measurement Systems Capability Analysis. J. Quality Technology Vol. 35, p. 342-354, 2003.
- [3] Fonseca, M.P. A Análise do Sistema de Medição (MAS) como ferramenta no controle de processos em uma indústria de dispositivos médicos descartáveis. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.
- [4] Martins, R. A.; Mello, C.H.P.; Turrioni, J. B. Guia para elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção. São Paulo: Atlas, 2013. 224p.

- [5] Natrella, M. NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods. 2013. Disponível em: <<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook//index.htm>> Acesso em 08 out. 2016.
- [6] Pedott, A. H. Análise de Dados Funcionais Aplicada ao Estudo de Repetitividade e Reprodutibilidade: ANOVA das Distâncias, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- [7] Peruchi, R. S. Mdmaic – Um Roadmap Seis Sigma Multivariado. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014.
- [8] Reis, S. M. Estatística para Melhoria de Processo: A perspectiva Seis Sigma. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2016. 386p.

Capítulo 20

IMPLANTAÇÃO DE CUSTEIO ABC NO PROCESSO PRODUTIVO EM UMA PADARIA DE PEQUENO PORTE DE UM MUNICÍPIO DO CENTRO-OESTE MINEIRO

Rafael Izidoro Martins Neto

Patricia Reis

Cleiton Magela Luz

Resumo:As empresas buscam sempre estar preparadas para atender as suas necessidades competitivas em relação à concorrência existente no mercado, pois ter um conhecimento detalhado de todo o desenvolvimento da empresa, promove ser capaz de resolver problemas sobre os seus custos provenientes da fabricação. O presente estudo realizou-se em uma padaria situada no centro-oeste mineiro, tendo como objetivo verificar se a empresa possuía um sistema de custeio através de atividades e a partir daí simular como seria a implantação de um custeio ABC. Através de entrevistas, visitas in loco e observações no processo produtivo da panificadora, foi possível coletar os dados de todas as atividades juntamente com seus tempos de produção verificando os custos diretos e indiretos a fabricação, a quantidade de pães que a empresa produzia por mês, a quantidade de funcionários que trabalhavam no processo, para posteriormente efetivar a simulação da quantidade de recursos que cada atividade consumia em relação aos custos indiretos. Através da simulação foi possível analisar quanto que era a margem de lucro proveniente do processo produtivo do pão francês, constatou-se o valor de 64%.

Palavras-chave: Custeio ABC, custos, processos produtivos.

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário econômico cada vez mais competitivo, as empresas precisam estar atentas e preparadas em relação aos seus concorrentes, direcionando todos seus esforços ao aumento da produtividade com maior controle. Assim, buscando alcançar um lucro maior produzindo muito e gastando pouco, otimizando cada vez mais o processo evitando perdas, e ganhando reconhecimento diante dos clientes e fornecedores. No entanto, para que uma organização consiga reduzir custos em grandes proporções, é necessário basear em um processo informação dinâmico, simples e seguro, que ofereça informações para a tomada de decisões dos seus gestores.

A contabilidade de custos se faz presente na ciência contábil que se aplica ao conhecimento das despesas para alcançar um produto de venda ou de consumo, seja um bem, uma mercadoria ou até mesmo um serviço prestado (NIEDERLE, 2012). Mota (2002), ainda completa contabilidade de custo como área da atividade que acumula, gerencia, analisa e interpreta os custos dos produtos, dos serviços, detalhamento de tudo aquilo que compõe a organização, desde os planos operacionais e atividades que dividem e definem o lucro, a fim de controlar as operações dando suporte ao gerente nas tomadas de decisões da empresa.

O gestor precisa de muitas informações bases para auxiliar nas decisões que são tomadas na organização, entre esse conteúdo, está a questão dos custos. Pompermayer e Lima (2002) apud Abbas (2012), evidencia que quanto maior for a concorrência a qual mercado está instituída a empresa, mais importante será a necessidade de contar com um método de custeio que lhe ofereça condições de conhecer os custos da organização, a fim de ser mais competitivo e buscar formas de ser superior aos seus concorrentes.

As organizações ao planejar seus custos estratégicos propiciam aos gerentes identifica-los em sua maioria. Neste artigo utilizou-se o método *Activity Based Costing* (ABC - Custeio Baseado em Atividades) para sugerir sua implantação no processo produtivo em uma panificadora objeto desse estudo. Essa ferramenta fornece possibilidade de redução, distorções provenientes de rateios facultativos dos custos indiretos e a condução dos custos para as tarefas, dando

suporte à tomada de decisões, proporcionando um cenário de quanto vai custar o serviço prestado e quanto cada setor consome de insumos (BORNIA, 2002).

O presente estudo tem como objetivos fazer um levantamento sobre os custos do processo produtivo, conhecer o método de custeio aplicado se existente e criar um simulador do custeio ABC na empresa, afim de comparar o processo antes da implantação e depois de introduzir o método.

Além desta introdução, o trabalho se desenvolve em mais cinco seções. A segunda apresenta a fundamentação teórica, a terceira os procedimentos metodológicos, a quarta expõe os artigos que incorreram em aplicações práticas dos métodos de custeio citados na fundamentação teórica, e, por fim, a quinta apresenta as considerações finais do estudo.

O presente trabalho está estruturado em cinco partes: esta introdução, a segunda parte apresentando a metodologia de estudo, sendo que na terceira parte foi realizada a revisão teórica a respeito dos conceitos do ABC e da ABM, com a quarta parte apresentando o estudo de caso realizado. As conclusões do estudo são realizadas na quinta e última parte.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CUSTOS

O autor Wernke (2008, p.12) traz em sua obra uma definição funcional de custos:

Custos são os gastos efetuados no processo de fabricação de bens ou de prestação de serviços. No caso industrial, são os fatores utilizados na produção, como matéria prima, salários e encargos sociais dos operários da fábrica, depreciação das máquinas, dos móveis e das ferramentas utilizadas no processo de fabricação.

Os custos de uma organização ocorrem do agrupamento de vários fatores, entre eles, estão a qualificação tecnológica e a produção referente a processos, produtos e gestão; a escala de modernização da estrutura operacional e gerencial; e a qualificação da mão de obra (Megliorine, 2007).

Existe uma série de variáveis analisadas no contexto geral que podem modificar os custos, tanto do ambiente interno como também do ambiente externo. Entre os fatores internos estão o modelo de operação, a composição e a maneira de gerenciar. Já os componentes externos podem apontar variáveis como o nível de demanda e os preços das matérias primas. (Megliorini, 2007).

Os custos são todos os gastos, as vezes confundidos, mas não são os investimentos que são importantes e necessários em todo o processo de produção dos produtos daquela empresa. É através desses gastos, realizados pela organização, que vai ser criado todos os seus produtos. Assim, podemos afirmar que todos esses gastos são todos interligados ao produto final, dos quais diretos ao produto, sendo o único objetivo dos gastos gerar esses produtos que são relacionados ao espaço industrial da empresa (Padaveze, 2013).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DE CUSTOS

Os custos são classificados para atender a várias finalidades para as quais são apurados. Podem ser distribuídos em custos diretos, indiretos, fixos, variáveis, semifixos e sem variáveis. O presente estudo vai utilizar os quatro primeiros custos como base.

2.2.1 CUSTOS DIRETOS

Os custos diretos de uma organização podem ser naturalmente ligados aos seus produtos ou serviços. Segundo Wernke (2008), custos diretos são os gastos facilmente ligados a todas unidades produzidas, identificados como elemento deste ou daquele produto. Desde sua origem, descrição única e objetividade de identificação de um produto são realizados por medições ou controles individuais. Como exemplo a ficha técnica de um produto, sem a exigência de divisão de lucro ou despesa por meio de rateios. Todos esses gastos são específicos do produto ou serviço, então quando não é produzido nada ou nenhum serviço é realizado, os gastos não se aplicam.

Ainda de acordo com Megliorini (2007), os custos diretos agrupados aos produtos de acordo com o seu consumo. Exemplos básicos desse tipo de custo são as matérias primas utilizadas e a mão de obra direta. Se houver algum outro elemento ligado ao

consumo no produto, o seu custo será considerado direto. Outro exemplo agrupado ao contexto pode ser o de energia elétrica, quando medida por meio de aparelhos junto as máquinas, o detalhamento do seu consumo se identifica como custo direto de produção.

Custo direto pode ser relacionado a um departamento, produto ou até mesmo uma linha de produção. São organizados com facilidade, pela ligação com produto e serviço. Alguns exemplos: matéria prima, mão de obra direta, depreciação dos equipamentos da área de produção, material de embalagens entre outros, Machado (2015).

2.2.2 CUSTOS INDIRETOS

De acordo com Leone (2011, p.59), “custos indiretos são todos os outros custos que dependam do emprego de recursos, de taxas de rateio, de parâmetros para o débito as obras”.

Os custos indiretos não podem se ajustar diretamente a cada tipo de bem ou função de custo no período da sua eventualidade. Pode ser usado como parâmetro o critério de rateio para atribuir cada parcela de um bem ou função de custo. Muito comum a vários tipos de bens, mesmo não ocorrendo a separação das parcelas referentes a cada um no momento da sua existência. Essa mesma separação é realizada através de uma forma especial, que é chamada de rateio, Dutra (1995).

Bornia (2002), caracteriza os custos indiretos como difíceis de serem destinados as unidades, pelo fato de precisar de um rateio. Esses rateios são os mesmos que causam a maior parte das dificuldades e deficiências de todo o sistema de custo, pelo fato de serem complexos, e existir várias maneiras de realiza-los, com diferentes critérios.

No ponto de vista de Leone (2011), se considera várias vezes um custo como indireto, quando seu valor não é tão significativo para aquele produto ou serviço, ou seja, pegando como base uma relação econômica não haveria tanto retorno utilizando algum tipo de recurso muito caro, em termos de documentação, burocracia para sua adequação.

2.2.3 CUSTO FIXO

São custos que, independentemente da quantidade produzida ou vendida, se mantêm os mesmos. De acordo com Wernke (2008), os custos fixos são gastos que permanecem constantes conforme as atividades operacionais, ou seja, está associado com a capacidade instalada da empresa. Existindo independentemente de a empresa produzir ou estiver parada, e nenhum vínculo com o aumento ou diminuição da produção.

No entanto, Martins (1998) expressa a ideia de que custo ou despesa não é eternamente fixo. São fixos apenas quando as atividades estiverem dentro dos limites de oscilação, e que, após tais limites, os custos aumentam, porém, isso não ocorre de forma proporcional.

Na perspectiva de Magliorini (2007), custos fixos derivam da manutenção da estrutura produtiva na empresa, não dependendo do volume de produção fabricado, no entanto deve obedecer ao limite da capacidade instalada.

2.2.4 CUSTO VARIÁVEL

Os custos variáveis podem ser compreendidos como os tipos de custos que sofrem modificações em função da alteração da quantidade produzida no período. Sendo assim, quanto maior for o volume da tarefa naquela ocasião, maior vai ser o custo variável no processo, e o inverso, quanto menor se produzir menor será o custo variável, Dutra (1995).

Na abordagem de Leone (1997), se define o custo variável como aquele tipo de custo que modifica – se de acordo com as unidades produzidas, está correto a afirmação, mas não é uma definição universal. Toda a definição deve ser generalizada.

Nos custos variáveis, o valor modifica-se de acordo com as atividades da organização. Importante lembrar que o custo variável não é igual ao custo direto, ou seja, um custo só é variável se ele acompanha a proporção da tarefa que ele é ligado. Já o custo direto, pode ser previsto com relação a atividade, setor ou produto determinado (WERNKE, 2008).

2.3 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES (ABC)

Método baseado na análise das atividades mais importantes dentro da empresa. Seu objetivo é excluir todas as limitações atribuídas pelos sistemas mais comuns de custeio. Segundo Pinto *et al.* (2008), custeio abc verifica o comportamento dos custos por atividade, determinando relações entre a tarefa e o gasto de recursos, independente das divisões de departamentos, permitindo encontrar fatos que levam a empresa a envolver os custos em seus processos de oferta de produtos e serviços e de atendimentos a mercados e clientes.

O Abc é uma ferramenta bastante prática, refere a uma metodologia criada para facilitar a análise estratégica de custos ligados com as tarefas que mais tem influência sobre o consumo de recursos dentro de uma organização, (NAKAGAWA, 2012).

O grande intuito desse sistema é organizar de forma mais clara os gastos indiretos nos bens produzidos, possibilitando uma melhor administração dos gastos da organização, agregando apoio as decisões gerenciais. Considerando como a ferramenta mais complexa dos sistemas de custeio, o sistema ABC deve ser adotado apenas quando houver uma análise rigorosa por parte da empresa, afim de avaliar sua necessidade perante as operações.

3 METODOLOGIA

Metodologia é a ciência examina os processos e formas de verificação de determinado problema, fazendo uma análise e desenvolvendo ressalvas, ou seja, levantando críticas, interpretações, gerando dados a partir da ligação entre a causa e efeito (OLIVEIRA, 2004).

Segundo Severino (2007), as táticas de pesquisas caracterizam-se pelo esboço de um caso individual, determinando a representação de um conjunto de casos parecidos. Nele, a coleta de dados, é realizada em condições naturais em que as transformações ocorrem, sendo conferidos diretamente, sem influência ou ajustes por parte do pesquisador.

Nesse presente trabalho, foi utilizado uma pesquisa qualitativa, que através de uma entrevista buscou-se informações específicas sobre o processo produtivo do pão francês.

Para Filstead (1970), uma metodologia qualitativa refere-se àquelas estratégias que propiciam ao pesquisador “chegar perto dos dados”, desenvolvendo os componentes analíticos, conceituais e categóricos de explicação a partir dos próprios dados, mais do que às técnicas quantitativas altamente rígidas na sua estrutura e recheadas de preconceitos.

“Quando se diz que uma pesquisa é descritiva, está querendo dizer que se limita a uma descrição pura e simples de cada uma das variáveis, isoladamente, sem que sua associação ou interação com as demais sejam examinadas” (CASTRO, 1976, p. 66).

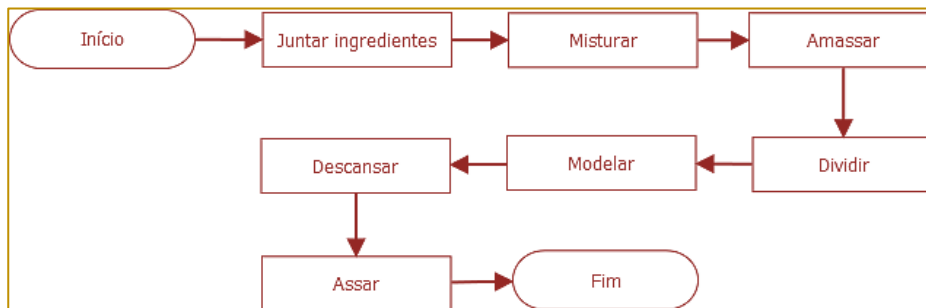
Segundo Mattar (2005, p. 159), dados primários são aqueles que ainda não foram

antes coletados. Eles são pesquisados com o objetivo de atender às necessidades específicas da pesquisa em andamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo realizou um levantamento dos dados da produção do pão francês em uma panificadora, com o intuito de simular a implantação do custeio ABC. Através de entrevistas com os funcionários permitiu-se recolher informações do processo produtivo, e fundamentado nos dados pode-se estruturar o fluxograma da fabricação do pão francês. A Figura 1 representa o fluxograma da produção.

Figura 1: Fluxograma do processo produtivo do pão francês



Fonte: Autores 2016

O processo produtivo começa com a junção dos ingredientes, farinha, fermento, margarina, sal, açúcar e reforçador de glúten, estes são inseridos na masseira, para serem misturados. Na mesma máquina o conteúdo é amassado até chegar ao formato desejado, posteriormente a massa é dividida em diversas porções de 2 kg, com o propósito de introduzir na divisora. Em seguida, os pedaços passam na modeladora, onde se dá forma ao pão. Depois destes procedimentos o pão, ainda cru, mas já com seu formato, segue para a estufa onde fica

descansando por 3 horas até crescer e poder ir ao forno onde é assado por cerca de 20 minutos.

Tendo como base o fluxograma, pode-se realizar a identificação das atividades desenvolvidas no processo verificado na tabela 2. Na primeira coluna adicionou-se a simbologia para que posteriormente utilize as atividades de maneira mais simplificada, na segunda coluna é apresentado o nome das atividades identificadas no processo de fabricação do pão.

