

# O IMPACTO DO SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO NOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE E QUALIDADE

Alessandro José Fonseca<sup>1</sup>

Bruno Marques Bueno<sup>1</sup>

Gysele Lima Ricci<sup>1</sup>

Washington Luis Moreira Braga<sup>1</sup>

## RESUMO:

Este trabalho baseia-se em um estudo de caso que teve como objetivo determinar a relação entre a aplicação do Sequenciamento da Produção através do Planejamento Mestre da Produção e demonstrar os resultados positivos alcançados através dos indicadores de qualidade e produtividade organizacional. O Sequenciamento da Produção através do Planejamento Mestre da Produção visa uma produção de forma enxuta e sem desperdícios, com aplicação e aproveitamento de todos os recursos disponíveis na forma e tempo ideal. O trabalho de campo teve o propósito de determinar a relação entre a aplicação do Sequenciamento da Produção e o Planejamento Mestre da Produção. Como principais resultados, observou-se que a empresa obteve melhora acentuada nos indicadores de qualidade e de produtividade. Com a aplicação do MPS houve maior interação dos colaboradores, que passaram a enxergar o resultado não somente na quantidade produzida, mas também na qualidade do que se produziu.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sequenciamento de produção; Plano Diretor de Produção; Indicadores de produtividade e qualidade.

## ABSTRACT: THE IMPACT OF THE SEQUENCING OF PRODUCTION IN THE PRODUCTIVITY AND QUALITY

This work is based on a case study, in which the goal was to determine the relationship between the application of the Production Sequencing through the Master Production Planning and demonstrate the positive results achieved through quality indicators and organizational productivity. The sequencing of production through the Master Production Planning aims at producing lean and without wastes, the application and use of all available resources in the form and ideal time. Fieldwork aimed to determine the relationship between the application of the sequencing of the Master Production and Production Planning. As main results, we observed that the company had marked improvement in quality indicators and productivity. With the application of MPS was greater interaction among employees, that started to see the result not only of the quantity produced, but also the quality of what is produced.

**KEYWORDS:** Sequencing Production; Master Planning of Production; Indicators of Productivity and Quality.

## RESUMEN: EL IMPACTO DE LA SECUENCIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD

Este trabajo se basa en un estudio de caso, en el que el objetivo fue determinar la relación entre la aplicación de la secuenciación de producción través de lo Maestro de Planificación de Producción y demostrar los resultados positivos logrados través de indicadores de calidad y productividad de la organización. La secuenciación de la producción través de lo Maestro de Planificación de Producción tiene como objetivo la producción de vacas flacas y sin residuos,

la aplicación y el uso de todos los recursos disponibles en la forma y momento ideal. El trabajo de campo dirigido a determinar la relación entre la aplicación de la secuenciación del Maestro de Producción y Planificación de la Producción. Como principales resultados, se observó que la empresa había una marcada mejoría en los indicadores de calidad y productividad. Con la aplicación de MPS fue mayor la interacción entre los empleados, que comenzó a ver el resultado no sólo de la cantidad producida, sino también la calidad de lo que se produce.

**PALABRAS-CLAVE:** Secuenciación de Producción; Plano Maestro de la Producción; Indicadores de la Productividad y Calidad.

## 1. INTRODUÇÃO

Com a competitividade acirrada, as empresas estão se atentando em ter uma produção enxuta, a fim de obterem uma maior lucratividade e menor retrabalho. Desse modo, aplicar as técnicas de sequenciamento de produção tornou-se de vital importância para a melhoria dos lucros organizacionais e qualidade dos produtos fabricados.

O sequenciamento da produção veio para organizar e definir metas. Tem como características uso de método de controle de estoque, o cálculo de tempo de processamento e prazo de entrega de acordo com a prioridade, cálculo do lead-time que visa melhor o nível de atendimento ao cliente (TUBINO, 2007).

O plano de produção é o formalizador das decisões em relação à necessidade de produtos acabados para determinado período de tempo. Faz a conexão entre o planejamento estratégico e o chão de fábrica. Na sua elaboração é necessário a integração de todas as áreas ligadas à operação, pois estas passam a ter seu planejamento tático a curto e médio prazo. Este programa busca resolver o problema do planejamento da programação determinando a quantidade de matéria prima em cada operação no tempo de ciclo de produção de determinado produto. Alinhado a isto, os setores ligados a produção podem determinar o custo do produto, a quantidade de recursos humanos usados na produção, o valor a ser desembolsado para a produção de determinado produto e etc. Mas, como montar um Plano de produção de acordo com as peculiaridades de cada empresa? (TUBINO, 2007).

Primeiramente a empresa apura sua demanda, ou seja, sua carteira e pedidos apresentada pelo departamento de vendas. De posse da mesma cabe ao gestor da produção elaborar seu MPS (Plano Mestre de Produção), visando atender de forma eficiente e eficaz seus clientes, melhorando a gestão da capacidade produtiva e ajustando seus estoques às necessidades .

Segundo Corrêa ( 2010), o nível de serviço adequado ao cliente deve ser feito após a análise do equilíbrio entre o suprimento de matéria prima e a demanda por produto acabado, levando em consideração as restrições como estoques, recursos produtivos e tempo disponível para a produção. Na atualidade, a satisfação do cliente é algo imprescindível para a aceitação do produto no mercado. Cabe ao gestor, de posse do programa de produção da empresa, analisar a possibilidade do comprometimento com os pedidos e prazos pré-estabelecidos com o cliente, de forma a atendê-lo plenamente.

O objetivo desta pesquisa foi determinar a relação entre a aplicação do Sequenciamento da Produção através do Planejamento Mestre da Produção e demonstrar os resultados positivos alcançados através dos indicadores de qualidade e produtividade organizacional.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

### 2.1 SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO

O sequenciamento de produção tem como objetivo programar os recursos a serem utilizados no processo produtivo de forma balanceada, controlando possíveis desperdícios de matéria prima e mão de obra. Com isto, possíveis problemas podem ser previstos e suas soluções antecipadas evitando atrasos e complicações na entrega do produto final ao cliente. Saber a capacidade de produção consiste em determinar o lead-time de forma correta, sem sub ou superestimação do mesmo, onde possa ser percebido o real tempo de produção. A produção em lotes é diferente da linha de montagem tradicional, não há grande variedade de itens padronizados que são produzidos em lotes. Os itens serão fabricados em lotes seguindo um roteiro de operações padrão e quando chega a estação de trabalho requer prioridade de forma já definida anteriormente ao processo. Isto determina que os recursos estejam disponibilizados no local e sequência corretos. O foco neste processo não é equilibrar a mão de obra e sim carregar as máquinas de acordo com a demanda (TUBINO, 2007)

Não deve se esquecer de um ponto importante no sequenciamento da produção, o gargalo. Este ponto é o que limita o sistema produtivo, ou seja, para se ter um aumento na produtividade deve-se analisar e corrigir os gargalos do sistema. Desta forma a correção permite o atendimento pleno a demanda do momento. Na produção em lotes deve ser levado em consideração o gargalo, tempo de preparação para que este recurso não seja o causador ao não atendimento a demanda, ou seja, gerando uma quantidade maior de lotes em processamento neste recurso. Enquanto que no recurso não gargalo, os lotes de produto em processamento deverão ser enviados em tamanhos menores visando a redução de custos de estoque em processo e a melhora no fluxo de produção (TUBINO, 2007).

### 2.2 MPS - PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO

Segundo Corrêa (2010, p.198), “ o MPS coordena a demanda do mercado com os recursos internos da empresa de forma a programar taxas adequadas de produção de produtos finais.” Assim, observa-se que o autor faz referência ao MPS como sendo a alma de uma produção bem sucedida. Se bem elaborado, de acordo com as peculiaridades da empresa apresenta resultados positivos, porém deve estar alinhado com os recursos humanos de forma a integrar todo o pessoal desde a alta gerência até o chão de fábrica afim de atingir as metas pré-estabelecidas.

A utilidade de se ter um MPS consiste em produzir o necessário para atender os pedidos em tempo hábil, sem desperdícios de recursos, tanto de matéria prima quanto humanos, a fim de maximizar os lucros da empresa. Na elaboração do mesmo é necessário que a empresa possua um Plano de Vendas pré estabelecido, de preferência com pedidos em carteira. Segundo Ballestero-Alvarez (2001), o Plano Mestre de Produção deve ser elaborado levando em consideração cinco variáveis importantes:

1. Previsão de demanda independente: Identificar a previsão de demanda de determinado produto que depende apenas e diretamente das forças do mercado;
2. Demanda dependente: Esta só pode ser calculada com base na quantidade de itens que serão produzidos para entrega futura, pois a demanda dependente está diretamente ligada a demanda da quantidade de produto final;
3. Pedidos em carteira: São determinados pedidos em carteira aqueles que já foram requeridos pelo cliente porém ainda não foram entregues, desta forma cabe ao MPS acompanhar o mesmo para que se cumpra o prazo pré estabelecido;
4. Demanda Total: Se dá através da soma da previsão da demanda independente, demanda dependente e pedidos em carteira;
5. Suprimentos: Devem ser calculados de forma a suprir a demanda adequadamente em cada período. Para isto três tipos de ordens são necessárias:
  - OL: Ordem de fabricação e de produção liberada – É a identificação que determina o início da produção através da confirmação dos materiais e recursos disponíveis.
  - OFP: Ordens firmes planejadas ou programação firme – O programa-mestre recebe a sugestão calculada do sistema para a programação do item “X”, porém esta sugestão pode ser aderida ou não no momento.
  - OP: Ordens Planejadas: É um recurso que possibilita um grande volume de cálculos com variáveis referentes ao processo produtivo, identifica de forma ágil a necessidade da abertura de novas ordens.

Vale ressaltar que cabe ao programador mestre da produção a tarefa de fazer alterações no registro do PCP; desagregar o plano de produção para criar o MPS. O MPS deve seguir o mesmo sentido dos planos de produção até nas decisões detalhadas. Cabe também a ele manter a alta gerência inteirada das decisões tomadas, solicitando o consentimento, quando for o caso, para decisões que vão além de seu nível de autoridade. Desse modo, é possível estabelecer de forma eficiente o Plano Mestre de Produção que será utilizado como norteador da produção (VOLLMANN, 2006).

### 2.3 INDICADORES DE PRODUTIVIDADE

Com o objetivo de manter a presença no atual mercado competitivo, onde o avanço tecnológico, a globalização, o aumento na exigência do consumidor, pede muito mais de um gestor, se torna necessário conhecer profundamente o MPS da organização, a fim de criar uma interdependência entre os setores da mesma. Sua comunicação/relação é fator

primordial para o bom andamento da organização, que tem buscado sempre a melhoria de seus processos e resultados. As organizações perseguem a melhoria na gestão de seu negócio através de modelos competitivos que possam aumentar a rentabilidade de seu processo e seu lucro final. A falta de um modelo abrangente de processo dificulta a inter-relação entre setores essenciais, gerando dificuldade de entendimento entre as ordens emitidas e as realmente entendidas e executadas, prejudicando o sequenciamento da produção (DAVIS et al., 2008)

Para Chase (2006), a quantidade de bens que um país, indústria ou unidade de negócios produz, utilizando seus recursos (fatores de produção) é chamada de Produtividade. A tarefa da Administração da Produção é gerir estes recursos para que sejam utilizados da melhor forma em uma organização, isto torna o indicador de produtividade uma ferramenta essencial para se entender o desempenho da produção tanto positiva, quanto negativamente. Produtividade é tudo que se produziu dividido pelos recursos que foram utilizados. Quanto maior maior o coeficiente apurado nesta operação, maior a produtividade da mesma. A produtividade consiste em, usar os recursos de forma que os custos sejam reduzidos aumentando a competitividade, para isto é necessário a interação entre todos os setores da organização. Cada setor ou área deve estar alinhado aos propósitos da organização, formando uma cadeia produtiva com somente uma finalidade, ou seja a melhoria da produtividade.

Para verificação do processo produtivo é necessário um estudo da Jornada de trabalho a fim de verificar o tempo produtivo e o improdutivo no sistema para melhorá-lo. Isto deve ser feito através de indicadores de desempenho, que facilitam identificar as oportunidades de melhorias a serem trabalhadas, tendo como exemplos a eficácia, conceito ligado a qualidade que significa que os resultados obtidos estão de acordo com os objetivos pretendidos; e a eficiência, fator ligado a produtividade é como os recursos são aplicados para que sejam convertidos em produto final de forma que o custo seja o menor possível. Estes dois indicadores servem para medir os resultados e são referenciais para facilitar a decisão do gestor (CHASE, 2006).

## 2.4 INDICADORES DE QUALIDADE

O conceito de qualidade, segundo Carpinetti (2010), gera confusão devido o termo representar idéias bastantes distintas. O uso deste termo pode estar associado ao desempenho ou durabilidade de um bem, tanto ao atendimento satisfatório aos requisitos do cliente, ou até mesmo na visão fabril onde a qualidade é medida de forma a atender as especificações do produto ou do projeto. Os indicadores de qualidade consistem em mensurar de forma quantitativa, a percepção e aceitação do produto ou serviço pelo cliente e também medir a conformidade do produto final de acordo com o projeto do mesmo, este deve vir acompanhado de metas, que irão fornecer o nível determinado de sucesso a ser atingido. Deve ser apresentado em forma de gráficos para facilitar a compreensão agilizando o processo decisório. Cada organização, de acordo com suas peculiaridades cria seus indicadores, que melhor demonstram seu desempenho de qualidade. Para elaborar o

indicador de qualidade é necessário levar em consideração alguns fatores como seu grau de importância, seu fácil entendimento, estar disponível de forma rápida com custo acessível e também abrangendo todo o processo. Os indicadores de qualidade mais comuns relacionados ao produto são:

- Retrabalho;
- Refugo;
- Índice de Produtos devolvidos.