Tabela 2: Identificação das atividades do processo

Símbolo	Atividades
A	Acrescentar os ingredientes
B	Misturar
C	Amassar
D	Dividir
E	Modelar
F	Repousar
G	Assar

Fonte: Autores 2016

Para obter a identificação dos custos no processo utilizou-se as notas fiscais das compras de matérias prima, e através de entrevistas com os funcionários pode-se verificar o que realmente era usado para a fabricação dos produtos. Na empresa, fabrica-se cerca de 2520 pães por dia, e que aproximadamente 1kg de massa de pão consiste em 15 pães, logo por dia são produzidos 168kg de massa. Considerando que aos domingos a padaria funciona

somente na parte da manhã e que como consequência sua produção é menor, apresentando uma fabricação de 50 kg de massa, ao final do mês sua produção tem uma estimativa de 4232 kg de massa, e um pressuposto de que sua quantidade produzida seja em torno de 63480 pães. A tabela 3 informa os custos diretos com a produção, sendo possível verificar sua quantidade consumida, o valor unitário e mensal de cada insumo.

Tabela 3: Identificação dos custos do processo

Matéria-prima	Quantidade (kg)/mês	Valor unitário (R\$/kg)	Valor mensal (R\$)
Farinha	2519	1,97	4962,45
Fermento	50,40	7,25	365,40
Sal	50,40	0,60	30,25
Açúcar	25,20	1,95	49,40
Reforçador de glúten	25,20	2,20	55,45
Margarina	50,40	5,38	271,15
	Total	18,40	5734,1

Fonte: Autores 2016.

A tabela 4 demonstra uma estimativa dos custos indiretos na produção, que logo em

seguida são direcionadas as atividades de produção.

Tabela 4: Custos indiretos com a produção mensal

Energia Elétrica	R\$ 3000,00
Água	R\$ 150,00
Limpeza	R\$ 950,00
Manutenção	R\$ 200,00
Total	R\$ 4300,00

Fonte: Autores 2016

A energia elétrica e a água estão colocadas de maneira aproximada, pois a padaria fabrica outros produtos e os respectivos gastos também estão inclusos nas contas. O valor da limpeza inclui os produtos utilizados e a mão de obra da funcionária.

Para definir os direcionadores na Tabela 5, utilizou-se a relação da atividade e o consumo de recursos, propiciando apresentar uma melhor distribuição dos dados.

Tabela 5: Distribuição dos direcionadores de custos indiretos

Custos	Direcionador
Energia elétrica	Tempo de utilização das máquinas
Água	Área ocupada pela máquina
Limpeza	Área ocupada pela máquina
Manutenção	Quantidade de máquinas

Fonte: Autores 2016.

Através destes direcionadores possibilitou-se realizar uma estimativa das proporções que cada atividade exerce em relação aos custos

indiretos. A tabela 6 apresenta as atividades desenvolvidas no processo e suas respectivas proporções.

Tabela 6: Proporções de cada atividade em relação aos custos indiretos

	A	B	C	D	E	F	G
Energia elétrica	0%	21%	18%	0%	26%	0%	35%
Água	19%	22%	14%	7%	10%	12%	16%
Limpeza	19%	22%	14%	7%	10%	12%	16%
Manutenção	0%	20%	20%	20%	20%	0%	20%

Fonte: Autores 2016.

Para encontrar as proporções do custo em energia elétrica, usou-se o tempo de funcionamento de cada máquina, na atividade A o trabalho é realizado manualmente, não sofrendo gastos com energia, em B a máquina realiza a função em 12 minutos, C concretiza o processo em 10 minutos, D não gasta energia, pois o trabalho é feito manualmente, E executa em 15 minutos, F não é uma máquina, então não existe um gasto e G efetua sua tarefa em 20 minutos, apresentando um somatório de 57 minutos. Portanto a porcentagem é obtida dividindo a quantidade de minutos que cada máquina gasta para completar a atividade pelo valor total dos tempos, logo em seguida multiplica o valor encontrado por 100.

A porcentagem da água e da limpeza é obtida de acordo com a área que cada máquina ocupa, desta maneira A ocupa

1,7m², B 2,0m², C 1,3m², D 0,6m², E 0,9m², F 1,10m², e G 1,4m², perfazendo um total de 9m². A divisão é feita de acordo com o valor de cada área pelo valor total encontrado e depois ser multiplicado por 100.

A manutenção ocorre de acordo com a quantidade de máquina existente, pois para a atividade de A e F não se utiliza máquinas, como consequência não causando nenhum gasto. Para encontrar a quantidade que cada uma utiliza, realizou-se uma estimativa igual para o restante das atividades B, C, D, E e G, obtendo um valor de 20% para cada atividade.

A partir destes dados, é realizada a aplicação do custeio ABC, uma vez que se pode constatar quanto que cada atividade consome em relação aos custos indiretos na produção, evidenciados na tabela 7.

Tabela 7: aplicação do custeio abc

Custos indiretos	A	B	C	D	E	F	G	Total
E. Elétrica	R\$ -	R\$ 30,00	R\$ 540,00	R\$ -	R\$ 780	R\$ -	R\$ 1050,00	R\$ 3000,00
Água	R\$ 28,5	R\$ 33,00	R\$ 21,00	R\$ 10,5	R\$ 15,00	R\$ 18,00	R\$ 24,00	R\$ 150,00
Limpeza	R\$ 180,5	R\$ 209,00	R\$ 133,00	R\$ 66,5	R\$ 95,00	R\$ 114,00	R\$ 152,00	R\$ 950,00
Manutenção	R\$ -	R\$ 40,00	R\$ 40,00	R\$ 40,00	R\$ 40,00	R\$ -	R\$ 40,00	R\$ 200,00
TOTAL	R\$ 209,00	R\$ 912,00	R\$ 734,00	R\$ 117,00	R\$ 930,00	R\$ 132,00	R\$ 1266,00	R\$ 4300,00

Fonte: Autores 2016.

Diante da tabela 7, pode-se verificar que a atividade que menos consome recursos financeiros é a atividade dividir, pois é uma atividade realizada manualmente provocada devido à agilidade da ação e ao pouco espaço que ocupa. No entanto, a atividade G é a que consome a maior quantidade de

recursos, pois é a que possui um tempo de processo alto em relação às outras atividades.

A tabela 8 consegue evidenciar de maneira mais detalhada a alocação dos custos causados por cada atividade, realizando a apuração através do custeio ABC em relação ao processo produtivo do pão francês.

Tabela 8: Demonstração dos resultados obtidos

Atividades	Pão Francês
Juntar ingredientes	R\$ 209,00
Misturar	R\$ 912,00
Amassar	R\$ 734,00
Dividir	R\$ 117,00
Modelar	R\$ 930,00
Descansar	R\$ 132,00
Assar	R\$ 1266,00
Custo indireto	R\$ 4300,00
Matéria-prima	R\$ 5734,1
Mão de obra	R\$ 5600,00
Custo total	R\$ 15634,1
Quantidade produzida kg	4232
Preço de venda	R\$ 10,30
Custo por kg	R\$ 1,35
Margem de lucro	64%

Fonte: Autores 2016.

Com estes dados verificou-se o preço de venda que cada kg usufrui, o custo equivalente a cada kg de massa produzida e a partir dessas informações apurar qual a margem de lucro existente na panificadora. Constatou que a mesma, possui uma margem de lucro de 64%, valor este conseguido em função da localização do estabelecimento e à uma boa administração de seus proprietários.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se perceber através de entrevistas que a padaria não possuía um controle de custos

em suas atividades, isso proporcionou uma possibilidade de simular o que ocorre quando se utiliza o custeio ABC no processo de fabricação do pão francês. Este método permitiu encontrar qual atividade consumia mais recursos e qual consumia menos, qual a influência que cada uma sofria em relação aos custos indiretos.

Após esta verificação dos dados, constatou-se que a panificadora possui uma boa gestão, mas que futuramente é necessário se pensar em implantar o custeio ABC para obter uma vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes.

REFERÊNCIAS

[1] ABBAS, KATIA, MARGUIT NEUMANN GONÇALVES, AND MAURY LEONCINE. "Os métodos de custeio: vantagens, desvantagens e sua aplicabilidade nos diversos tipos de organizações apresentadas pela literatura." Contexto 12.22 (2012): 145-159.

[2] DUTRA, RENÉ GOMES. Custos: uma abordagem prática. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

[3] LEONE, GEORGE SEBASTIÃO GUERRA. Curso de contabilidade de custos: contém critério do custeio ABC. São Paulo: Atlas, 1997.

[4] LEONE, GEORGE SEBASTIÃO GUERRA. Custos: planejamento, implantação e controle. São Paulo: Atlas, 2011.

[5] MACHADO, CELSO ANDERSON DA SILVA, et al. "Gestão de custos. "maiêutica-curso de administração 3.1 (2015).

[6] MEGLIORI, EVADIR. Custos: análise e gestão. 2. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

[7] MOTA, ANTÔNIO GUSTAVO DA. Noções da Contabilidade de Custos. Cacoal, 2002.

[8] NAKAGAWA, MASAYUKI. ABC: custeio baseado em atividades. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2012.

[9] NIEDERLE, FERNANDO. "Sistema de custos e análise de preços na padaria Bom Gosto." (2012).

[10] PADOVEZE, CLÓVIS LUÍS. Contabilidade de custos: teoria, prática, integração com sistemas de informação (ERP). São Paulo: Cengage Learning, 2013.

[11] WERNKE, RODNEY. Gestão de Custos: Uma Abordagem Prática. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Capítulo 21

ANÁLISE DE CUSTOS DO SISTEMA CONSTRUTIVO MODULAR COM ESTRUTURA DE LIGHT STEEL FRAME EM FÁBRICAS E O SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL COM TIJOLO CERÂMICO

Lucas de Carvalho Capobiango

Samantha Coelho Pinheiro

Resumo: Dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), apontam que o Brasil possui uma demanda construtiva de 5,4 milhões de residências. Na tentativa de sanar esse problema vivido por brasileiros, o Governo Federal criou um programa de auxílio à aquisição da casa própria, intitulado "Minha Casa, Minha Vida". A maioria das casas construídas no Programa supracitado, utilizam o sistema construtivo convencional, com estrutura de concreto armado e paredes de vedação de tijolos cerâmicos, porém, este sistema costuma ter níveis de desperdício elevados, colocando sua eficiência em risco. Atualmente, existem incontáveis processos construtivos com promessas de aumento da produtividade, redução de custos, prazos e desperdício. Os processos industrializados, por exemplo, possuem a capacidade de reduzir as variáveis, como intempéries, desperdício excessivo, entre outros, devido à facilidade de realizar o planejamento de suas atividades, fato realizado com muita dificuldade em processos construtivos convencionais. O presente trabalho apresenta a análise comparativa de custos entre uma fábrica de casas modulares, com o Light Steel Frame (LSF) como sistema estrutural, e o sistema construtivo convencional com tijolos cerâmicos, utilizando como base de dados, um conjunto residencial do Programa do Governo Federal Brasileiro, "Minha Casa, Minha Vida", atualmente em construção, na cidade de Manaus. O estudo comparativo entre o custo de execução de casas construídas com o sistema construtivo convencional e o custo utilizando o sistema construtivo modular com estrutura de Light Steel Frame em fábricas foi realizado através da análise dos projetos executivos utilizados na construção convencional, adaptando-os para o sistema em estudo, para assim, possibilitar a realização do levantamento orçamentário de construção das casas. Após a comparação de custos para os sistemas, os resultados indicaram que os custos para a construção das residências do conjunto residencial estudado se apresentaram 38,85% mais caros, quando feitos com o sistema construtivo modular com Light Steel Frame, se comparados com o sistema convencional. Conclui-se, então, que os custos para a construção das residências analisadas, utilizando o sistema modular com Light Steel Frame, incluindo os valores de implantação da fábrica, são 59,38% superiores quando comparados aos custos de construção com o sistema convencional.

Palavra-Chave: Construção Modular. Viabilidade Econômica. Light Steel Frame (LSF).

1. INTRODUÇÃO

Os processos industrializados possuem a capacidade de reduzir as variáveis, como intempéries, problemas de logística, entre outros, devido à facilidade de realizar o planejamento de suas atividades, fato realizado com muita dificuldade em processos construtivos convencionais. Com isso, a construção convencional se tornou um sistema construtivo arcaico, com alto nível de desperdício, baixa produtividade e dificuldade em seu gerenciamento.

Segundo Rodriguez (2005), o planejamento do processo facilita o desenvolvimento de projetos e a execução da obra, sendo ele beneficiado por ferramentas específicas para o gerenciamento de diversas atividades e informações referentes aos projetos. Existem inúmeras propostas de soluções, como as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), utilizando extranets de projeto, sistemas de apoio à decisão, aplicativos com inteligência artificial, além de sistemas para Building Information Modelling (BIM).

A construção modular tem como uma das principais características, frente à construção convencional, o processo em ambiente controlado. Esse fato ajuda a caracterizar o sistema construtivo modular como um processo industrial de Construção Civil, que

tem como objetivo o aumento de produtividade, redução de desperdício e maior controle do sistema.

O sistema construtivo modular foi adotado por possuir uma gama de vantagens que podem ser avaliadas para a proposição de um novo sistema construtivo de casas populares na cidade de Manaus. E em busca de um sistema construtivo ainda mais eficiente, incluiu-se no estudo, o Light Steel Frame, um processo construtivo baseado na estruturação com perfis metálicos seriados, com índice de desperdício reduzido e uma produtividade elevada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONSTRUÇÃO DE CASAS POPULARES EM MANAUS

Segundo dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), através da Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios (PNAD), o Brasil possui uma demanda construtiva de 5,4 milhões de residências. Sendo o déficit habitacional do norte do Brasil responsável por mais de 10% do quadro nacional, do qual 2,5% pertence ao Amazonas (Figura 1), o que representa mais de 158 mil residências.

Figura 1: Déficit Habitacional Brasileiro por Regiões e Estados do Norte

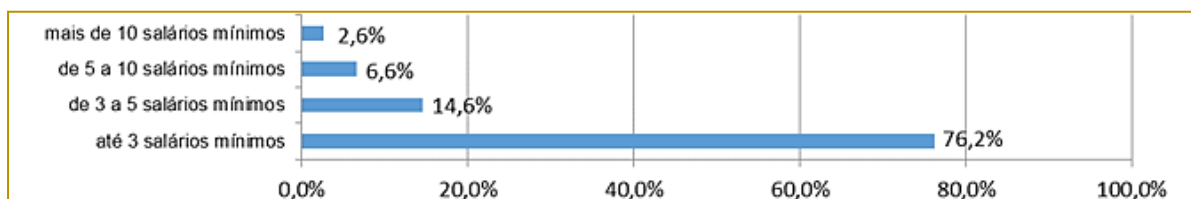


Fonte: IBGE, 2012.

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção, o déficit habitacional é muito superior quando analisada a renda familiar. Os valores indicam que 76,2% do déficit é

representado por famílias com renda de até 3 (três) salários mínimos, como apresentado na Figura 2:

Figura 2: Divisão do Déficit Habitacional por Renda Familiar (CBIC, 2015).



Fonte: CBIC (2015)

De acordo com o Governo Federal do Brasil (2016), o programa habitacional “Minha Casa, Minha Vida” (MCMV) é o maior programa de acesso à casa própria já criado na história do país. O programa prevê diversas formas de atendimento às famílias que necessitam de moradia, considerando a localização do imóvel, sendo na cidade ou no campo, renda familiar e valor da unidade habitacional. Além disso, o programa também contribui para a geração de emprego e renda para os trabalhadores da construção civil, que realizam as obras. Os investimentos do MCMV no país ultrapassam R\$ 40,6 bilhões, sendo mais de 655,6 milhões de reais destinados ao Amazonas.

Nestes programas sociais foram utilizados sistemas convencionais que, para este trabalho, designam sistemas construtivos com estrutura de concreto armado e paredes de vedação de alvenaria de tijolos cerâmicos furados. Este sistema construtivo é, atualmente, o mais utilizado em todo o Brasil, porém, alguns estudos já comprovaram a ineficiência desse modelo.

Como o estudo realizado por Klein e Maronezi (2013), que comparam os sistemas construtivos no Paraná, concluindo que, apesar da pouca utilização, o sistema Light Steel Frame apresenta grandes vantagens em relação ao sistema convencional, principalmente no tempo gasto para a execução, encontrando, após análise realizada, uma diferença de sete meses no tempo de construção comparado à Alvenaria Convencional, método mais utilizado para construção na região sul do país.

2.2 INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E CONSTRUÇÃO MODULAR

A industrialização é um sistema organizacional com características peculiares,

como: o fluxo de produção contínuo, padronização do processo, integração entre os estágios do processo global, alto nível de organização do sistema, substituição ao trabalho manual pela mecanização sempre que possível, pesquisa e experimentação organizada, integradas à produção (BAPTISTA, 2005).

Segundo Sabbatini (1989), analisando economicamente a Construção Civil, pode-se dizer que a mesma se caracteriza como uma atividade industrial, logo, a industrialização da construção é um processo natural de evolução, ou seja, a evolução da Construção Civil, leva à industrialização.

Já Valente (2014), orientou que a expressão “módulo” e outras palavras derivadas têm sido comumente usadas para denominar novas teorias sobre diversas técnicas de fabricação de bens de consumo, alertando que diversos estudos surgem com o nome Modularidade, Fabricação Modular e Produção Modular.

O sistema modular, avaliado neste trabalho, emprega um método construtivo, baseado na construção de casas dentro de fábricas de forma industrializada, seguindo as etapas listadas a seguir: divisão da residência a ser construída em blocos, chamados de módulos, confecção dos projetos, execução das vigas baldrame na fábrica, construção da estrutura em Light Steel Frame (LSF), colocação das instalações, aplicação dos elementos de vedação e isolamento termo-acústico, realização dos acabamentos, transporte, e, colocação e união dos módulos no local final da casa. Para melhor compreensão do sistema estudado neste trabalho, apresenta-se nas figuras de 3 a 7 a forma como a empresa Futureng executa a construção modular utilizando estruturas metálicas.

Figura 3: Estrutura de três módulos sendo realizada na parte externa da fábrica



Fonte: Futureng (2014).

Figura 4: Estrutura de um módulo sendo transportada



Fonte: Futureng (2014)

Figura 5: Módulo acabado sendo transportada



Fonte: Futureng (2014).

Figura 6: Módulo sendo instalado



Fonte: Futureng (2014).

Figura 7: Residência finalizada



Fonte: Futureng (2014).

Atualmente, existem poucas pesquisas relacionadas ao sistema construtivo modular utilizando o LSF como modelo estrutural. Porém, artigos e dissertações descrevem o sistema construtivo modular com o modelo estrutural de wood frame, como Oliveira (2012) que apresentou o sistema como sendo um sistema construtivo modular de casas de madeira, a qual permite a realização de soluções de habitações através de módulos predefinidos.

Já Castelo (2008) afirmou que casas modulares são construções que se utilizam materiais e elementos pré-fabricados com capacidade modular, agregando toda a versatilidade que puder representar, com isso, a coordenação dimensional modular é uma metodologia, que visa padronizar dimensões, racionalizar a concepção e a construção de edifícios, elevando, assim, o nível de industrialização da construção, porém, sem retirar a liberdade de concepção arquitetônica dentro de valores cabíveis.

As casas modulares com o Light Steel Frame como modelo estrutural tem, como objetivo principal, a união da agilidade construtiva de um sistema industrializado, com as vantagens executivas do LSF. Rodrigues (2016) diz que dentre as vantagens do LSF estão: rapidez na execução, leveza estrutural, rápido retorno do capital, facilidade de manutenção, redução do canteiro, facilidade de auditoria, pois todos os produtos têm certificados, obra mais segura, sistema flexível, qualidade habitacional e baixo impacto ambiental.

2.3 LIGHT STEEL FRAME (LSF)

Segundo Rodrigues (2006), o termo Light Steel Frame pode ser explicado pelos conceitos básicos: Frame, esqueleto estrutural projetado para dar forma e suportar a edificação, constituído por elementos leves (perfis metálicos formados a frio), e Framing é o processo de união e vinculação destes elementos.

O Light Steel Frame (LSF) é um sistema construtivo caracterizado pela utilização exclusiva de materiais secos, como, os perfis de aço formados a frio para estrutura, placas de gesso acartonado para vedação e lâ de rocha para isolamento térmico. Os produtos do sistema LSF são considerados sustentáveis e são produzidos industrialmente, tendo grande precisão dimensional, logo, não possui variações

regionais. Quando analisado o desenvolvimento técnico do LSF, o sistema apresenta alto nível de pré-fabricação, montagem simples, pequenas tolerâncias, planejamento preciso e entregas Just-in-time (BURSTRAND, 1998).

No Brasil, a utilização do Light Steel Frame ainda é pequena frente a outros sistemas construtivos. Segundo Rodrigues (2016), no Brasil de 2 a 3% das construções utilizam estruturas metálicas, enquanto nos Estado Unidos, Inglaterra e Austrália mais de 50% das construções são feitas com estruturas metálicas, e no Japão esse valor chega a 98%.

Rodrigues (2016) afirma, ainda, que existe dificuldade na utilização do Light Steel Frame no Brasil devido ao desconhecimento dos profissionais da área, ou pelo fato desses profissionais “não gostarem de trabalhar” com esse tipo de material, e existe, também, a questão do imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS) ser maior para esse tipo de material comparado aos materiais comumente utilizados na construção civil.

As construções com prazos reduzidos são comuns na construção civil, e o LSF apresenta-se como uma alternativa para essas situações, porém, sistemas de alta produtividade só são bem-sucedidos com um planejamento preciso e gerenciamento atuante durante suas atividades, e a industrialização do processo surge para facilitar essas etapas, aparecendo, também, outras ferramentas de aperfeiçoamento do sistema como os softwares com sistema BIM.

2.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Confirmar a viabilidade econômica de uma atividade ou de um empreendimento é uma tarefa complexa, repleta de variáveis. Para chegar a uma conclusão positiva ou negativa, é necessário descobrir todos os fatores relevantes da atividade analisada: materiais utilizados, equipamentos necessários, mão-de-obra envolvida, gastos mensais fixos, custos operacionais, encargos sociais, entre outros gastos necessários para o funcionamento de uma empresa. Calcular esses valores só é possível através de orçamentos detalhados, incluindo as variáveis do processo.

Segundo Ávila, Librelotto e Lopes (2003), o orçamento é cálculo da quantidade de

insumos, mão de obra, ou equipamentos essenciais para a realização de uma obra ou serviço, bem como os respectivos custos e o tempo de duração dos mesmos. “Os orçamentos são executados, muitas vezes, com base em composições de custos genéricas, obtidas em tabelas, ou livros” (GONZÁLES, 2008, p. 10). Para questão de comparação de custos do sistema construtivo modular frente ao convencional, o levantamento orçamentário deve incluir os custos diretos e indiretos dos processos construtivos.

A realização do orçamento pode utilizar procedimentos por avaliação e estimativa, ou por composição de custos unitários. As avaliações, estimativas e orçamentos são diferenciados pelo nível de precisão, quando analisada a diferença do custo inicialmente calculado em relação ao valor realmente gasto. A precisão dos orçamentos está diretamente ligada ao grau de detalhamento do projeto e das informações contidas no mesmo (ÁVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003).

González (2008) explanou que a composição de custos unitários para cada um dos insumos componentes de uma tarefa resulta nas composições unitárias de custos dos serviços. Sendo divididas em, basicamente, três categorias: Materiais, Mão-de-obra e equipamentos. Sobre a mão-de-obra incidem impostos chamados de “leis sociais”. Os materiais podem ter formas de pagamento e de entrega diferenciadas e os tributos são de outra ordem, como o IPI ou o ICMS. E por fim, os equipamentos utilizados na execução da obra sofrem com depreciações, porém, podem ser reutilizados e até alugados.

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1 SELEÇÃO DO MODELO DE RESIDÊNCIA

Ao iniciar as atividades relacionadas a este trabalho, foram identificados vários modelos de residências unifamiliares no Programa Minha Casa, Minha Vida, porém, certas semelhanças entre a maioria dos projetos foram pontuadas, como: casas geminadas, casas com área entre 40 e 60 m², 2 quartos (nenhuma suíte), apenas 1 banheiro, sala de jantar e estar conjugadas, área de serviço externa e inexistência de muros delimitando o terreno. Com isso, foi selecionado um modelo de residência se encaixando nas características citadas acima, possuindo área interna de 37,87 m² e área construída total de

61,60 m². Esta residência faz parte de um dos conjuntos do PMCMV em construção atualmente.

O terreno para a implantação deste empreendimento possui uma área total de 149.492,75 m², distribuídos em 667 lotes com área de 116,25m² e área de lazer comum. O empreendimento se enquadra como AEIS (Área de Especial Interesse Social), em localização, habitada por maioria de baixa renda.

O empreendimento multifamiliar será formado por unidades residenciais geminadas, com um total de área de residências construída será de 29.154,57m². A unidade residencial consiste em: sala de estar e jantar, dois quartos, um banheiro, cozinha e área externa com tanque.

Os acabamentos considerados na unidade residencial são: piso: cerâmica em todos os cômodos; revestimento de paredes: azulejo até a altura de 1,50m nos banheiros, na cozinha sob a pia; pintura acrílica no restante das paredes do banheiro e da cozinha; na área de serviço e no restante dos ambientes internos utilizar tinta PVA; teto (forro de PVC); cobertura (telha cerâmica); esquadrias (janelas metálicas com vidro); portas (portas externas serão metálicas e internas serão em madeira); passeio no perímetro da edificação com 50 cm de largura; pintura externa utilizar tinta acrílica; e, as dimensões das portas e tamanho do banheiro estão conforme a solicitação da Caixa Econômica Federal.

3.2 PROJETOS

Os projetos foram obtidos após contato com a empresa responsável pela construção da residência selecionada. Os projetos arquitetônicos, de instalações e estruturais foram disponibilizados pela empresa responsável pela construção do conjunto residencial, para auxílio no desenvolvimento do trabalho.

3.3 MODELAGEM EM 3D

O projeto foi modelado em 3D, utilizando o software BIM, Revit da empresa Autodesk. Primeiramente, modelou-se a casa geminada em sistema construtivo convencional. Após a modelagem do projeto arquitetônico, observou-se que algumas etapas construtivas utilizariam o mesmo quantitativo de materiais para o sistema convencional e para o sistema

construtivo estudado, dentre eles, pode-se citar: instalações hidráulicas, elétricas e de lógica, portas, janelas, área de pintura, revestimento cerâmico, telhas, louças, metais, entre outros. Com isso, os projetos estruturais e de instalações não precisaram ser modelados. A modelagem realizada facilitou, também, a escolha da divisão da casa em módulos, proporcionando a visualização de cada um deles.

Esta divisão se baseou nas dimensões de caminhões tipo “guindauto”, para que o estudo se aproximasse ao máximo à realidade. A escolha desse tipo de caminhão evita a necessidade de guindastes para a

instalação dos módulos no local de construção da casa. A utilização deste tipo de veículo é viável quando o peso total do módulo é menor que a carga máxima do guindauto a uma distância suficiente para o lançamento do módulo.

Outro fato decisivo para facilitar a aplicação do sistema na prática foi a confecção da fundação dos módulos (vigas baldrame de concreto armado) dentro da própria fábrica, para que o módulo fosse transportado já com as fundações, sendo o peso próprio das fundações incluído no cálculo do peso total dos módulos (Tabela 1).

Tabela 1 - Cálculo do peso total do módulo.

Cálculo do Peso Total dos Módulos		Peso
Identificação		
Fundação	Vigas Baldrame	1650,00 Kg
Estrutura	Ligh Steel Frame	460,36 Kg
Vedação	Placas Cimentícias e de Gesso Acartonado	1052,98 Kg
Isolamento Termo-acústico		35,42 Kg
Revestimentos	Pisos e Paredes	430,70 Kg
Forro	PVC	41,94 Kg
Instalações	Elétricas	60,00 Kg
	Hidráulicas	50,00 Kg
Outros		200,00 Kg
Total		3981,39 Kg

Para este caso, considerou-se a distância de 4,2 metros do caminhão suficiente para o lançamento do módulo em segurança. Com esses valores em mãos, pesquisou-se diagramas de capacidade de carga para caminhões tipo “guindauto” de diversos tamanhos, a fim de descobrir se algum deles poderia suportar o peso total do módulo. Um guindauto com capacidade máxima no eixo de 10.500 Kgf se mostrou capaz de suportar 5007 Kgf à 4,2 metros do eixo, e, assim, capaz de suportar a carga dos módulos com folga.

3.4 LEVANTAMENTO QUANTITATIVO

3.4.1 LEVANTAMENTO DE MATERIAL

O modelo realizado em 3D em software com sistema BIM possibilitou a obtenção de

planilhas quantitativas dos materiais necessários para a execução da casa, como a área de placas de gesso acartonado e placas cimentícias, além da área de pintura, entre outros. A confiabilidade dessas planilhas pode ser considerada alta, devido à inclusão de todos os detalhes existentes na residência.

A partir das planilhas geradas, realizou-se as adaptações necessárias, como a inclusão de perdas, verificação de materiais descartáveis ou reutilizáveis, entre outros, encontrando, assim, o quantitativo necessário para a construção da residência utilizando o sistema construtivo modular estudado.

3.4.2 LEVANTAMENTO DE MÃO-DE-OBRA

A industrialização do processo construtivo, em forma de linha de produção reduz significativamente os atrasos e intempéries. Ou seja, durante todo o processo construtivo, a mão-de-obra é utilizada ao máximo, sem sub-dimensionamento ou superdimensionamento, fazendo com que se possa reduzir o prazo da obra consideravelmente.

Os quantitativos de mão-de-obra da confecção de paredes de Steel Frame foram realizados com base nas tabelas orçamentárias da editora PINI, TCPO (2010).

3.4.3 LEVANTAMENTO ORÇAMENTÁRIO

O levantamento Orçamentário da residência seguiu os custos existentes na planilha cedida pela empresa para o sistema convencional, para que se fizesse uma comparação entre os sistemas construtivos mais próxima da realidade possível.

A utilização do sistema de Light Steel Frame ainda é bem reduzida na cidade de Manaus e no Brasil, e não existe composição de custo do SINAPI e nem em planilhas de custos da Secretaria de Estado de Infraestrutura do Amazonas. Logo, foi necessário fazer o levantamento de mão-de-obra utilizando o livro "TCPO" da editora PINI, já o levantamento dos insumos foi retirado em partes das composições do SINAPI e outros itens foram pesquisados em fornecedores da região.

O BDI utilizado foi o mesmo utilizado pela empresa responsável pela construção do conjunto residencial do Programa Minha Casa, Minha Vida, pois a comparação deve possuir os mesmos custos comuns para os dois sistemas estudados.

3.5 COMPARAÇÃO DE SISTEMAS

A comparação inicial dos sistemas construtivos (convencional e modular) foi realizada após a finalização do levantamento de custos referentes à construção das casas, comparando-se o custo de construção de uma casa, e, também, o custo de construção de todas as casas do conjunto residencial.

3.6 IMPLANTAÇÃO DA FÁBRICA DE CASAS MODULARES

3.6.1 DIMENSIONAMENTO DA FÁBRICA

O dimensionamento da fábrica tinha como objetivo, a organização e quantificação das áreas necessárias para o funcionamento da mesma. A função principal desse dimensionamento é o levantamento de preços de aluguéis de galpões capazes de abrigar a linha de produção de uma fábrica desse porte.

Após o dimensionamento dos setores da fábrica, foram levantados e contabilizados os equipamentos necessários para as atividades da fábrica, contemplando, o preço de compra das máquinas, uso e manutenção.

3.6.2 LEVANTAMENTO ORÇAMENTÁRIO TOTAL

Equipamentos como: furadeiras de impacto e guindautos, citados no item 3.6.1, já foram incluídos nos custos de construção das casas, considerando-se o aluguel dos mesmos. Com isso, o custo de implantação da fábrica consistirá no aluguel do galpão e nos custos dos equipamentos de grande porte. Esse custo adicional foi acrescentado ao levantamento de custos diretos calculado anteriormente, a fim de chegar ao custo total de implantação da fábrica.

3.6.3 COMPARAÇÃO DE CUSTOS TOTAIS

Os valores dos levantamentos orçamentários totais encontrados foram comparados com o custo de construção das casas do residencial para o sistema construtivo convencional, chegando ao resultado da análise de viabilidade econômica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas Figuras 8 e 9 podem ser observadas as vistas frontal e posterior da casa modelo. Cada casa possui 2 quartos, 1 banheiro, cozinha, sala de estar/jantar e área de serviço externa, conforme mostrado na Figura 10. A área total de cada residência é de 44,10 m², totalizando 88,20 m² para cada casa geminada.