Com relação ao clientes:

- Satisfação;
- Reclamações.

De acordo com Soares e Carvalho (2005), a auditoria, levantamento, supervisão e avaliação, são requisitos utilizados para avaliar a qualidade que tem por objetivo garantir a integridade do processo, afim de atingir os resultados esperados. O acompanhamento do mesmo pode ser feito através de comparações, levando em consideração a relação das causas e efeitos entre indicadores.

### 3. METODOLOGIA E ANÁLISE DOS DADOS

O método de pesquisa utilizado neste trabalho foi o estudo de caso, que segundo Lakatos (2009), é um levantamento detalhado, específico de um caso ou situação limitada, não podendo ser generalizada e tem como base a coleta de dados.

O trabalho foi desenvolvido na região sul de Minas Gerais em uma micro empresa do segmento de produção de bojo. O objetivo dessa pesquisa foi determinar a relação entre a aplicação do Sequenciamento da Produção através do Planejamento Mestre da Produção e demonstrar os resultados positivos alcançados através dos indicadores de qualidade e produtividade organizacional. O trabalho de campo foi realizado em duas fases: a primeira fase teve o propósito determinar a relação entre a aplicação do Sequenciamento da Produção através do Planejamento Mestre da Produção e a segunda fase teve o propósito de demonstrar os resultados positivos alcançados através dos indicadores de qualidade e produtividade organizacional.

A pesquisa classifica-se como uma pesquisa quantitativa, pois é uma pesquisa que fez uso de parâmetros matemáticos e estatísticos para compreender a situação pesquisada. A coleta de dados ocorreu nas dependências da empresa durante um período de 30 dias, sendo 10 dias em janeiro de 2010, para análise do ano de 2009; 10 dias em janeiro de 2011, para análise do ano de 2010 e 10 dias em janeiro de 2012, para análise do ano de 2011. Fez-se o uso de planilhas e relatórios anuais cedidos pela própria empresa para a coleta de dados.

O trabalho teve o propósito de determinar a relação entre a aplicação do Sequenciamento da Produção e o Planejamento Mestre da Produção demonstrando os resultados positivos alcançados através dos indicadores de qualidade e produtividade organizacional. O sequenciamento da produção foi realizado da seguinte forma: de acordo com a quantidade demandada por cores, tamanho e modelos foram emitidas ordens de produção que determinam a sequência que o produto deve passar por cada processo até sua finalização.

### 3.1 FASE 1

A primeira fase da pesquisa teve o propósito determinar a relação entre a aplicação do Sequenciamento da Produção através do Planejamento Mestre da Produção.

Primeiramente se ajustou o processo de dublagem, o qual não obedecia nenhum procedimento, pois era realizado de acordo com a vontade do responsável pelo setor. O responsável não realizava qualquer menção a necessidade produtiva real. Contudo, após a aplicação do sequenciamento de produção o mesmo obedeceu a ordem de produção que define o que deve ser dublado no decorrer do dia. Em seguida o processo de corte em placas sofreu o mesmo alinhamento, antes era feito seguindo as decisões do operador que visava apenas a quantia a ser produzida, pois o mesmo recebia meta de produtividade pela quantidade cortada. Após o sequenciamento, foi dimensionado pelo PCP a quantia correta a ser cortada. Os demais setores seguiram as ordens emitidas desta forma para obter as metas traçadas.

Usando o MPS a empresa passou a calcular a quantidade de matéria prima, conforme sua demanda, realocou a mão de obra de acordo com o maquinário disponível, evitando o desperdício, balanceando o processo e reduzindo os gargalos. Foi elaborado os Indicadores de Produtividade e Qualidade levando em consideração os dados apurados nos anos de 2009, 2010 e 2011.

O ano de 2009 serviu como referência para o início da aplicação do Sequenciamento da Produção, neste ano foi observado os seguintes dados, conforme tabela abaixo:

**Tabela 01:** Tabela de referência do ano de 2009.

Tabela de referência - Ano 2009	
Funcionários	37
Maquinário	20
Produção em pares	3.600.000
Índice de retrabalho	0,80%
Índice de refugo	0,90%
Índice de 2ª linha	2,50%
Quantidade atendida	3.567.600
Índice de devolução	2,50%
Demanda do mercado	6.000.000

O departamento de marketing apresentou para o ano subsequente a demanda de 7.000.000 pares de bojo. De posse da ficha técnica dos produtos previstos para o ano, foi dividido mensalmente esta demanda afim de encontrar a quantidade de matéria prima necessários para a produção desta quantia estimada. O investimento em maquinário se fez necessário para atingir a produção esperada, com isto a empresa expandiu seu parque fabril em 125%, comprando 25 máquinas novas. Para a operação destas, a empresa contratou mais 26 funcionários e realocou os já existentes com treinamentos para exercer de forma mais eficiente a função para qual era designado, diminuindo o desperdício causado pela dispersão de atenção durante a execução do trabalho. Todas as operações unitárias do processo produtivo foram encontradas e trabalhadas no sentido de balanceá-las para a redução de possíveis gargalos. Com isto em 2010 a empresa apresentou os seguintes dados, conforme tabela abaixo:

**Tabela 02:** Tabela referência do ano de 2010.

Tabela de referência - Ano 2010	
Funcionários	63
Maquinário	45
Produção em pares	6.500.000
Índice de retrabalho	0,50%
Índice de refugo	0,70%
Índice de 2ª linha	2,10%
Quantidade atendida	6.454.500
Índice de devolução	1,92%
Demanda do mercado	7.000.000

Para 2011 foi apresentado uma demanda de 8.500.000 pares de bojo. Para atingir esta demanda a empresa adquiriu mais 05 máquinas e contratou mais 2 operadores. A mudança no layout de produção se fez necessária para que fosse suprida a capacidade produtiva sem a contratação de mais recursos humanos. Foi estipulado incentivos produtivos aos colaboradores visando um empenho maior na produção; Com isto em 2011 obteve-se o seguinte cenário:

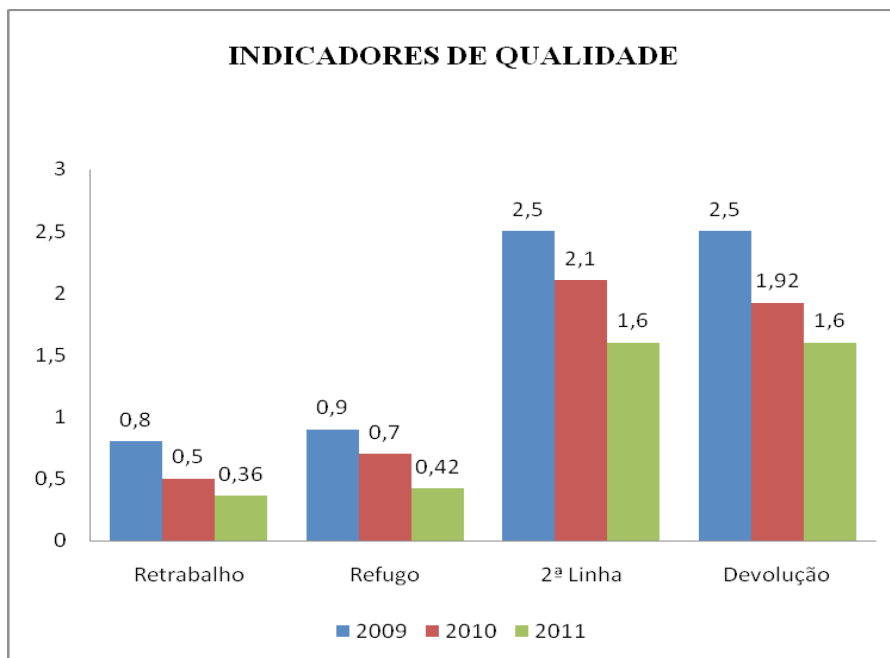
**Tabela 03:** Tabela de referencia ano de 2011.