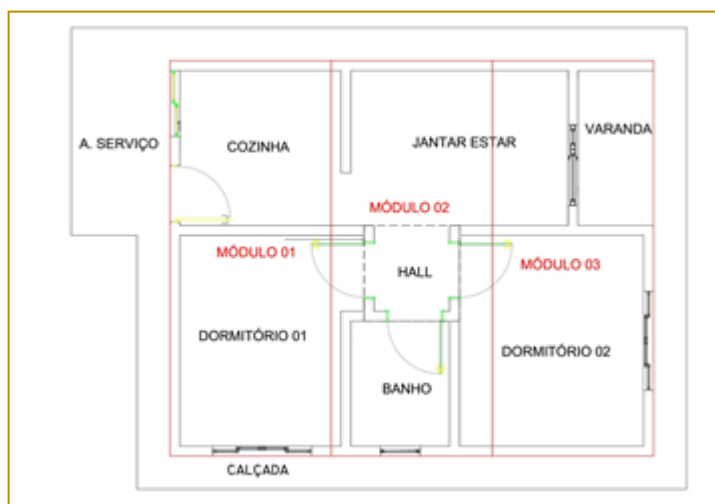
Figura 8: Casa modelo.



Figura 9: Casa modelo.



Figura 10: Planta Baixa da residência modelo com divisão dos módulos.



Na Figura 11 é apresentado o módulo da residência que abriga o banho, hall e parte da sala de jantar/estar, com a estrutura e fundações prontas, na Figura 12 é apresentado o mesmo módulo com as vedações aplicadas, na Figura 13 é mostrada

a estrutura de Light Steel Frame e a fundação de concreto do módulo desmembradas para melhor visualização de cada uma delas, e, por fim, na Figura 14, apresenta-se o módulo com os acabamentos.

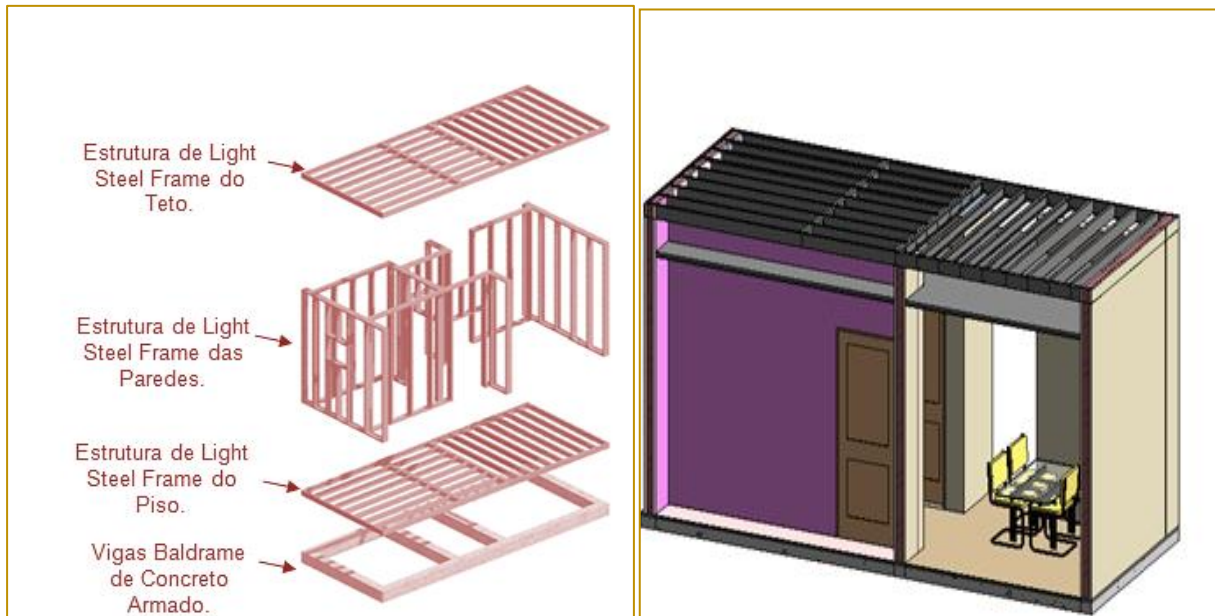
Figura 11: Estrutura de um módulo finalizada.

Figura 12: Estrutura e vedação de um módulo.



Figura 13: Estrutura de um módulo desmembrada.

Figura 14: Módulo Acabado.



A Tabela 2 apresenta a planilha orçamentária resumida para os dois sistemas construtivos, identificando os custos de cada item da construção. Demonstrando os itens que tornaram a construção modular 38,85% mais cara que a convencional.

Percebe-se que certos itens da planilha orçamentária têm custos superiores para o sistema modular, como a supraestrutura, devido aos preços altos dos perfis do Light Steel Frame; as paredes e os painéis de vedação, devido ao custo elevado dos painéis de gesso acartonado e das placas cimentícias; e, o transporte dos módulos, que

não é necessário para a construção convencional.

Por outro lado, a construção convencional também possui itens com custo mais elevado, como os serviços preliminares e gerais, já que a construção convencional possui um prazo mais longo; a infraestrutura, pois as fundações para sustentação da alvenaria são mais robustas; e, os revestimentos internos e externos, que estão relacionados ao revestimento de argamassa (chapisco, emboço e reboco), inexistentes na construção modular.

TABELA 2 – PLANILHA DE CUSTOS RESUMIDA.

Planilha de custos resumida			
Serviço	Custo (sistema convencional)	Custo (sistema modular)	
1 - serviços preliminares e gerais	503.966,15	391.366,15	
2 - infra-estrutura	3.540.384,33	2.976.756,73	
3 - supra estrutura	1.542.586,73	6.598.193,45	
4 - paredes e painéis	4.1 vedação	2.062.327,08	6.521.436,96
	4.3 portas metálicas	1.266.761,00	1.266.761,00
	4.4 ferragens	56.028,00	56.028,00
	Custo total do item	3.385.116,08	7.844.225,96
5 - coberturas e proteções	2.710.878,39	2.710.878,39	
6 - revestimentos, elementos decorativos e pintura.	6.1 revestimentos internos	1.360.300,61	-
	6.2 azulejos	1.275.579,21	1.275.579,21
	6.3 revestimentos externos	540.348,96	-
	6.4 forros	407.543,00	407.543,00
	6.5 pinturas	805.421,58	805.421,58
	Custo total do item	4.389.193,36	2.488.543,79
7 - pavimentação	Custo total do item	1.044.196,16	1.044.196,16
8 - instalações e aparelhos	Custo total do item	2.652.380,89	2.652.380,89
9 - transporte	Custo total do item	-	746.592,00
10 complementação da obra	Custo total do item	8.997,91	8.997,91
Custo direto da construção		19.777.700,00	27.462.131,43
Custo total da construção		24.722.125,00	34.327.664,29
Custo da construção/casa		37.064,66	51.465,76

Incluiu-se, também, os custos de implantação da fábrica, considerando 1200 m², a área necessária para atender a necessidade de produção do residencial estudado, podendo-se dividi-la em: área administrativa (50 m²), refeitório (100 m²), estoque e depósito (350 m²) e área de produção (700 m²), e os

equipamentos necessários para o funcionamento da fábrica, como perfiladeira industrial, betoneira, furadeiras de impacto e guindautos. Após acrescentar os custos de implantação da fábrica, a diferença entre os dois sistemas construtivos subiu para 59,38%, conforme apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 – CUSTOS TOTAIS PARA OS DOIS SISTEMAS CONSTRUTIVOS.

Identificação	Custos Totais por Sistema Construtivo	
	Construção convencional	Construção modular com LSF
Custo de 1 (uma) casa	R\$ 37.064,66	R\$ 51.465,76
Custo de 667 casas	R\$ 24.722.125,00	R\$ 34.327.664,29
Custo Total com a implantação da Fábrica		R\$ 39.401.164,34

Mesmo o custo total de implantação da fábrica de casas modulares ter se apresentado superior ao sistema construtivo convencional, alguns pontos devem ser destacados, como:

Analisando o fato comprovado do sistema convencional ainda ser o mais barato, mesmo com baixa produtividade e alto desperdício, pode-se dizer que a necessidade de implantar avanços tecnológicos na construção civil brasileira é real, porém, não é algo que se mostra vantajoso financeiramente.

O processo construtivo modular estudado é muito simples por ser um processo industrial e ter menos variáveis, como intempéries e ambientes variados para a execução do serviço, sendo controlado e gerenciado de forma mais prática, reduzindo significativamente o desperdício, porém, mesmo com tantas vantagens, a construção convencional continua com insumos extremamente baratos, como os tijolos, cimento e água, superando os custos totais do sistema modular.

Os custos de construção das casas utilizando o sistema convencional resultaram em um valor 38,85% mais baratos que o sistema modular com Light Steel Frame. Podendo-se destacar os altos custos da estrutura e das vedações do sistema construtivo modular, além do transporte necessário para os módulos, inexistente no sistema convencional.

O fato dos custos de construção das casas do programa Minha Casa, Minha Vida estudadas serem mais elevados para o sistema construtivo modular provaram que essa alternativa é mais onerosa.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, o sistema construtivo modular se apresentou 59,38% mais caro que o sistema construtivo convencional quando incluídos os custos de implantação da fábrica, fazendo com que o sistema construtivo seja inviável com relação aos custos. Certos motivos desse custo superior podem ser destacados, como, a supraestrutura e vedação, que foram responsáveis por mais de 38% dos custos de produção das casas para o sistema modular, e, para o sistema convencional, representaram menos de 15% do total.

Um dos motivos para um custo tão elevado para essas etapas da construção é o fato de a construção utilizando a estrutura de Light Steel Frame ser pouco conhecida na cidade de Manaus, o que reduz a procura por esse tipo de sistema, elevando o preço de seus insumos, aumentando, assim, o custo da construção com essa tecnologia. Porém, no caso de construções em outros seguimentos, não residenciais, como, construções emergenciais ou comerciais, onde o prazo, por vezes, supera os custos em relevância, podem ser cruciais para a escolha do sistema construtivo modular.

Um ponto importante a se destacar é a impossibilidade de tornar o sistema viável com o aumento do número de residências. A diferença de custos não reduz com o aumento da demanda construtiva. Com isso, se as características regionais atuais se mantivessem as mesmas, o sistema não se tornaria viável a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- [1] Ávila, Antonio V.; Lopes, Oscar C.; Librelotto, Liziane I. Orçamento de obras. Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2003.
- [2] Baptista, S.M. Racionalização e Industrialização da Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos 2005.
- [3] Burstrand, H. Light gauge steel framing leads the way to an increased productivity for residential housing. Swedish Institute of Steel Construction – SBI. 12 p. Stockholm. Sweden. 1998.
- [4] Câmara Brasileira da Indústria da Construção – Déficit Habitacional Total, Relativo e por Componentes. CBIC, 2015.
- [5] Castelo J.L.D.C. Desenvolvimento de modelo conceptual de sistema construtivo industrializado leve destinado à realização de edifícios metálicos. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.
- [6] Domarascki, C. S.; Fagiani L. S. Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional. Barretos, 2009.
- [7] Gonzáles, Marco A. S. Noções de orçamento e planejamento de obras. São Leopoldo: UNISINOS, Ciências exatas e tecnológicas, 2008.
- [8] Governo Federal do Brasil. Programa Minha Casa, Minha Vida. Disponível em: <<http://www.minhacasaminhavid.gov.br/sobre-o-programa.html>>. Acesso em: 15/maio/2016.
- [9] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=149>. Acesso em: 14/maio/2016.
- [10] Klein B. G.; Maronezi V. Comparativo Orçamentário dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Light Steel Frame para Construção de Conjuntos Habitacionais. Pato Branco, 2013.
- [11] Oliveira, Vânia Sofia M. de. Desenvolvimento de Uma Linha de Fabrico de Módulos Parede Para Casas Cool Haven. Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012.
- [12] Rodrigues, F. C. Steel Framing: Engenharia (Manual de Construção em Aço). Rio de Janeiro, CBCA, 2006.
- [13] Rodrigues, F. C. Web Seminário: Conceitos Arquitetônicos e Estruturais do sistema Light Steel Frame. Minas Gerais, 2016.
- [14] Rodriguez, M. A. A. Coordenação técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações. Florianópolis, 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- [15] Sabbatini, F. H. Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos - Formulação e Aplicação de uma Metodologia. São Paulo, 1989.
- [16] Tcpo. Tabelas de Composições de Custos para Orçamentos. 13ª ed. São Paulo: Pini, 2011.
- [17] Valente S. M. S. Modernização da Construção pela Industrialização dos Sistemas Construtivos. Aveiro, 2014.

Capítulo 22

A APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE ANÁLISE ERGONÔMICA EM UM AMBIENTE DE ENSINO

Leonardo Lopes de Campos

Mônica dos Santos de Oliveira

Resumo: O presente trabalho analisa o ambiente de ensino de uma instituição de ensino superior através de uma perspectiva diferenciada: a visão ergonômica. Apesar de ser comum em grandes empresas e indústrias, uma intervenção ergonômica pode alcançar grandes benefícios quando expandida além da área laboral. Ambientes de ensino como salas de aula, ainda possuem um grande espaço a ser preenchido por aprimoramentos ergonômicos. A partir da visualização da sala de aula como um posto de trabalho e os alunos como os trabalhadores, principais atores em uma intervenção ergonômica, foi realizada uma Análise Ergonômica do Trabalho neste ambiente, com o objetivo de evidenciar deficiências que afetam os alunos e seus rendimentos em aula, além de fornecer sugestões de melhoria que eliminem ou reduzam estes efeitos negativos. Serão apresentadas as etapas de levantamento de dados e análise da influência dos fatores ambientais sobre os alunos e conseqüentemente sobre o rendimento do ensino. Para representação das etapas de aplicação de uma AET, foram realizadas pesquisas e entrevistas com os alunos, levantamentos fotográficos do ambiente e avaliação do relacionamento da situação real com as ideias recomendadas em normas regulamentadoras.

Palavras-chave: Ergonomia; Análise Ergonômica; Intervenção Ergonômica

1. INTRODUÇÃO

Uma tendência atual em diversos segmentos de empresas é a compreensão de que as áreas voltadas à segurança e saúde do trabalho busquem um alinhamento entre a qualidade do trabalho executado e o bem-estar de seus trabalhadores. Em um processo de trabalho, o homem torna-se o principal envolvido neste sistema, sofrendo os efeitos positivos e negativos do mesmo (RAMOS, et al., 2011). Estes efeitos devem ser avaliados de forma que permitam a adaptação dos trabalhos ao homem.

As ações ergonômicas são as adequações do trabalho ao homem. Avaliando a atividade desenvolvida, o modo como é executada e por quem é executado. Tão vastos podem ser o benefícios alcançados, que os estudos das intervenções ergonômicas se expandem além da área laboral propriamente dita. Seguindo esta vertente, este trabalho irá apresentar os benefícios que podem ser obtidos adaptando e aplicando a metodologia da Análise Ergonômica do Trabalho em um ambiente de ensino. Serão apresentados os conceitos da ergonomia, assim como as etapas da implantação da Análise Ergonômica do Trabalho.

Considerando que tanto professores como os estudantes passam grandes períodos nas salas de aula, este local pode e deve ser tratado como um ambiente laboral. A visão da ergonomia para a sala de aula, apesar de divulgada, ainda é uma disciplina pouco aplicada nas instituições de ensino. E quando implantada, não é devidamente realizada ou acompanhada, não cumprindo os padrões determinados nas normas regulamentadoras. Uma instituição que não avalia em seus projetos as condições ergonômicas no mobiliário (cadeiras, mesas), iluminação, climatização, confortabilidade dentre outros fatores, pode trazer alguns desconfortos e problemas na aprendizagem dos alunos. Como dispersão, cansaço, estresse, e até danos à saúde e vícios de postura.

Será apresentado o cenário de um ambiente de estudo, superficialmente sob a perspectiva da ergonomia. Este será o cenário onde serão avaliados os riscos ergonômicos aos alunos e os benefícios de uma intervenção ergonômica.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 A ERGONOMIA E SEUS OBJETIVOS

Os estudos da adaptação do homem à atividade surgiram na década de 40 no período da II Guerra Mundial, onde houve um trabalho multidisciplinar composto por médicos, psicólogos, antropólogos e engenheiros que viram a necessidade de buscar soluções perante problemas causados pela operação de máquinas e equipamentos militares (DUL, WEERDMEESTER, 2004).

Assim, a Ergonomia se desenvolveu como uma disciplina aplicada no relacionamento entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas. Pode ser utilizada em vários setores como na área industrial, escolar, hospitalar, transportes, agrícolas, sistemas informatizados entre outros. Nestas áreas, ela pode desenvolver trabalhos como o estudo do posto de trabalho, estudo do conforto dos trabalhos, segurança nas atividades.

lida (2005) expande o conceito de ergonomia como a “adaptação do trabalho ao homem”. Nesta definição, considera-se o trabalho não só aqueles que são executados utilizando maquinários ou equipamentos industriais, mas também toda situação na qual há o relacionamento entre o homem e qualquer atividade produtiva ou laboral.

Os objetivos básicos da ergonomia buscam realizar um amplo estudo nos diversos fatores que influenciam no desempenho de um sistema produtivo e que permitem diminuir as consequências nocivas do sistema sobre o homem. Como por exemplo, redução do estresse, de erros e de acidentes. Assim, gerando segurança, saúde e satisfação dos envolvidos.

No ambiente de trabalho, estes fatores podem ser caracterizados por consequências geradas por entradas e saídas que envolvam o ambiente físico, organizacional ou tarefas no posto de trabalho. Diversas situações podem ser prejudiciais à saúde e até causar acidentes. A atuação da Ergonomia pode reduzir a probabilidade da ocorrência de acidentes, lesões, doenças músculo esqueléticas, problemas psicológicos e outras diversas causas que afastam o colaborador do seu posto de trabalho.

2.2 AET - ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO

A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) é uma ferramenta importante para intervenções ergonômicas dentro de uma empresa. Usada para avaliar a saúde dos colaboradores e seus postos de trabalho, ela foi desenvolvida por pesquisadores que passaram a avaliar os postos de trabalho visando realizar correções ergonômicas. No desenvolvimento da AET é avaliado o trabalho individual e manual com materiais, o mobiliário dos postos de trabalho, os equipamentos dos postos de trabalho, as condições ambientais de trabalho e a organização do trabalho. Sempre que houver mudança no arranjo físico ou nos riscos que envolvem a empresa, a AET deverá ser renovada.

Segundo Lida (2005, p.60), a AET busca “aplicar os conhecimentos da ergonomia para analisar, diagnosticar e corrigir uma situação real de trabalho”. Ela é uma ferramenta importante dentro de uma empresa, pois é utilizada para se avaliar a saúde dos colaboradores e seus postos de trabalho. As etapas de aplicação da AET são a análise da demanda, análise da tarefa, análise da atividade, diagnóstico e recomendações (GUÉRIN et al., 2001).

A análise da demanda é a etapa preliminar em que o analista de ergonomia busca entender os problemas na empresa. A demanda é a “descrição de um problema ou uma situação que justifique a necessidade de uma ação ergonômica” (SANTOS, FIALHO apud. IIDA, 2009, p.60). Ela pode partir da alta administração, dos trabalhadores ou seus sindicatos.

Nesta etapa, busca-se levantar as situações ideais para o direcionamento da análise. Deve-se discutir com as pessoas envolvidas os objetivos do estudo. Assim como, obter a aprovação dos colaboradores que ocupam o posto de trabalho que será analisado. A melhor forma para se visualizar os problemas ergonômicos é a conversa com os trabalhadores, a partir de formulários que auxiliam o levantamento das informações sobre a tarefa e a saúde dos trabalhadores. A participação dos trabalhadores é extremamente importante para que possa realizar uma boa análise e se obter um resultado concreto.

Em seguida, realiza-se a Análise da Tarefa. Tarefa é a descrição da atividade que os colaboradores devem seguir. Logo, a análise

da tarefa pode ser entendida como um processo que investiga o que o colaborador faz e como faz, a fim de usar a informação obtida para chegar a Análise da Atividade.

Para a Análise da Atividade, o analista busca entender a influência dos fatores internos e externos sobre o colaborador. Por fatores internos, entende-se que são aqueles pertinentes ao próprio colaborador, como sexo, idade, experiência, além de sua disposição como vigilância, motivação, sono e fadiga. E por fatores externos, entende-se como a execução das atividades classificada em três tipos: o conteúdo do trabalho (objetivos, regras, normas); organização do trabalho (trabalho em equipe, turnos, horários); meios técnicos (máquinas, equipamentos, arranjo físico e layout).

As etapas anteriores geram hipóteses que irão permitir a formulação de um diagnóstico sobre o processo produtivo avaliado. O diagnóstico procura descobrir a origem dos problemas que foram descritos na demanda e verificados na análise da tarefa e na análise da atividade. Por fim, toda a análise até este momento é convertida em recomendações.

“As recomendações referem-se às providências que deverão ser tomadas para resolver o problema diagnosticado” (IIDA, 2009, p.61). Estas recomendações possibilitam a construção de um plano de ação. Logo, devem ser claras e objetivas, contendo toda descrição das mudanças ou adaptações necessárias, seus responsáveis e seus prazos para execução.

2.3 ERGONOMIA EM UM AMBIENTE DE ENSINO

Diferente dos ambientes regulares de atividade laboral, os ambientes de ensino, como salas de aulas e laboratórios, ainda possuem um grande espaço a ser preenchido por aprimoramentos ergonômicos. Segundo Moro (2005), esta lacuna é dada por conta de que as atividades escolares não caracterizam um situação própria de trabalho, ficando assim submetidas a uma visão superficial das instituições, já que não existe um critério para certificar a situação dos alunos em um ambiente de ensino perante os fatores físicos que estão submetidos.

Fatores como mobiliário escolar, iluminação, ruídos externos, estímulos de cores e climatização, afetam o conforto e o comportamento dos alunos, influenciando

consideravelmente no desempenho. Além do desempenho, más posturas e esforços desnecessários gerados pelos mobiliários mal planejados, podem causar dores e até problemas permanentes de postura, tendo em vista à exposição destes indivíduos em situações irregulares por diversas horas no dia durante anos, pela extensão de seus cursos (MORO, 2005).

Assim, a sala de aula pode ser considerada como um ambiente comum de trabalho, tal como o assento pode ser considerado um posto de trabalho. Onde os alunos executam tarefas específicas durante um determinado período. Estas tarefas geram efeitos positivos e negativos sobre estes indivíduos. Por sua vez, a intervenção ergonômica permite a avaliação e adaptação do ambiente e das atividades aos indivíduos. No ambiente de ensino, a visão da ergonomia permitirá buscar soluções que proporcionem benefícios não só no rendimento e aproveitamento da aula, mas também na segurança e saúde destes alunos.

Garcia (apud THOME, 2015) destaca que os cuidados com a postura durante o momento de estudo proporcionam um menor cansaço físico e dores posturais: "Se o estudante está numa posição desconfortável, ele acaba se mexendo mais vezes e vai perdendo a concentração". Logo, evitando o cansaço físico e a má circulação, a concentração do estudante melhora:

Quando se proporciona um ambiente agradável e confortável aos alunos e professores, as tarefas de aprendizado são melhoradas. Melhorias no ambiente físico influenciam diretamente na qualidade do estudo, pois conseqüentemente melhoram também o bem estar dos estudantes e aumentam a qualidade do ensino. Pois o desconforto só traz fadiga, estresse, perda da concentração, desmotivação e queda no rendimento escolar.

3. ANÁLISE ERGONÔMICA DE UMA SALA DE AULA

O presente estudo de pesquisa irá apresentar os resultados de uma pesquisa de campos onde foi realizada a aplicação de uma visão ergonômica em um ambiente de ensino. Especificamente, em uma sala de aula de uma instituição de ensino superior.

Visando manter a confiabilidade de dados sigilosos da instituição onde foi realizado o estudo, para fins de apresentação, o local de

pesquisa será denominado como Faculdade MIG. A Faculdade MIG está situada na Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro. Ela funciona em 3 (três) turnos: manhã (08:30 as 12:00), tarde (13:30 as 17:00) e noite (18:30 as 22:00). Visualizando o ambiente, seu campus conta com um prédio de 5 andares, onde as salas de aula propriamente ditas, encontram-se a partir do segundo andar.

Possui alguns laboratórios de aplicação, como informática, elétrica, química e enfermagem, bem como uma grande biblioteca. Para fins de pesquisa, este estudo se delimitará à analisar apenas as salas de aulas.

As salas de aulas dos 5 andares seguem próximo de um padrão. Todas possuem ar condicionado, tem iluminação por luminárias fluorescente, quadro branco. A principal diferença entre elas é que durante a pesquisa, foram constatadas que as salas não possuem sempre o mesmo tipo de cadeira. Foram identificadas dois tipos diferentes de cadeiras distribuídas aleatoriamente. Aqui, serão chamadas apenas como "Cadeira Modelo Branco" e "Cadeira Modelo Azul".

Ainda delimitando a pesquisa foram pesquisadas as atividades de alunos e professores apenas do turno da noite. Como dito, este turno funciona com uma divisão de 4 tempos, das 18:30 às 22:00, com um intervalo de 10 minutos das 20:20 às 20:30.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DO POSTO DE TRABALHO

Partindo do conceito de que a ergonomia busca a adaptação do trabalho ao homem, enxergar-se a atividade desenvolvida por estes alunos como um trabalho e a sala de aula como um posto de trabalho. Para isso, visualiza-se que trabalho não é só aquela atividade onde são executadas operações utilizando maquinários ou equipamentos industriais, mas também toda situação na qual há o relacionamento entre o homem e qualquer atividade produtiva ou laboral. E o processo de aprendizagem pode ser considerado uma atividade produtiva.

Já o Posto de Trabalho deve ser visualizado como o próprio ambiente físico onde é feita a organização do trabalho. Devem ser observadas todas as entradas que influenciam este ambiente, como Matérias-primas, energia gasta na atividade e informações necessárias para a atividade.

Assim, sendo possível analisar as consequências do trabalho (problemas como stress ou fadiga) associadas às saídas do processo analisado.

Correlacionando com a sala de aula, as principais características estudadas como parte do ambiente físico são:

- A iluminação das salas: Existem de forma similar em todas as salas, através da utilização de calhas para lâmpada fluorescente;
- O mobiliário: as cadeiras analisadas são de dois tipos, apresentadas aqui como Modelo Azul e Modelo Branco, onde serão tratadas em separado;
- Climatização: Todas as salas contam com ar condicionado controlados pelos inspetores de corredor;

Como entradas, os sistemas produtivos de empresas as entendem como matéria-prima e informações necessários para realização das operações. Na caracterização da sala de aula serão consideradas entradas:

- Os alunos;
- Os professores.

Como tarefas desenvolvidas, serão consideradas a atividade de estudo na sala de aula e todo o tempo empregado.

Diferente dos ambientes regulares de atividade laboral, os ambientes de ensino, como salas de aulas e laboratórios, ainda possuem um grande espaço a ser preenchido por aprimoramentos ergonômicos.

As consequências do ambiente e da tarefa para os envolvidos podem ser citadas como,

mas não se limitam à:

- Dores musculares por má postura devido ao mobiliário;
- Dores de cabeça por conta da iluminação;
- Fadiga e stress por conta da climatização má regulada ou em falta.

O conforto na sala de aula é tão importante para os estudantes quanto o aprendizado que estes buscam, já que alunos de todas as idades dividem este espaço e necessitam de concentração, atenção e confortabilidade para desempenhar suas tarefas.

3.2 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES PELA ANÁLISE DA DEMANDA

Etapa em que o analista de ergonomia busca entender os problemas do ambiente de trabalho através do confronto entre a situação real da atividade com a situação visualizada no ambiente ou posto de trabalho.

Para realizar este confronto, optou-se por realizar uma pesquisa com os principais envolvidos - os alunos - e assim definir os objetivos da AET. Foi montando um formulário de pesquisa em forma de entrevista a partir das principais consequências do ambiente.

O questionário conta com perguntas que avaliam a opinião qualitativa dos alunos sobre os quesitos mobiliário, iluminação e climatização. Além de perguntas que avaliaram a relação do bem-estar do aluno em sala de aula com o rendimento nas aulas. Uma observação é que as perguntas de mobiliário foram repetidas para os dois modelos encontrados.

Figura 1 – Modelo Azul 1 E Modelo Branco 2



Fonte: Autores.

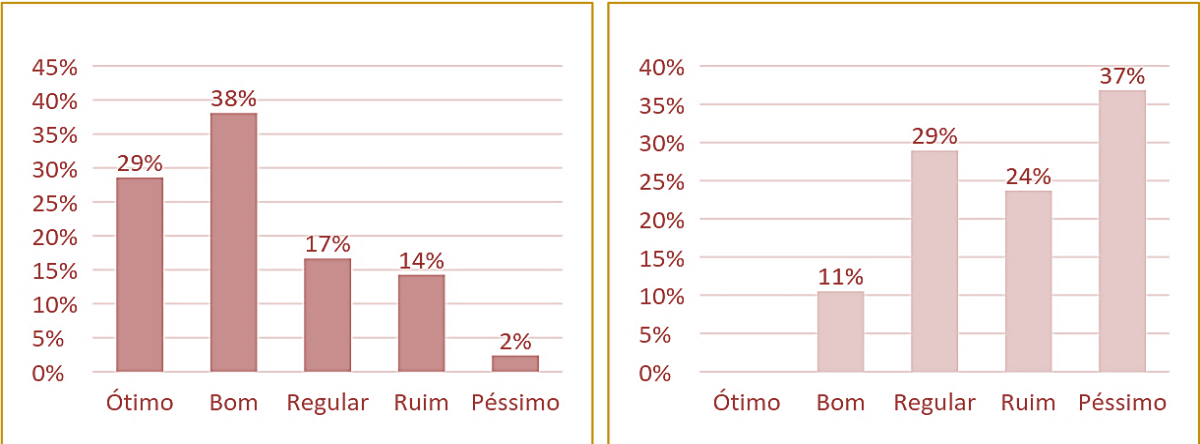
Foram entrevistadas 42 pessoas, dos cursos de Engenharia de Produção, Engenharia Elétrica, Engenharia de Petróleo, Engenharia Civil, Administração, Turismo, Arquitetura, Enfermagem e Serviço Social, que usavam as salas analisadas.

Os gráficos a seguir apresentam os

resultados das perguntas relacionadas as cadeiras usadas pelos estudantes. Os gráficos à direita representam o Modelo Azul, e os gráficos à esquerda representam o Modelo Branco.

A figura 2 apresenta a avaliação geral da qualidade de cada um dos modelos:

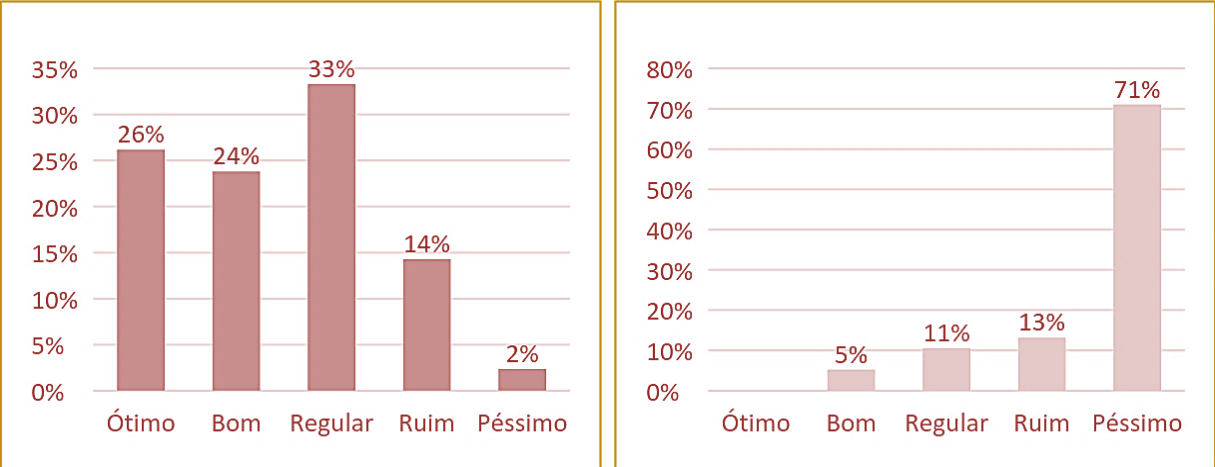
Figura 2 – “Como avaliam a cadeira?” Modelo azul e modelo branco



Fonte: Pesquisa realizada pelos autores

Em seguida perguntou-se a opinião quanto ao espaço disponível de cada modelo:

Figura 3 – “Como avaliam o espaço de cada modelo?”