Tabela de referência - Ano 2011	
Funcionários	65
Maquinário	50
Produção em pares	8.240.000
Índice de retrabalho	0,36%
Índice de refugo	0,42%
Índice de 2ª linha	1,60%
Quantidade atendida	8.205.392
Índice de devolução	1,60%
Demanda do mercado	8.500.000

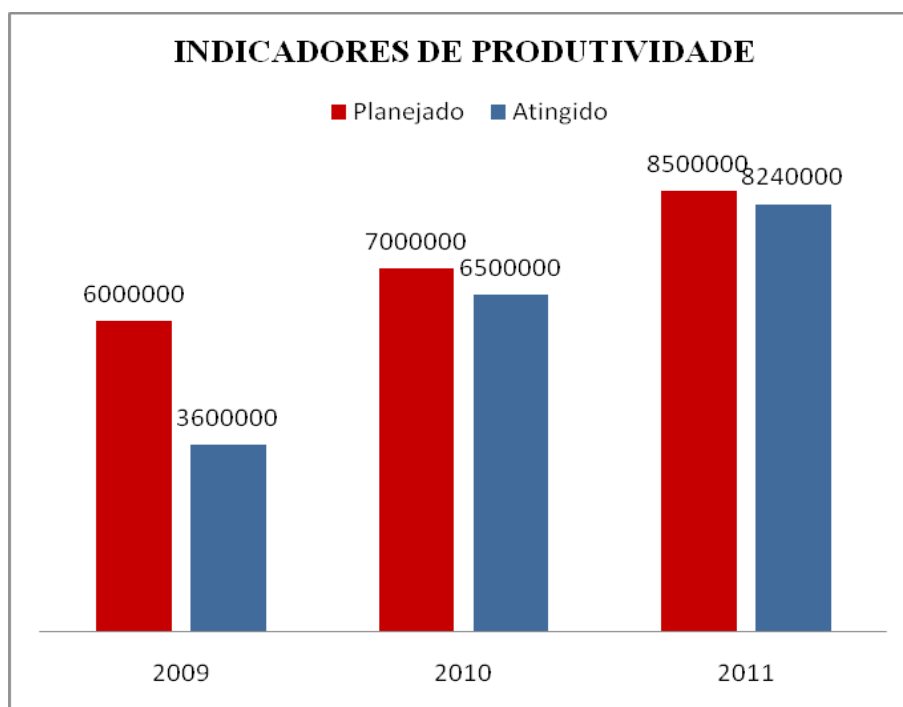


### 3.2 FASE 2

A segunda fase da pesquisa teve o propósito de demonstrar os resultados positivos alcançados através dos indicadores de qualidade e produtividade organizacional. Durante o período estudado foram levantadas as seguintes informações referentes aos indicadores de qualidade e de produtividade da empresa, conforme apresentam os gráficos 1 e 2.



**Gráfico 1:** Indicadores de Qualidade.



**Gráfico 2:** Indicadores de Produtividade.

O caso estudado através da observação de fatores apresenta de forma clara a aplicação do MPS. Após a coleta dos dados foram confeccionadas as tabelas e os gráficos e

constatou-se uma melhora acentuada nos indicadores de qualidade em torno de 45% e de produtividade em torno de 30%. Observou-se que na prática a aplicação correta do sequenciamento de produção alinhado ao Plano Mestre de Produção com a interação e comprometimento de toda a empresa desde os níveis mais altos até o chão de fábrica traz resultados positivos e fornece ferramentas para uma melhoria contínua no processo produtivo.

De forma simplificada podemos perceber no gráfico 1 que os índices de Bojos de 2º Linha e Devolução, no período estudado caíram 36%, enquanto que o índice de refugo declinou 53%, a queda mais acentuada foi no índice de retrabalho que atingiu a marca 55%.

No Gráfico 2 pode-se verificar que de 2009 para 2010 o aumento da produtividade chegou ao índice de 6%. Em comparativo o ano de 2010 para 2011, o aumento foi de aproximadamente de 23%. No geral do período estudado para os indicadores de Produtividade o aumento real foi no patamar de 30%.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo proposto neste estudo foi demonstrar que a aplicação do Sequenciamento da Produção e o MPS traz inúmeras vantagens para a empresa que deseja se manter em crescimento na conjuntura do mercado. Esse trabalho visa demonstrar de forma sucinta que a empresa pesquisada segue a direção correta para atingir suas metas de produtividade, qualidade e crescimento organizacional, com base em dados sólidos que dão sustentação para suas decisões estratégicas.

O Sequenciamento de Produção é uma ferramenta utilizada por diversas empresas de vários setores, pois ele facilita a localização e o entendimento dos gargalos que surgem no decorrer do processo produtivo. Aliado ao MPS coordena o PCP da empresa de forma a agilizar as decisões do gerente do departamento.

Por fim, se torna necessário sempre se preocupar com a melhoria contínua de seus processos bem como o acompanhamento de todas as atividades que envolvam o gerenciamento da Produção da empresa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. Administração da Qualidade e da Produtividade: abordagens do processo administrativo. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

BURBIGE, John Leonard. Planejamento e Controle da Produção. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1981.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Gestão de Qualidade: Conceitos e Técnicas. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CHASE, Richard B; JACOBS, Robert F; AQUILANO, Nicolas T. Administração da Produção para Vantagem Competitiva. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CORREA, Henrique Luiz. Planejamento, Programação e Controle da Produção. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. Fundamentos da Administração da Produção. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Metodologia Científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOARES, S.R; CARVALHO. H.A. Implementação de Indicadores de Qualidade e Desempenho através do Gerenciamento por Projeto. Estudo de caso dos locais de produção de uma empresa em Curitiba. 18f. Pós Graduação ( Gestão Estratégica da Produção) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CFET/PR, Paraná, 2005.