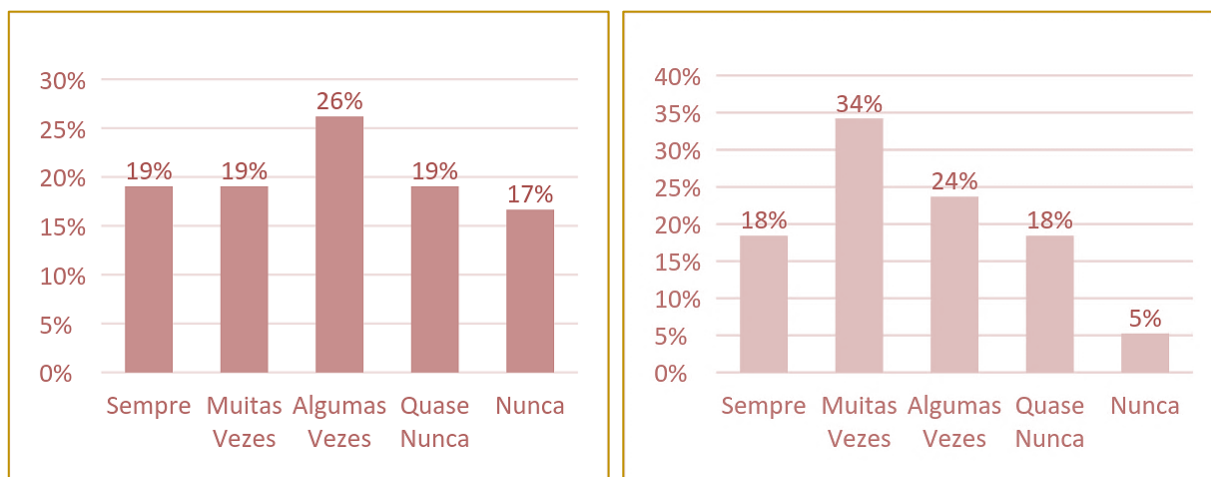


Fonte: Pesquisa realizada pelos autores.

A figura 4 apresenta a resposta quanto à frequência em que são relatadas dores nas

costas após horas sentados.

Figura 4 – “Qual a frequência sentem dor nas costas?”



Fonte: Pesquisa realizada pelos autores.

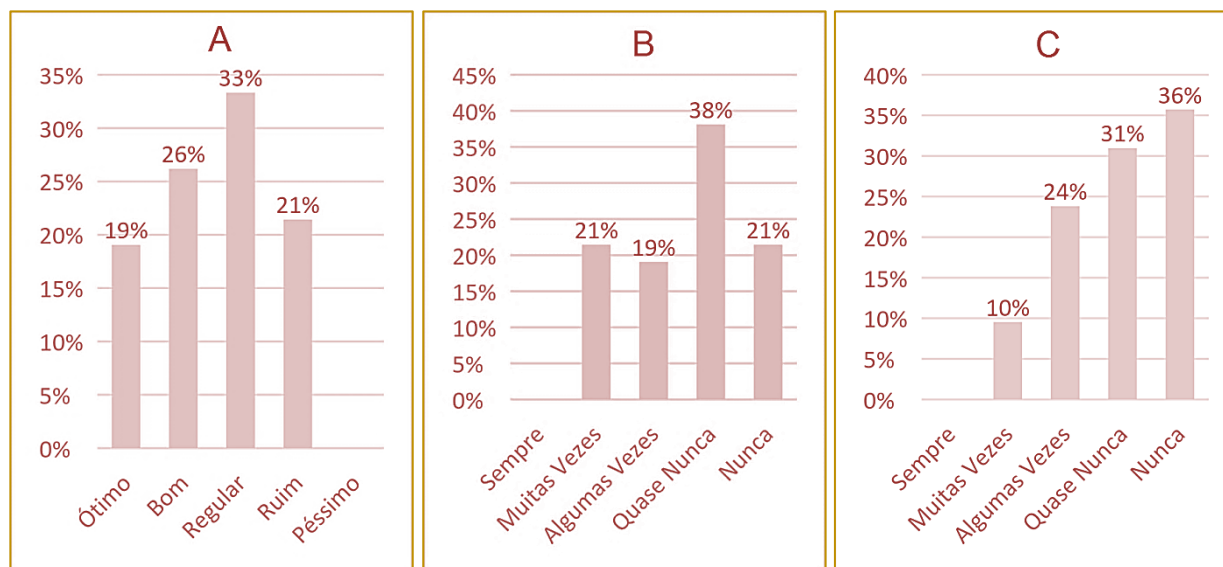
Avaliando o quesito iluminação, foram feitas 3 perguntas:

[1] “Como você avalia a iluminação das salas?”;

[2] “Você já estudou em sala com luminárias defeituosas?”;

[3] “Você costuma sentir desconforto ou dores de cabeça após muitas horas de aula?”

Figura 5 – Avaliações quanto a iluminação.



Fonte: Pesquisa realizada pelos autores

No quesito iluminação, houve uma melhor avaliação a respeito da estrutura. 33% dos entrevistados avaliaram a situação da iluminação como regular e 26% avaliou como boa. 38% quase nunca presenciaram problemas com a iluminação e 21% responderam que nunca viram nenhuma lâmpada ou luminárias defeituosas nas salas. Quanto ao desconforto visual por iluminação

deficiente, 36% não relataram casos.

A pesquisa também mostrou uma má avaliação quanto a climatização e refrigeração das salas. Quanto à situação geral da climatização, a maioria (31% e 29%) avaliou como Regular ou Ruim. 64% dos entrevistados já estudou em uma sala de aula ou teve que trocar de sala porque o ar

condicionado não funcionava ou não dava vazão.

Por fim, os entrevistados responderam sobre a relação entre seu rendimento e o desconforto gerado pelos problemas citados. 67% avaliou que o desconforto na sala de aula afeta diretamente seu rendimento, e 50% avaliou que caso os problemas citados anteriormente fossem resolvidos, sentiriam maior motivação e seu rendimento poderia aumentar.

3.3 NÍVEL DE ATENDIMENTO DOS QUESITOS

Após verificar a situação pelo ponto de vista dos alunos, passa-se para a etapa em que se

busca analisar diretamente as salas e como os alunos se relacionam com o meio. Para cumprimento desta etapa, foi necessário verificar as salas de aulas e registrar o que foi visto no trabalho, ainda dentro das limitações dos quesitos delimitados.

Quanto ao mobiliário, foi verificado que existe uma aleatoriedade em salas com as cadeiras de Modelo Azul e em salas com cadeiras de Modelo Branco. As cadeiras Brancas não possuem regulagem de altura do assento ou da bancada de trabalho. A área de trabalho é limitada por conta do espaço da bancada ser muito pequeno, não permitindo uma boa disposição dos materiais do aluno.

Figura 6 – Fotografia do espaço reduzido nas cadeiras de modelo branco



Fonte: Autores.

Os alunos de estatura média e os mais altos se posicionam na ponta do assento, não apoiando as costas no encosto da cadeira, criando uma curvatura na coluna. Outro caso

visto foi o de alunos tendo que se inclinar sobre a bancada, causando uma curvatura na coluna e no pescoço.

Figura 7 – Fotografia de aluna sentada na ponta do assento.



Fonte: Autores.

Figura 8 – Fotografia de aluna inclinada sobre a prancha da cadeira



Fonte: Autores.

Em salas com cadeiras do Modelo Azul, foi constatado um maior conforto. Apesar de não haverem reguladores de altura do assento, há reguladores de altura da bancada da cadeira. Mas estes reguladores em sua maioria

estavam danificados. A prancha da bancada também possuem corredeiras que permitem que mesa deslize para frente ou para trás conforme o tamanho do aluno, além de seu espaço ser maior que a do Modelo Branco.

Figura 9 – Movimentação da bancada.



Fonte: Autores.

Quanto à iluminação, foram levantadas as informações visitando algumas salas por amostragem nos andares. Havia luminárias funcionando em todas as salas verificadas. Em algumas salas, haviam lâmpadas que apresentavam baixa iluminação por conta do fim do tempo de vida da mesma, e necessitavam serem substituídas. E mesmo nestes casos, a iluminação total da sala não era afetada.

Quanto à climatização, foram levantadas as informações com a presença em aulas de diferentes salas da instituição. Todas as salas

verificadas tinham equipamento de ar condicionado instalado. Os equipamentos são ligados entre 18h30 e 18h40, sendo que a aula começa às 18h30 e neste horário já há um bom número de alunos nas salas. Foram presenciadas situações em que a sala de aula com poucos alunos estava muito fria e alguns alunos se reuniram e desligavam o ar condicionado puxando o cabo de força, pois em nenhuma das salas de aulas, havia um controle de temperatura que regulasse a mesma. Com isso, um grande número de instalações elétricas estava danificada.

Figura 10 – Fotografia de ligação elétrica inadequada.



Fonte: Autores.

Além disso, quando ligados, os equipamentos emitiam um ruído muito alto. Este barulho atrapalhava diretamente a aula e o professor, que em alguns casos tinha que gritar ou nas piores situações, desligar o ar condicionado para que os alunos pudessem o ouvir.

Durante o levantamento de dados, não foi presenciada nenhuma sala em que o ar condicionado não funcionasse, situação relatada durante a pesquisa da Análise da Demanda. Porém, a situação será considerada nas etapas seguintes em vista da dificuldade de presenciar este problema, já que quando o ar condicionado não funciona, a turma é trocada logo de sala.

3.4 AVALIAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Com os problemas e situações levantadas e registradas, a próxima etapa da análise busca entender a influência dos fatores internos e externos sobre o colaborador, no caso, sobre o aluno. Como delimitado no estudo de caso, os fatores internos, pertinentes ao próprio indivíduo, como sexo ou idade, já foram generalizados no início da AET, sendo apenas os Fatores Externos focados nesta Análise da Atividade, especificamente os quesitos levantados até agora.

As etapas anteriores possibilitaram uma visão sistemática da relação entre os alunos e a sala de aula, permitindo identificar com clareza os pontos necessários de atenção e assim formular as recomendações nos quesitos observados. A relação ideal almejada consiste nos alunos poderem assistir aula com conforto adequado, focando na atividade proposta, atingindo um melhor desempenho e conseqüentemente a

faculdade terá alunos mais motivados e menos distraídos por problemas na sala. Para regular a boa relação, as recomendações indicadas pela Análise Ergonômica são:

- **Climatização.**

Manutenção periódica dos Ar Condicionados de todas as salas de aula. Assim, todas teriam equipamentos funcionando com uniformidade, higienizados e os ruídos provocados pelos motores seriam reduzidos ou eliminados. Um plano comum de manutenção preventiva de ar condicionado contemplaria esta sugestão, como um Plano de Manutenção Preventiva de Ar Condicionado de Janela conforme sugestão da Portaria nº3.523/98 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1998). Esta portaria normaliza o PMOC (Plano de Manutenção, Operações e Controle) e determina procedimentos para limpeza e manutenção da integridade de sistemas de climatização, que devem estar em “condições adequadas de limpeza, manutenção, operação e controle” e visando a prevenção de riscos à saúde dos ocupantes. Além do plano de manutenção, outra recomendação é a instalação de um termostato manual (também conhecido como Controle Remoto com Fio) para ser usado pelo professor permitindo a ele aumentar ou diminuir a temperatura, conforme o clima da sala mediando democraticamente a temperatura, ao invés de desligar ou ligar o aparelho.

- **Iluminação:**

Uma rotina de vistorias periódicas com um Checklist para verificar em cada sala as lâmpadas fluorescentes que estão começando a ficar ruins. Dessa forma, quando as lâmpadas chegarem ao fim de sua

vida útil ficando um pouco apagadas e com baixa luminosidade, ou caso haja algum problema na rede elétrica da sala, estas poderão ser substituídas antes que cheguem à interferir em uma aula. Não foram sugeridas mudanças físicas na iluminação, pois não foi constatada deficiência neste quesito, que foi

avaliado na pesquisa como “satisfatório”.

- **Mobiliário:**

Com avaliação mais crítica, é recomendado a substituição das cadeiras da instituição por modelos com reguladores de altura tanto do assento quanto das mesas separadas.

Figura 11 – cadeira universitária indicada.



Fonte: Adaptado de Moro (2005).

Porém, considerando a dificuldade de realizar a troca de todo o mobiliário da instituição (tanto por condições operacionais quanto pelo alto investimento financeiro), uma medida urgente que poderia trazer benefícios equivalentes é a troca de todas as cadeiras do Modelo Branco para cadeiras do Modelo Azul. Este modelo dispõe de um espaço útil maior na sua bancada e também possuem espaço para colocar caderno ou pastas embaixo da cadeira. As cadeiras do Modelo Azul ainda possuem regulagem de altura da bancada e reguladores de distância. E como visto em todas as análises e na pesquisa, o Modelo Branco é ruim ou péssimo, segundo mais de 60% dos alunos entrevistados enquanto o Modelo Azul é avaliado como Bom ou Ótimo por cerca de 67%.

Quanto aos reguladores de altura, é necessário montar um programa de vistoria para avaliar os que estão quebrados na grande maioria das cadeiras avaliadas. Esta vistoria possibilita a manutenção em tempo hábil, não havendo necessidade de gastos com compra de novos mobiliários.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme analisado e observado no decorrer deste trabalho, as aplicações da metodologia da Análise Ergonômica do Trabalho adaptadas para um ambiente de ensino, levantam diversos pontos não observados superficialmente durante um projeto para o

desenvolvimento destas salas.

A pesquisa aplicada evidencia que as deficiências encontradas nas etapas de Análise da Demanda e Análise da tarefa, influenciam diretamente o rendimento dos alunos e professores.

E principalmente, o resultado da conclusão do questionário também evidencia que no caso da aplicação das sugestões resultantes da Análise da Atividade e do Diagnóstico da AET, iriam impactar no melhor rendimento dos alunos, bem como na sua vontade de estudar, e atenção nas aulas.

De forma geral, a ergonomia e o estudo dos diversos fatores que influem no sistema produtivo (no caso a relação entre os alunos e sala de aula), permite reduzir ou eliminar as consequências nocivas do sistema sobre o homem. Como por exemplo, redução do estresse, erros e lesões. Assim, gerando segurança, saúde e satisfação dos envolvidos.

Os resultados e benefícios encontrados por este trabalho acadêmico podem ser ampliados em análises futuras que envolvam, por exemplo: outras filiais; a perspectiva de outros atores envolvidos como inspetores, professores, etc; outras áreas da instituição como áreas de lazer, laboratórios, secretarias e coordenações, bibliotecas; investigações voltadas à acessibilidade, segurança e conforto; dentre outros.

REFERÊNCIAS

[1] Brasil. Portaria 3.523/98 – PMOC. Brasília: Ministério da Saúde, 1998.

[2] Dul, J.; Weerdmeester, B. Ergonomia Prática. 2.ed. rev. amp. São Paulo: Edgard Blücher, 2009.

[3] Guérin, et al., A. Compreender o trabalho para transformá-lo. São Paulo: Edgard Blücher, 2001, 200p.

[4] Iida, I. Ergonomia: Projeto e Produção. 2.ed. rev. amp. São Paulo: Edgard Blücher, 2005

[5] Moro, A. Ergonomia da sala de aula: Constrangimentos posturais impostos pelo mobiliário escolar. Revista EFDdesportes, Buenos Aires, n.85, jun. 2005. Disponível em:

<http://www.efdesportes.com/efd85/ergon.htm>.

Acesso em: 09 abr. 2015

[6] Ramos, D. et. al. Aplicação da Análise Ergonômica do Trabalho em uma Lavanderia. In: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 31. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABEPRO, 2011. p. 14

[7] Santos, N., Fialho, F. Antropotecnologia: A Ergonomia dos Sistemas de Produção. Curitiba: Genesis, 1997. 353p

[8] Thomé, D. Atenção à má postura: Ela pode atrapalhar seus estudos. Disponível em: <http://megaconcursos.com/atencao-a-ma-postura-ela-pode-atrapalhar-os-seus-estudos/>. Acesso em: 01 out 2015

Autares

ADEMIR JOSÉ DEMÉTRIO

Possui graduação em Economia pela Universidade da Região de Joinville (1984), e mestrado em Relações Econômicas e Sociais Internacionais pela Universidade do Minho (2002). Atualmente é professor titular da Universidade da Região de Joinville e chefe de departamento da Universidade da Região de Joinville. Tem experiência na área de Administração, com ênfase em Administração da Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: processo, economia, cooperativa, cooperativismo e desenvolvimento.

ADRIANE PCZIECZEK

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2012), mestrado em Engenharia Civil na área de Engenharia Urbana e da Construção Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2017). Possui experiência na área de Engenharia Civil, principalmente na elaboração de projetos, acompanhamento e fiscalização de obras. Atualmente, trabalha como educadora e coordenadora do curso de Engenharia Civil da UniSociesc de São Bento do Sul.

ALESSANDRA LOPES CARVALHO

Possui graduação em Engenharia Elétrica (PUC Minas 1996), mestrado em Engenharia Elétrica com ênfase em Automação (UFMG 1998) e doutorado em Engenharia Elétrica, linha de pesquisa Confiabilidade de Sistemas (UFMG, 2008). Integra o corpo docente da PUC MG há dezoito anos. É membro do Núcleo Docente Estruturante do curso de Engenharia de Produção da PUC-MG onde leciona Engenharia da Qualidade, Controle Estatístico e Confiabilidade de Produtos e Processos.

ANA MARIA SIPP MACHADO

Engenheira de Produção - Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM). Aluna do curso de Formação Pedagógica para Docentes da Educação Profissional Técnica e Tecnológica (SETREM). Aluna do Programa Programa De Pós-Graduação Em Ensino Científico E Tecnológico – Ppgenct – Mestrado Profissional. Professora na área de Novas Tecnologias (Informática e Robótica Educacional) e Metodologia da Pesquisa na Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM)

ANDRIELE MAISA LUFT

Graduada em Engenharia de Produção pela Faculdade Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM). Pós graduada em MBA em Logística e Supply Chain Management pela Universidade. Pítágoras UNOPAR. Tem experiência na área de Gestão da qualidade, Manufatura do processo de pintura e na área de logística e Supply Chain.

ANTONIO BATOCCHIO

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1979), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1987) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (1991). Fez concurso para Livre Docência (1996) e para Professor Adjunto (2000) na UNICAMP. Fez o Pós-Doutorado na IEOR Division da University of Minnesota/USA (1994-1996) e Departamento di Ingegneria Gestionale, Politecnico di Milano, Italy, no período de setembro de (2014-2015). Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Engenharia de Produção.

AUGUSTO DA COSTA VAL CANABRAVA

Técnico em administração de empresas pelo SEBRAE MG (2011). Graduado em Engenharia de Produção pela Faculdade Ibmec MG (2017). Atualmente trabalha com rotinas e processos em uma empresa de soluções de pagamentos.

BRUNA GROSSL

Graduada em Engenharia de Transportes e Logística pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente mora em Londres e continua estudos na área de desenvolvimento urbano. Interessa-se em transportes, big data e simulação de processos.

CAMILA MASSARIOL NASCIMENTO

Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá, atualmente é Analista na área de Tecnologia da Informação na EDP Brasil, empresa do setor energético.

CARLOS HENRIQUE DE OLIVEIRA

Possui graduação em Engenharia Mecânica com ênfase em Produção, especialização em Qualidade e Produtividade e mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá. Atualmente é professor assistente na Universidade Federal de Itajubá-campus avançado de Itabira e atua nas áreas de Estatística, Engenharia da Qualidade, Seis Sigma e Lean Manufacturing (Manufatura Enxuta).

CARMEANE EFFTING

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2002), mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2004) e doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Santa Catarina (2008). Atuando como professora na Universidade do Estado de Santa Catarina desenvolve pesquisa na área de Materiais de Construção Sustentáveis, Propriedades Térmicas e Mecânicas de Concretos e Argamassas.

CAROLINA CLARA MACHADO RESENDE

Graduada em Engenharia de Produção pela PUC MG e Pós Graduada em Engenharia da Qualidade pela PUC MG. Experiência com planejamento e controle de Manutenção Industrial, análise de indicadores e aplicação de ferramentas da qualidade. Conhecimento da norma IATF 16949 e outras normas regulamentadoras, tais como, NR12 e NR35.

CAROLINA FIGUEIREDO ESCARABELO

Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade do Sagrado Coração - USC.

CESAR EDUARDO PETERSEN

Estudante de Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Atualmente bolsista de ensino desenvolvendo aplicativos didáticos e participante do coral universitário do CCT/UDESC como tenor. Experiência nas linguagens de programação R e PHP. Áreas de interesse pessoal incluem, mas não se limitam a: Astronomia, programação web, ciclismo e escrita criativa.

CHRISTIANE WENCK NOGUEIRA FERNANDES

Possui Graduação em Matemática pela Universidade Federal de Santa Catarina (1999), Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2002), Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2010). Atualmente é Professora Adjunto IV do Departamento de Engenharias da Mobilidade da Universidade Federal de Santa Catarina. Tem experiência na área de Engenharia de Transportes, Pesquisa Operacional e Logística.

CINTIA BLASKOVSKY PORTILHO GOMES

Graduada em Engenharia de Produção, pela Universidade do Estado do Pará. Mestre em Engenharia de Produção, pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Área de Concentração: Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento. Linha de Pesquisa: Gestão do Conhecimento e Sistemas de Informação. Participante do Grupo de Pesquisa DECIDIR (EESC - USP). Realiza pesquisas em: Gestão do Conhecimento, Empreendedorismo e Inovação, Modelagem Organizacional e Educação em Engenharia de Produção.

CLEITON MAGELA LUZ

possui graduação em Ciências Contábeis pelo Centro Universitário de Formiga (2006) e especialista em Finanças e Controladoria pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Atuante com experiência lecionando as disciplinas de Contabilidade Básica, Introdução à Economia, Matemática Financeira, Gestão de Custos e Fundamentos de Economia, Gestão da Qualidade Total e Administração da Produção. Nos dias atuais desenvolve suas funções como Professor na Fundação Educacional do Vale do São Francisco - FEVASF e carreira profissional como contador. Professor Efetivo na área de Gestão Custos e Contabilidade; * Bacharelado em Ciências Contábeis, pelo Centro Universitário de Formiga-MG; * Pós-Graduado pela FGV – Fundação Getúlio Vargas – em Controladoria com ênfase em Finanças; * Extensivo em Metodologia do Ensino Superior e Metodologia da Pesquisa EAD DOCÊNCIA – FGV– Fundação Getúlio Vargas – RJ;* Professor de Contabilidade, Administração Geral e Economia.

CUSTODIO DA CUNHA ALVES

Possui graduação em Matemática (1990) e especialização em Matemática Aplicada pela UNIVILLE (1995). É mestre e doutor em Engenharia de Produção pela UFSC, em 2003 e 2009, respectivamente. É consultor ad hoc da Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado de Santa Catarina (FUNCITEC). Trabalhou na EMBRACO, em Joinville - SC, de 1989 a 1998, na área de Controle da Qualidade. Atualmente, é professor de ensino do Departamento de Engenharia de Produção Mecânica da UNIVILLE onde leciona as disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral, Álgebra Linear e Geometria Analítica, Estatística, Pesquisa Operacional e CEP.

DAIANE BECKERT

Graduanda em Engenharia de Transportes e Logística pela Universidade Federal de Santa Catarina, no Centro Tecnológico de Joinville.

DAVID CASSIMIRO DE MELO

Natural de Natal/RN, nascido em 26/06/1995. Engenheiro de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte em 2017. Atualmente, é mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela mesma universidade. Tem como atuação de pesquisa, estudos sobre métodos de viabilidade técnico econômica em projetos de energia eólica (onshore e offshore)

DIEGO ARMANDO SILVA DA SILVA

Professor Efetivo do Instituto Federal do Amapá (IFAP). Trabalhou como professor temporário na Universidade Estadual do Amapá (UEAP), IFAP e IMMES. Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade do Estado do Amapá (2011) e Mestrado em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo (2014). Atualmente curso o doutorado em Ciências Florestais pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Tem experiência na área de Planejamento Operacional e Recursos Florestais, com ênfase em Planejamento tático, operacional e Estratégico, Economia Florestal, Manejo Florestal e meio ambiente, atuando principalmente nos seguintes temas: planejamento, modelagem matemática e probabilística, inventário florestal e manejo florestal.

DIEGO HENRIQUE DA SILVA CAVALCANTI

Com graduação em andamento em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Brasil. É membro do Grupo de Pesquisa em Inteligência Computacional Aplicada a Engenharia Elétrica (GICA). Possui experiência em desenvolvimento de softwares, jogos sérios, especialista em inteligência computacional e Otimização do Sistema Elétrico de Potência.

EDUARDO SIQUEIRA BERNABÉ

Graduado em Engenharia de Produção pelo Instituto Federal do Espírito Santo.

ELISA HENNING

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (1992), mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (1998), mestrado em Estatística, Matemática e Computação pela Universidade Aberta de Lisboa (2014) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2010). Atualmente é professor efetivo da Universidade do Estado de Santa Catarina. Desenvolve pesquisa na área de educação estatística e controle estatístico de qualidade.

ELYELTON CESAR DE SOUZA LIMA

Graduando em Engenharia de Transportes e Logística pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente trabalha como estagiário na Associação dos Municípios do Nordeste de Santa Catarina atuando na sistematização das etapas de elaboração de Planos de Mobilidade Urbana de oito municípios do Nordeste Catarinense. Tem interesse nas áreas de Engenharia de Transportes, Pesquisa Operacional e Logística.

EMERSON JOSE CORAZZA

Graduado em Engenharia de Produção Mecânica (2008) e Mestrado em Engenharia de Processos (2012) pela UNIVILLE e Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho (2014) pela SOCIESC. Atua como professor adjunto nos cursos de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica da UNIVILLE, é também coordenador do curso, ministrando as disciplinas de Processo de Fabricação Mecânica e Manutenção Industrial. Experiência na área de Engenharia de Produção, ênfase em Desenvolvimento de Produto e vasta experiência profissional na maior empresa de Fundição da América Latina na área de Manutenção Industrial.

EMERSON JOSE DE PAIVA

Possui graduação em Matemática, mestrado em Engenharia de Produção, e doutorado em Engenharia Mecânica, na área de Projeto e Fabricação. Atualmente, é professor de Otimização e Simulação da Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira e é vice-líder do Grupo de Estudos em Qualidade e Produtividade – GEQProd, da Unifei, Campus de Itabira.

EULER CÁSSIO TAVARES DE MACÊDO

Recebeu o título de Engenheiro Eletricista, Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica em 2009, 2010 e 2014 respectivamente pela Universidade Federal de Campina Grande, ex-bolsista CAPES do programa BRAFITEC - Brasil/França Engenharia no ano de 2007, foi Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba de março de 2010 a outubro de 2011. Atualmente é Professor do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Energias Alternativas e Renováveis da Universidade Federal da Paraíba (DEE/CEAR/UFPB).

FERNANDA LUIZA COSTA SILVA

Graduada em Engenharia de Produção (Puc Minas 2016). Master em Engenharia da Qualidade (Pucminas). Experiência Profissional na área da qualidade: Normas ISO, ferramentas da qualidade, elaboração e controle de indicadores de desempenho de processo.

GILL BUKVIC

Graduado em Engenharia Mecânica pela UNESP (2006), Mestrado em Engenharia Mecânica pela UNESP (2011) e Doutorado em Engenharia Mecânica pela USP (2015). Atua principalmente em: Torneamento, Cerâmica, Green Machining, Estratégia de Usinagem, Produção mais Limpa (P+L), Gestão de produção e Gestão da Manutenção.

GILMARA MACHADO RABELO

Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Amazonas (2013) e mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2016). Atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade, manutenção, projetos e melhoria contínua

GILSON JOAO DOS SANTOS

Graduado em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1984) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1987), área de concentração: Projeto de Produto. Atualmente é Professor e Coordenador dos cursos de Engenharia de Produção e Pós Graduação em Engenharia de Produção: ênfase em Qualidade e Produtividade da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Tem experiência na área de Engenharia de Produção e Mecânica, com ênfase em Engenharia de Projeto de Produto. Atuou como Conselheiro Estadual do CREA-SC (2014-2017).

GISELE TESSARI SANTOS

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2012). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais (2008). Atualmente é professora adjunta do Mestrado em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas do Instituto de Educação Tecnológica - Ietec e professora adjunta do curso de Engenharia de Produção do Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais - Ibmecc. Tem experiência nas seguintes áreas: modelagem e simulação de processos, pesquisa operacional, análise numérica aplicada, fenômenos de transporte, termodinâmica, secagem de grãos e engenharia financeira.

GISET NATALIA MONTOYA MORENO

Possui graduação em ENGENHARIA INDUSTRIAL pela UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANDA(2013) e mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas(2016), atualmente esta fazendo doutorado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo na UNICAMP e pesquisadora do Laboratório de aprendizagem em logística e transporte - LALT. Tem experiência na área Logística. Atuando principalmente nos seguintes temas: Produtos perecíveis, Cadeia do frio, Manutenção - Controle, RFID, Internet das Coisas.

GUILHERME MARQUES FIOROT

Graduado em Engenharia de Produção pelo Instituto Federal do Espírito Santo - IFES (2014), cursado parcialmente na Universidad de Jaén - Espanha (Graduação Sanduíche CNPQ - 2012/2013). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES (2016). Atualmente é Coordenador Geral de Processos Seletivos junto à Diretoria Executiva do IFES. Tem experiência na área de Gerenciamento de Processos, Gerenciamento de Projetos, Planejamento Estratégico e Planejamento Energético.

GUSTAVO HENRIQUE MORESCO

Engenheiro de Transportes e Logística formado pela Universidade Federal de Santa Catarina e pós-graduando MBA em Logística e Supply Chain pela Fundação Getúlio Vargas. Atuando desde 2017 como Analista de Logística, no Grupo Tigre, em projetos logísticos e gestão de indicadores de desempenho com foco no aumento da eficiência e eficácia no processo logístico.

HERLANDER COSTA ALEGRE DA GAMA AFONSO

Possui Doutorado em Engenharia de PET/COPPE/UFRJ (2013), Mestrado em Engenharia de Transportes pelo IME (2006); Especialização em Gestão e Estratégia em Agronegócios, pela UFRRJ (2002). É graduado em Ciências Econômicas, pela UFRRJ (1999). Atuou nos cursos de pós-graduação pela AVM/UCAM e ESAO/Ministério da Defesa. É professor do curso de Engenharia de Produção do CEFET/RJ. Tem experiências em pesquisas e em gestão na área econômica, com ênfases em engenharia econômico-financeira, decisões de investimentos e riscos, Empreendedorismo e gestão de projetos, economia dos transportes, planejamento de transportes urbanos logística e desenvolvimento regional.

JESSICA CABRAL DE FRASSATTI

Graduada em Engenharia de Produção pela UFRN. Foi presidente da Empresa Júnior do curso. Foi bolsista de um grupo de extensão e trabalhou com empreendimentos de economia solidária. Estagiou em empresas de grande porte do setor varejista e têxtil. Atualmente trabalha em uma empresa de logística, atuando na área comercial e organizacional.

JOEL ADELAIDE MEDEIROS

Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e membro do Grupo de Pesquisa em Inteligência Computacional Aplicada a Engenharia Elétrica (GICA-EE). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica e Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: Inteligência Computacional Aplicada. Otimização do Sistema Elétrico de Potência, Gerenciamento Energético.

JONATHAN FERREIRA DE MORAIS

Natural de Natal/RN, nascido em 09/09/1989. Graduado em Administração em 2013 e Engenharia de Produção em 2018, ambos pela UFRN. Foi monitor em disciplinas da área de Gestão Social e da área de Pesquisa Operacional. Estagiou em uma indústria do setor farmacêutico. Atualmente é servidor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

JOSÉ CARLOS DO PRADO JUNIOR

Possui graduação em Engenharia de Produção e Qualidade pelo Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé (2017). Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Engenharia de Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: produção enxuta, simulação computacional e mapeamento de fluxo de valor.