TUBINO, Dalvio Ferrari. Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

VOLLMANN, Thomas E. Sistemas de Planejamento & Controle da Produção para Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

**Recebido em: 22/09/2014**

**Aceito para publicação em: 02/03/2016**

# DETECÇÃO DO COMPRIMENTO DO PERÍODO ADEQUADO DE AQUECIMENTO EM MODELOS DE SIMULAÇÃO A TEMPO DISCRETO

Anderson Ribeiro Duarte<sup>1</sup>

Hélida Mara Gomes Norato<sup>2</sup>

Víctor Ferreira Silva<sup>3</sup>

Fernando Luiz Pereira Oliveira<sup>4</sup>

## RESUMO:

Este artigo tem o objetivo de comparar dois procedimentos utilizados para detecção do comprimento adequado de períodos de aquecimento (*warm-up*) em modelos de simulação para sistemas de filas. Os modelos de simulação para sistemas de filas visam reproduzir fluxos para sistemas de fila. Entretanto, ao obter estimativas para determinados parâmetros de interesse, associados a estes sistemas, é possível que tais estimativas sejam comprometidas pela presença de algum viés associado à falta de estacionariedade na série temporal obtida ao longo do procedimento de simulação. Existem diversas técnicas para avaliação do período adequado de *warm-up* em sistemas de filas presentes na literatura, algumas destas técnicas são baseadas em procedimentos estatísticos. Neste trabalho estamos interessados em utilizar dois métodos de detecção de períodos de aquecimento, visando uma comparação e análise de qualidade de resultados obtidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Períodos de aquecimento; Modelos de Simulação; Sistemas de filas; Cruzamento Iterado das Médias; Controle Estatístico de Processo.

## INTRODUÇÃO

Procedimentos de simulação utilizam de técnicas computacionais e estatísticas para viabilizar a construção de modelos capazes de reproduzir em ambientes computacionais um sistema real. Um dos propósitos centrais é viabilizar análises e testes de diversas alternativas em modelos que podem ser aplicadas aos sistemas existentes. Há inúmeras aplicações dos modelos de simulação, muitas delas relacionadas a sistemas de filas, como por exemplo: dimensionamento de linhas e células de produção, dentre outros.

---

1 Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Professor Adjunto do Departamento de Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto com interesse nas áreas de Processos Estocásticos e Simulações Estocásticas.

**E-mail:** duarte.andersonr@gmail.com

2 UFOP/DEENP. Professora Assistente do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (campus João Monlevade) com interesse nas áreas de Simulações Estocásticas e Logística.

**E-mail:** helidanorato@gmail.com

3 UFOP. Graduando em Estatística pela Universidade Federal de Ouro Preto com interesse nas áreas de Processos Estocásticos e Simulações Estocásticas. **E-mail:** victor.est.ufop@gmail.com

4 UFOP/DEEST. Professor Adjunto do Departamento de Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto com interesse nas áreas de Controle Estatístico de Processos. **E-mail:** fernandoluiz@iceb.ufop.br

Estudos utilizando simulação exigem grande esforço computacional e também para a construção e programação dos modelos. Por outro lado, o esforço dedicado para a avaliação de dados de saída da simulação visando promover uma análise adequada dos resultados é ainda um tanto limitado. Uma rodada de simulação de sistemas que funcionam intermitentemente é composta de um tempo de aquecimento necessário à estabilização do sistema, seguido de diversas replicações, cada uma delas, fornecendo dados para a realização de estatísticas referentes ao comportamento do modelo simulado. Em alguns procedimentos é comum observar simulações simplistas, em que o tempo de aquecimento e o número de replicações são escolhidos de forma completamente arbitrária como é discutido em Norato e Duarte (2011).

Considerando que estes modelos de simulação são conduzidos ao longo do tempo e através de amostras aleatórias de distribuições de probabilidade, pode-se observar que as estimativas são realizações particulares de variáveis aleatórias que podem ter muita variabilidade. Avaliando várias replicações distintas é possível observar diferentes características entre elas. Desta forma, alguma, ou algumas delas não devem estar representando fielmente a realidade que se tenta reproduzir através do modelo proposto. Pode existir então uma probabilidade significativa de fazer inferências errôneas sobre o sistema em estudo. Um impedimento para a obtenção de estimativas precisas dos parâmetros de um sistema modelado através de simulação é o tempo computacional necessário para que o sistema simulado se estabilize. Com o intuito de obter melhorias nos procedimentos de coleta de dados de simulações é de extrema importância a adoção de métodos para seleção do período de aquecimento (*warm-up*). Por período de aquecimento denomina-se a detecção do período transiente inicial em que os dados da simulação apresentam elevada variabilidade quando comparados aos dados do período permanente.

Denomina-se esse período permanente por estado estacionário. Neste período os dados são capazes de produzir estimativas mais estáveis para os parâmetros de interesse. Dado um conjunto realizações para um parâmetro de interesse  $Y_1, Y_2, \dots$ . Seja  $F_i(y|I_n) = P(Y_i \leq y | I_n)$  para  $i=1, 2, \dots$ , em que  $y$  é um número real e  $I_n$  representa as condições iniciais usuais para iniciar a simulação no tempo 0 (A probabilidade condicional  $P(Y_i \leq y | I_n)$  é a probabilidade de ocorrer o evento  $[Y_i \leq y]$  dadas as condições iniciais  $I_n$ ). Para um sistema em estudo,  $I_n$  deve especificar o número de componentes presentes, e se o servidor está ocupado ou não no tempo 0. Denotamos  $F_i(y|I_n)$  por distribuição transiente do processo no tempo discreto  $i$  para condições iniciais  $I_n$ . Note que  $F_i(y|I_n)$  deverá ser diferente para cada valor  $i$  e para cada conjunto de condições iniciais  $I_n$ . Para  $y$  e  $I_n$  fixos, as probabilidades  $F_1(y|I_n), F_2(y|I_n), \dots$  formam um sequência numérica. Se  $F_i(y|I_n) \rightarrow F(y)$  quando  $i \rightarrow \infty$  para todo  $y$  e para alguma condição inicial  $I_n$ , então  $F(y)$  é chamada de distribuição estacionária para o processo estocástico  $Y_1, Y_2, \dots$ . Estritamente, a distribuição estacionária  $F(y)$  é somente obtida no limite quando  $i \rightarrow \infty$ . Na prática, porém, muitas vezes existe um índice de tempo finito  $L$  tal que as distribuições a partir deste ponto sejam aproximadamente iguais, ou seja, "estado estacionário". É importante salientar que o estado estacionário não implica que as variáveis aleatórias da série temporal assumirão sempre os mesmos valores, mas

sim, significa que estas variáveis aleatórias têm aproximadamente a mesma distribuição de probabilidades.

Particularmente neste trabalho estaremos abordando modelos de simulação para filas que são do tipo M/M/1 que é um modelo mais simples e filas M/G/1 que formam modelos um pouco mais sofisticados.

Este trabalho tem por objetivo discutir duas técnicas já existentes para a detecção de períodos de aquecimento; construir um modelo experimental de simulação para comparar técnicas e por fim comparar as duas abordagens metodológicas para detecção de períodos de aquecimento em modelos de simulação. A seção 2 apresenta uma revisão bibliográfica acerca do assunto em estudo e discute alguns aspectos preliminares sobre a teoria de filas; a seção 3 descreve os métodos para detecção de períodos de aquecimento que serão utilizados neste estudo e apresenta os modelos experimentais que serão utilizados; a seção 4 mostra avaliações numéricas comparativas entre os métodos incluindo discussões sobre os resultados de aplicação de cada um dos métodos. Conclusões e discussões finais são apresentadas na seção 5.

## REVISÃO DE LITERATURA

Pode-se encontrar na literatura associada à área de simulação uma extensa gama de métodos para a detecção do período de aquecimento como pode ser visto em Robinson (2002). Fato este que destaca a relevância do estudo adequado do período transiente, para que este período não influencie as estimativas dos parâmetros de interesse no procedimento de simulação, quando este atingir o seu estado estacionário. Segundo Nelson (1992), os métodos possuem características que podem ser adequadas a diversos tipos de modelos de simulação. Em geral, duas abordagens são utilizadas: a exclusão de dados e inicialização inteligente. Na primeira abordagem, o modelo é executado por um período de aquecimento até atingir um estado estacionário e, antes do qual, os dados são eliminados. A maior dificuldade presente na utilização desta abordagem está em escolher a duração do período de aquecimento. Na segunda abordagem, o modelo é colocado em uma condição “realista” no início da execução. Aqui, o estudo estará concentrado na primeira abordagem, ou seja, com o objetivo de determinar um período adequado de aquecimento para os modelos de simulação. De acordo com Robinson (2002), os métodos para detecção do período de aquecimento podem ser classificados em cinco grupos:

1. Gráficos como pode ser visto nos exemplos em Welch (1993), Robinson (1994), Banks, Carson and Nelson (1996) e Norato e Duarte (2011);
2. Heurísticos que podem ser ilustrados em Fishman (1973), Gafarian, Ancker and Morisaku (1978), Pawlikovski (1990) e White (1997)
3. Estatísticos como os exemplos em Kelton and Law (1983), Yücesan (1993) e Robinson (2002);

4. Testes de vício de inicialização mostrados em Schruben (1982), Vassilacopoulos (1989), Nelson (1992) e Goldsman, Schruben and Swain (1994);
5. Híbridos como os trabalhos em Pawlikovski (1990) e Jackway and Desilva (1992).

Após a escolha de uma abordagem para determinação do período de aquecimento, modelos experimentais precisam ser construídos visando obter estratégias de teste destes métodos. Para a construção de um modelo experimental de simulação, serão abordados alguns conceitos básicos da teoria de filas. O objetivo é familiarizar o leitor com o assunto e facilitar o entendimento dos parâmetros avaliados. Diversos problemas do cotidiano são modelos clássicos de sistemas de filas, o que, por si só, é motivo para se buscar uma maior compreensão de tais modelos. Dado o interesse de entendimento, buscam-se ao longo do tempo, técnicas de reprodução do funcionamento desses modelos, em geral, através de estratégias de simulação computacional.

Os modelos de simulação computacional para sistemas de filas já se encontram bastante difundidos e, também, bem evoluídos do ponto de vista de sua implementação. Por outro lado, por mais que as técnicas de simulação já estejam em um satisfatório patamar de desenvolvimento, a análise dos resultados ainda não é feita a contento em muitos casos, isto se deve a um conjunto de escolhas de parâmetros do modelo de simulação e também discussões acerca da quantidade necessária de replicações. Para discutir este assunto será necessário descrever inicialmente alguns modelos clássicos de sistemas de filas. Para tanto, será utilizada a clássica notação de Kendall (1953).

A notação de Kendall (1953) prima por explicitar: estrutura da distribuição das chegadas ao sistema; estrutura da distribuição dos atendimentos; quantidade de servidores de atendimento; capacidade da fila; tamanho da população e a disciplina da fila. Quando são omitidos os parâmetros associados à capacidade da fila, ao tamanho populacional e a disciplina, entende-se que não existe uma limitação de capacidade na fila, não existe uma limitação de tamanho para a população e que a disciplina da fila seja (FIFO - *First in, first out*), ou seja, a primeira entidade a entrar no sistema será a primeira entidade atendida. Alguns exemplos de filas que podem compor o sistema são apresentados a seguir:

- M/M/1 - Fila em que as chegadas e os atendimentos são Markovianos, ou seja, os tempos entre chegadas e os tempos de atendimento seguem distribuição exponencial de parâmetros  $\lambda$  e  $\mu$  respectivamente, existe um único servidor para o atendimento, e a fila de espera para este servidor sem limitação de capacidade;
- M/M/c - Processos de chegada e atendimento Markovianos, com  $c$  servidores, e a fila de espera sem limitação de capacidade;
- M/M/c/k - Processos de chegada e atendimento Markovianos, com  $c$  servidores e a fila de espera para o atendimento com limitação de capacidade  $k$ ;
- M/G/c - Fila em que as chegadas são Markovianos e o atendimento é genérico, ou seja, o tempo entre chegadas segue uma distribuição exponencial de parâmetro  $\lambda$  e o tempo de atendimento segue qualquer distribuição, existem  $c$  servidores

para o atendimento e a fila de espera para o atendimento não tem limitação de capacidade;

- M/G/c/k - Fila em que as chegadas são Markovianos e o atendimento é genérico, ou seja, o tempo entre chegadas segue uma distribuição exponencial de parâmetro  $\lambda$  e o tempo de atendimento segue qualquer distribuição, existem  $c$  servidores para o atendimento e a fila de espera para o atendimento tem capacidade  $k$ , ou seja,  $k$  lugares de espera para o atendimento.

Dada uma fila do sistema, existem diversos parâmetros e variáveis de interesse a serem discutidos. O interesse maior está em obter um procedimento adequado de estimação de variáveis ou medidas de desempenho do sistema. Elencando alguns destes parâmetros e algumas medidas de desempenho de interesse, têm-se:

- $\lambda_i$  (parâmetro): taxa de chegada no  $i$ -ésimo servidor de atendimento;
- $\mu_i$  (parâmetro): taxa de atendimento no  $i$ -ésimo servidor de atendimento;
- $r_i = \lambda_i / \mu_i$  (medida de desempenho): intensidade do tráfego no  $i$ -ésimo servidor de atendimento (taxa de utilização do servidor);
- $k_i$  (parâmetro): capacidade total do  $i$ -ésimo servidor de atendimento, isto é, capacidade da área de circulação (buffers) incluindo as unidades que estão sendo atualmente atendidas;
- $N_f$  (medida de desempenho): tamanho médio da fila;
- $q_f$  (medida de desempenho): tempo médio de espera na fila;
- $N$  (medida de desempenho): quantidade média de clientes no sistema;
- $\theta$  (medida de desempenho): tempo médio de permanência dos clientes no sistema.

Exemplos de construção e utilização destes modelos podem ser obtidos em Cruz, Duarte and Van Woesel (2008). É importante notar que em uma simulação, o problema é resolvido numericamente, ou seja, as estimativas obtidas para as medidas de desempenho são provenientes de realizações de variáveis aleatórias. Portanto, o número de realizações e a variabilidade inerente a estas variáveis aleatórias influenciam bastante o processo de estimação. É necessário considerar que o sistema necessita de um tempo inicial de estabilização (tempo de aquecimento) para que possa produzir resultados confiáveis.