JOSE RODRIGUES DE FARIAS FILHO

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade de Fortaleza (1988), especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal Fluminense (1998), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (1992) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1996). Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal Fluminense. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Processos de Trabalho, atuando principalmente nos seguintes temas: Competitividade Industrial, Gerenciamento de Projetos; Empreendimentos Complexos, Qualidade Total, Administração da Produção, Estratégia e Organizações e Mudanças Organizacionais.

JUAN MOISES MAURICIO VILLANUEVA

Possui graduação em Engenharia Eletrônica - Universidad Nacional de Ingenieria (Lima/Perú) (2002), Mestrado em Engenharia de Eletricidade pela Universidade Federal do Maranhão (2005) e Doutorado pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2009). Pós-Doutorado na Universidade Federal de Campina Grande (2012). Atualmente é Professor Adjunto III no Departamento de Engenharia Elétrica e Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

JÚNIOR ROGÉRIO DA SILVA

Administrador com Habilitação em Comércio Internacional - CRA 035745, mestre em Engenharia Agrícola, Especialista em Lean Manufacturing – Green Belts, atuou em empresa Multinacional na área estratégica da empresa, Gerente de Produção, e Consultor de Negócio com projetos de Viabilidade Econômica e Financeira para prospecção de mercado.

LEANDRO FERNANDES NOVAES

Graduado em Engenharia de Produção pelo Instituto Federal do Espírito Santo.

LENIZE RODRIGUES CARNEIRO

Licenciada em Matemática. Engenheira de Produção. Pós-graduanda em Engenharia de Segurança do Trabalho

LEONARDO LOPES DE CAMPOS

Mestre em Desenvolvimento Local e graduado em Engenharia de Produção pela UNISUAM (Centro Universitário Augusto Motta). Desenvolve pesquisas nas áreas de Sustentabilidade Empresarial, Gestão da Produção e Manutenção Industrial.

LEONARDO RITZMANN

Natural de Joinville, Santa Catarina, Leonardo Ritzmann é formado em Engenharia de Produção pela Universidade Univille e atua como Analista de Processos Sênior/Auditor Líder (interno) em uma empresa de tecnologia que fornece soluções para gestão e sincronização da Cadeia de Suprimentos. Também é formado em curso técnico de informática pela Escola Técnica Tupy, e possui as seguintes certificações: Auditor Líder do Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9001:2015 com registro IRCA; Auditor Interno ISO 9001:2015 e Análise e Interpretação de Requisitos ISO 9001:2015.

LILIANE DA COSTA DIAS

Graduada em Engenharia de Produção pelo CEFET/RJ, especialista em Gestão Industrial de Imunobiológicos pela COPPE/UFRJ e Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pelo CEFET-RJ. Atualmente é professora efetiva da Coordenação de Engenharia de Produção do CEFET-RJ campus Nova Iguaçu. Possui experiência profissional na indústria de Imunobiológicos e já atuou profissionalmente nas áreas de planejamento e controle da produção, programação de serviços/atividades, garantia da qualidade e metrologia/validação.

LOANA WOLLMANN TABORDA

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria. Especialista em Engenharia e Gestão da Produção pela Sociedade Educacional Três de Maio - Setrem. Graduação em Engenharia de Produção. Professora Ensino Superior na Sociedade Educacional Três de Maio - Setrem. Atuação no Planejamento e Controle da Produção, com ênfase em Sequenciamento da Produção e em Sistema de Gestão da Qualidade.

LOURENÇO COSTA

Possui Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Espírito Santo, Especialização e Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná e Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É professor titular do Instituto Federal do Espírito Santo, com experiência de atuação nas áreas de Expressão Gráfica, Gestão de Processos de Negócio e Sustentabilidade Corporativa. É autor de diversos livros sobre a ferramenta AutoCAD: Utilizando Totalmente o AutoCAD.

LUCAS DE CARVALHO CAPOBIANGO

Engenheiro civil formado em 2017 pela Universidade do Estado do Amazonas, atualmente cursando MBA de Gerenciamento da Construção Civil com Enfoque em BIM.

MANUELA BARBOSA PEREIRA

Bacharel em Engenharia de Produção, especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.

MARCEL ALISON PIMENTA BASTOS CABRAL DE MEDEIROS

Natural de Natal/RN, nascido em 15/08/1995. Graduado em Engenharia de Produção pela UFRN. Foi bolsista de iniciação científica e de monitoria. Estagiou em empresas de grande porte do setor varejista. Atualmente trabalha com consultoria empresarial nas áreas de Engenharia Organizacional, Econômica e Estratégia.

MARCIO DIMAS RAMOS

Doutor em Engenharia Mecânica (UNIFEI/2015); Mestre em Engenharia Mecânica (UNIFEI/1997); Graduado em Engenharia Mecânica (UNIFEI/1994) e Bacharel em Matemática Aplicada à Informática (FEPI/1990). Atualmente, Professor Adjunto da Universidade Federal de Itajubá - Campus Itabira, área Metrologia. Atua em aproveitamento de Energia.

MATEUS VIARD DE MEDEIROS

Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (2016).

MÔNICA DOS SANTOS DE OLIVEIRA

Graduada em Engenharia de Produção pela UNISUAM (Centro Universitário Augusto Motta).

PATRICIA REIS

Bacharelado em Engenharia de Produção (IFMG - Campus Bambuí) - 2011/2018; * Pós-graduanda em Segurança do Trabalho Centro Universitário Newton Paiva (2018 – 2019)

PATRICIA STEFAN DE CARVALHO

Engenheira de Produção - Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM). Aluna do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria

RAFAEL IZIDORO MARTINS NETO

Atualmente trabalha na empresa Bambuí BioEnergia, é professor de Filosofia e Sociologia em disciplinas do ensino fundamental e ensino médio, formado em Administração pelo IFMG-campus Bambuí. Cursando Pós Graduação em Docência pelo IFMG-campus Arcos. Trabalhou durante três anos na empresa IFMG-campus Bambuí no setor de gestão de pessoas, diretoria geral e secretaria de cursos superiores e pós-graduação (2018). Palestrante de Oratória - Instrutor de Metodologia Científica - Instrutor de Formatação de textos, criação de slides e apresentação

RENATA APARECIDA QUEIROZ DANTAS

Estudante do 10º período de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, Green Belt em Lean Seis Sigma, estagiária no setor de redução do alumínio em uma empresa metalúrgica.

RENATO CRISTOFOLINI

Bacharel em Engenharia Mecânica (1982) e Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais pela UDESC (1997) e Doutor em Engenharia Mecânica pela UNICAMP (2009). Foi Instrutor no SENAI e atualmente é professor Adjunto I (Doutor) da UNIVILLE. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: conformação mecânica, resistência dos materiais, vibrações, tixoconformação, usinagem convencional e CNC. Experiência em: simulação computacional dinâmica e em estruturas metálicas; consultorias; A RTs; perícias; cálculo estrutural. Ampla Experiência Industrial

RICARDO WAGNER CORREIA GUERRA FILHO

Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba, possui graduação em Direito pelo Instituto de Educação Superior da Paraíba (2010). Especialização *Latu Sensu* em Direito Processual Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa (2013).

RODRIGO FURLAN DE ASSIS

Possui graduação em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé (2011). Tem experiência na área de Engenharia de Produção e Desenvolvimento de Sistemas de Informação. Além disso, membro do Grupo Engenharia da Informação e Conhecimento (GEICON) da UNICAMP. Mestre em Pesquisa Operacional pela Unicamp - Faculdade de Ciências Aplicadas.

RODRIGO LANZONI FRACAROLLI

Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual de Maringá (2011), licenciatura em Artes Cênicas pela Universidade Estadual de Maringá (2015), Especialização em Projetos e Obras Públicas de Edificações pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2015) e Mestrado em Engenharia Urbana pela Universidade Estadual de Maringá. Atua como docente pela Universidade Estadual de Maringá.

RODRIGO MATOS RODRIGUES LEITE

Graduando em Engenharia de Produção pelo CEFET/RJ, campus de Nova Iguaçu.

ROQUEMAR DE LIMA BALDAM

Doutorado em Engenharia de Produção. Tem experiência prática na implantação em organizações Privadas e Públicas, nas áreas de Pesquisa, Processos, Projetos, Gerenciamento Eletrônico de Informação, Gestão do Conhecimento, Ferramentas para racionalização do trabalho. Certificado PMP (Project Management Professional), CBPP (Certified Business Process Professional) e CDIA+ (Certified Document Imaging Architect+). Gestor Regional da ABPMP Brasil.

RUY CORDEIRO ACCIOLY

Possui Mestrado e Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos e Especialização em Marketing. É docente da Faculdade de Tecnologia da Baixada Santista e da Faculdade de Tecnologia de Praia Grande. É avaliador *ad hoc* do INEP/MEC e do ARCU-SUL. Tem experiência nas áreas de Simulação Computacional, Pesquisa Operacional, Gestão da Qualidade, Logística, Tecnologia da Informação e EaD.

SAMANTA DA SILVA NERI GOMES

Graduada em Engenharia de Produção pelo CEFET/RJ. Possui experiência profissional na indústria de colchões e colchonetes de espuma, já atuou profissionalmente com consultoria em sistemas de gestão da qualidade e certificação de produtos, e garantia da qualidade em laboratórios de calibração e laboratórios de ensaio.

SAMANTHA COELHO PINHEIRO

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (2006) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (2009). Concluiu o doutorado em Engenharia Civil pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) em 2015. Foi Pesquisadora da COPPE, vinculada à Fundação COPPETEC, entre 2014 e 2015. Atualmente é professora adjunta na Universidade do Estado do Amazonas, onde coordenou o curso de Engenharia Civil (2016) e chefiou o Laboratório de Materiais e Estruturas (2016). Atua na área de Sistemas Construtivos não convencionais e Materiais de Construção, atuando principalmente nos seguintes temas: análise de adições minerais para materiais cimentícios com foco na caracterização físico-química, micro e nanoestrutural, dosagem e análise de pastas para poços de petróleo e análise de durabilidade de concretos.

SANDRO ALBERTO VIANNA LORDELO

Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (2011), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (2013) e atualmente é doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense. Atualmente é pesquisador da Universidade Federal Fluminense pelo LabCEO/UFF e professor de Engenharia de Produção da Faculdade Anhanguera e professor substituto na Universidade Federal Fluminense (UFF). Tem experiência na área de Engenharia de Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: estratégia organizacional, empreendimentos complexos, planejamento de projetos, jogos eletrônicos, mídia interativa, logística, engenharia da qualidade, produtividade, finanças, empreendedorismo e transformação digital.

SARA MONALIZA SOUSA NOGUEIRA

Graduada e Mestre em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Na graduação desenvolveu pesquisas e atividades nas áreas de: Aquicultura (Manejo, cultivo e alimentação de peixes em cativeiros; Cultivo de alimentos vivos; Análises Limnológicas); Bioquímica (caracterização bioquímica e estudos sobre proteoma de lectinas de algas marinhas); Biologia Molecular (clonagem e expressão de genoma de algas marinhas) no Laboratório de Moléculas Biologicamente Ativas (Bio-Mol Lab); e Educação Ambiental no Programa de Educação Ambiental Marinho (PEAM) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR). Durante o Mestrado desenvolveu pesquisas no Centro de Biotecnologia Aplicada à Aquicultura (CEBIAQUA) com: Aquicultura (manejo, cultivo e alimentação de organismos aquáticos; sanidade animal; cultivo de alimentos vivos; cultivo integrado de organismos aquáticos; controle e manutenção de Sistemas de Recirculação de Água (RAS); Análises Limnológicas de Qualidade de Água; Sistemas de Tratamento e Reuso de Águas e Efluentes). Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético e Ambiental (PPE) do Instituto Alberto Luiz de Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) onde vem desenvolvendo estudos sobre Gestão Ambiental, Regulamentação e Usos Múltiplos em Reservatório Hídricos Brasileiros e Desenvolvimento Sustentável do Meio Ambiente. E é professora universitária nos cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia de Produção da Centro Universitário Anhanguera, unidade de Niterói/RJ, ministrando as disciplinas de Gestão dos Recursos Naturais e Energéticos, Hidrologia e Manejo de Bacias Hidrográficas; Manejo e Recuperação de Áreas Degradadas; Gestão Ambiental; Poluição Ambiental; Gestão de Resíduos; Desenho Técnico; Desenho Auxiliado por Computador (CAD); e Metrologia e Controle Geométrico. Também, orienta e participa de Bancas de Defesa de Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) desta universidade e do curso de MBA em Gerenciamento de Projetos do Laboratório de Competitividade, Estratégia e Organização (LabCEO) do Departamento de Engenharia de Produção (TEP) da Universidade Federal Fluminense (UFF).

SILVIA LOPES DE SENA TAGLIALENHA

Professora da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville. Possui Licenciatura em Matemática, com habilitação em Física - UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia - Júlio de Mesquita Filho, Mestrado em Matemática Pura (Análise) - ICMC-USP Universidade de São Paulo - São Carlos e Doutorado em Engenharia Elétrica (Automação) - UNESP - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Atua principalmente nos seguintes temas: programação linear inteira, problemas de transporte e logística, meta heurísticas e planejamento da expansão de sistemas de transmissão de energia elétrica.

STEFANIE OLINDA CAVALCANTE CARVALHO

Graduada em Engenharia de Produção pela PUC MG. Master em Engenharia da Qualidade pela PUC MG. Experiência com ferramentas dos modelos de gestão WCM e Lean Manufacturing. Experiente na condução de equipes de trabalhos para elaboração e execução de projetos de Melhoria Contínua.

TAIS HELENA GARCIA HOMEM DE BITTENCOURT

Graduada em Logística pela Faculdade de Tecnologia da Baixada Santista e graduanda em Engenharia de Produção pela UNIVESP. Lâurea Prêmio Mérito Acadêmico em administração, pelo Conselho Regional de Administração. Bolsista Ibero Americana Santander em Ingeniería en Logística y Transporte na Universidad Politécnica de Sinaloa. Tem experiência nas áreas de Gestão de Estoques e Picking.

THEREZA RAKEL DE ALCANTARA LIRA ARAUJO DA CUNHA

Graduanda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), integrante do Grupo de Pesquisa Conforto, Eficiência e Segurança no Trabalho (CESET) e pesquisadora de iniciação científica do Laboratório de Análise do Trabalho (LAT). Concluiu curso técnico em Logística pela UniNassau. Possui experiência na área de Engenharia de Produção, em produções nos temas que envolvem: Ergonomia, Saúde e Segurança no Trabalho; Gerência de Produção; e Planejamento, Projeto e Controle de Sistemas de Produção.

VANINA MACOWSKI DURSKI SILVA

Possui graduação em Engenharia de Produção Agroindustrial pela Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão (2002) e especialização em Gestão de Agronegócios pela Fesurv (2004). Possui o título de mestre e doutora em Eng. de Produção na área de Logística e Transporte pela Universidade Federal de Santa Catarina. Pós Doutorado pelo Programa Nacional de Pós Doutorado (PNPD-CAPES) no Depto. de Eng. de Produção da UFSC. Atualmente é professora Adjunto III do Departamento de Engenharias da Mobilidade da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sendo também Coordenadora do Grupo de Pesquisa em Logística Dinâmica e Autônoma. Atua na coordenação do Grupo de Pesquisa em Logística Dinâmica e Autônoma que atua em trabalhos de pesquisa e extensão voltados à logística autônoma e à dinamicidade dos sistemas logísticos. Atuou como engenheira de produção na área de Planejamento e Controle da Produção em empresas de grande porte como Perdigão Agroindustrial S.A., atual Brasilfoods e Macedo Agroindustrial S.A, atual Tyson Foods. Lecionou em cursos de graduação bem como de pós-graduação do tipo lato sensu, além de atuar como consultora. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Logística e Transporte, Pesquisa Operacional e Planejamento e Controle da Produção, atuando como referee de periódicos nacionais e internacionais relacionados à tais áreas, participando de projetos com diversas universidades, além de possuir uma produção bibliográfica ativa.

VITOR HUGO RAIOL DA SILVA

Bacharel em Engenharia de Produção, especialização em Gestão Financeira Empresarial em andamento. Residente em Belém/PA.

VIVIANE DE SENNA

Graduada em Administração pelo Centro Universitário Franciscano (Unifra);. Graduado no Programa Especial de Graduação de Formação de Professores para a Educação Profissional pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); . Especialista em Gestão de Negócios pelo Centro Universitário Franciscano (Unifra); Especializanda em Estatística e Modelagem Quantitativa pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); . Mestre em Engenharia de Produção pela UFSM;

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7042-018-3



9 788570 420183