Após a construção do modelo experimental, serão abordadas duas técnicas distintas para a estimação do adequado período de aquecimento a ser adotado. Serão utilizados o método SPC proposto por Robinson, 2002 e o método do Cruzamento das Médias Iterado proposto por Norato e Duarte, 2011. Estes métodos serão mais bem discutidos na seção posterior.



## MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Nesta seção serão discutidos os métodos de estimação do período de aquecimento em modelos de simulação e também a construção do modelo experimental de simulação para a execução dos testes. Inicialmente daremos uma breve descrição dos dois métodos a serem abordados.

### MÉTODO *STATISTICAL PROCESS CONTROL*

O método *Statistical Process Control* - SPC proposto em Robinson (2002) é uma técnica gráfica, que necessita de múltiplas replicações, podendo ser descrito em quatro etapas:

1. Execute  $n$  replicações do procedimento de simulação, cada uma destas replicações terá tamanho  $m$ . Seja  $Y_{ji}$  a  $i$ -ésima observação da variável de interesse na  $j$ -ésima replicação, neste caso  $i=1,2,\dots,m$  e  $j=1,2,\dots,n$ ;
2. Calcule as médias de cada uma das observações entre as replicações, estas médias serão denotadas por  $\bar{Y}_i$ , em que:  $\bar{Y}_i = \sum_{j=1}^n \frac{Y_{ji}}{n}$  para  $i=1, 2,\dots$ ,
3. Agora as médias são agrupadas em  $b$  grupos de tamanho  $k$ , e são representadas as médias por grupo como  $\bar{Y}_x$  para  $x=1,2,\dots,b$ . O tamanho destes grupos é selecionado de forma a garantir que as médias por grupo sejam aceitas no teste de aderência para normalidade de *Anderson-Darling* e no teste de correlação de *Von Neuman*. Recomenda-se inclusive um mínimo de 20 grupos. Após a divisão em grupos, denota-se a série temporal resultante por:

$$Y_{(k)} = \{\bar{Y}_1(k), \bar{Y}_2(k), \dots, \bar{Y}_b(k)\} \quad (2)$$

4. Será gerada então uma carta de controle para estas séries temporais. Considera-se as estimativas de média populacional  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$  obtidas da última metade da série  $Y_{(k)}$ . De posse destas estimativas os limites de controle LC são obtidos. A peculiaridade do método fica por conta do modo que ele estima o desvio padrão para gerar os limites de controle, dado pela equação  $\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=b-\frac{b}{2}+1}^b s_i^2}{b-\frac{b}{2}+1}}$  com  $s_i$  sendo o desvio padrão do  $i$ -ésimo vetor de médias.

O método SPC trata as duas causas possíveis de variabilidade existentes no processo, as causas *especiais* e *naturais* de um processo. Os pontos fora de controle serão ditos aqueles que estiverem em transiência sob as devidas determinações propostas por Bissell (1994):

- 2 valores consecutivos violando os limites;
- valores seguidos próximos aos limites;
- 7 ou mais valores apenas de um lado da media em seguida;
- Zig-zags excessivos com poucos pontos perto da media;

O período de *warm-up* só pode ser definido partir do local no qual a série estiver em controle. Nesse estudo serão definidos pontos fora de controle aqueles que estão sendo afetados por causas especiais. Estas causas especiais são as já definidas pelo proce-

dimento de montagem da carta  $\bar{X}$  utilizando a maneira proposta para estimação dos limites de controle descrita anteriormente.

Entende-se que o processo atingiu o equilíbrio quando está em controle.

## MÉTODO CRUZAMENTO DAS MÉDIAS ITERADO

Já o método do Cruzamento das Médias Iterado proposto em Norato e Duarte (2011) avalia os cruzamentos ocorridos em um passo em relação a média. Este procedimento é feito de uma forma iterada. Para tanto, considere  $n$  replicações do procedimento de simulação, cada uma delas de tamanho  $m$ . Defina as médias das observações entre replicações por  $\bar{Y}_i$  com  $i=1,2,\dots,m$ . Denote por  $\bar{Y}_j$  a média das últimas  $m - (j - 1)$  médias entre replicações, neste caso. É fácil ver que para os valores  $\bar{Y}_i$  com  $i=1,2,\dots,m$ , algumas das observações iniciais são pertencentes ao período transiente. Em geral, todas essas observações iniciais são menores ou então, são todas maiores que  $\bar{Y}_1$ . O objetivo é descartar estas observações de uma forma iterada como veremos a seguir através dos seguintes passos:

1. Execute  $n$  replicações da simulação considerando um tamanho pré-estabelecido  $m$  para as replicações e obtenha os valores para  $i=1,2,\dots,m$  e o valor  $\bar{Y}_1$ ;
2. Verifique se  $\bar{Y}_1$  é inferior ou superior à  $\bar{Y}_1$ . Se inferior, determine o menor  $k$  tal que seja superior a e descarte as primeiras observações, o procedimento é análogo para  $\bar{Y}_1$  superior a  $\bar{Y}_1$ ;
3. Considere agora a média das médias  $\bar{Y}_k$  e a nova série  $\bar{Y}_i$  para os valores  $i=k+1,k+2,\dots,m$ , repita o procedimento até que o número de valores em sequência, que sejam inferiores ou então superiores a média das médias, seja limitado por 2, ou seja, considerando a média das médias dos últimos valores, é possível cruzar a média em pelo menos dois passos. Neste momento o método atingiu sua estimativa para o comprimento do período de aquecimento.

O método exposto tem uma formulação bastante simples, sem a dependência de escolha de parâmetros pelo analista.

## MODELO EXPERIMENTAL

O modelo experimental proposto prima pela simplicidade trata-se de um sistema com fila única, sendo uma situação com fila M/M/1 e outras duas situações com filas M/G/1. Existem diversos sistemas pertencentes ao cotidiano que se assemelham ao cenário descrito. Um exemplo simples seria a situação em que peças serão usinadas por uma única máquina fresadora.

O caso M/M/1 tem chegadas e atendimentos Markovianos e será aqui denominado caso exponencial (de acordo com a distribuição dos tempos) a taxa de chegada será denotada

por  $\lambda$  e a de atendimento por  $\mu$ . Já os casos M/G/1 possuem uma distribuição genérica para os atendimentos. Para caracterizar essa situação foi utilizada uma distribuição Erlang<sub>k</sub>, com média  $\mu$  igual ao caso exponencial e  $k=2$ , portanto com uma menor taxa de variabilidade, e também uma distribuição Gama com parâmetros  $2\mu$  e  $0,5$ , neste caso com média  $\mu$  igual ao caso exponencial, mas com uma maior taxa de variabilidade.

Foram simuladas situações, em que uma máquina trabalhava durante uma jornada contínua ininterrupta de trabalho. A frequência média de chegadas de unidades no sistema era de quatro chegadas por minuto, ou seja,  $\lambda=1/4$ . Já para os atendimentos o tempo médio de duração do atendimento era de 3 minutos, ou seja,  $\mu=1/3$ . O sistema foi observado durante um ano e também durante seis meses. Foram observadas as médias de tempo de espera das unidades na fila e o tamanho médio da fila.

Será mostrado através dos dois métodos o valor do ponto ideal para se iniciar a estudar a evolução do processo e assim conseguir apoiar a tomada de decisão.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados serão apresentados em três subseções, cada uma delas abordando uma das propostas de modelo experimental. Ao final as avaliações gerais considerando simultaneamente todos os modelos experimentais serão discutidas.

### MODELO EXPERIMENTAL M/M/1

Neste modelo os tempos entre chegadas e tempos de atendimento são ambos exponenciais. Existem resultados analíticos para a obtenção das medidas dos parâmetros em estudo, neste caso tempo médio de espera na fila, aqui denotado por  $q_1$  e tamanho médio da fila, aqui denotado por  $q_2$ . Nos dois casos em estudo o valor analítico dos parâmetros pode ser facilmente obtido na literatura de Processos Estocástico, são dados por  $q_1=9$  e  $q_2=3$ . A Tabela I apresenta os resultados das simulações para 180 dias e 360 dias, são mostrados os valores da estimativa do parâmetro, do comprimento do período de aquecimento  $L$  em dias e o quadrado do vício  $QV$  considerando a estimativa proposta. São utilizados os dois métodos em estudo, o método do Cruzamento Iterado das Médias será denotado por CIM e o método do Controle Estatístico de Processo será denotado por SPC.

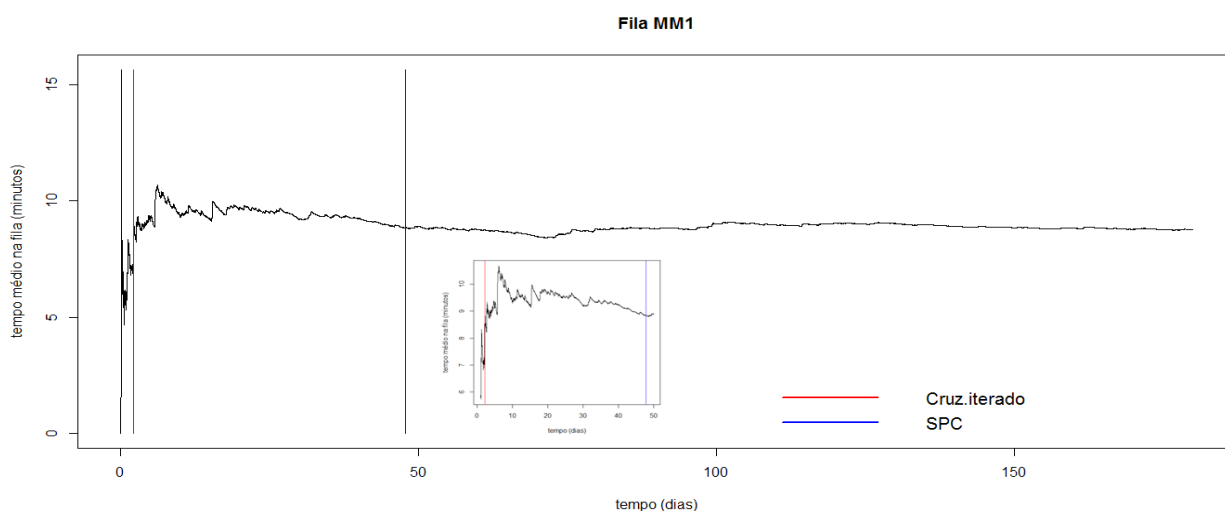
**Tabela 1**

Resultados para filas M/M/1.

Tempo	$\theta$ -CIM	$\theta$ -SPC	L-CIM	L-SPC	QV-CIM	QV-SPC
180 dias	8,962852	8,962582	2,154027	47,845235	0,001380	0,001400
180 dias	2,241317	2,241324	54,560988	55,198145	0,575600	0,575589
360 dias	8,884244	8,884620	2,192570	17,027290	0,013400	0,013313
360 dias	2,219681	2,219685	51,354787	25,682560	0,608898	0,608891

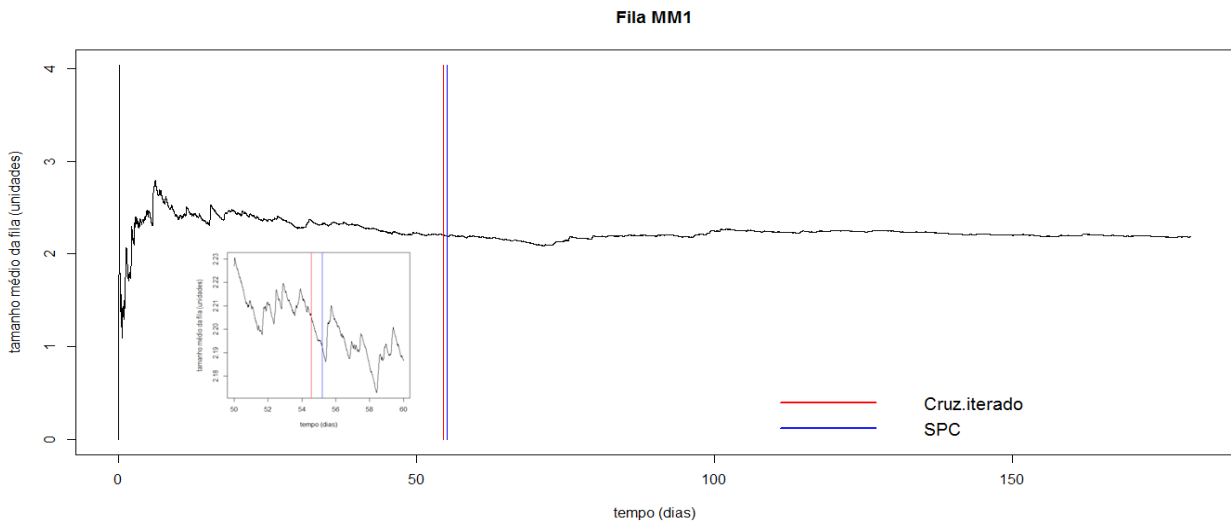
Fonte: Produzida pelos autores.

A primeira linha da tabela 1 apresenta resultados para a estimação do tempo médio de permanência na fila para a execução com duração de 180 dias. A segunda linha mostra resultados para a estimação do tamanho médio da fila para a execução de 180 dias. A terceira linha ilustra resultados para a estimação do tempo médio de permanência na fila para a execução com duração de 360 dias. A quarta linha apresenta resultados para a estimação do tamanho médio da fila para a execução de 360 dias. Em todos os casos as estimativas são bastante parecidas, mas em três dos quatro cenários o quadrado do vício da estimativa utilizando o Cruzamento Iterado das Médias foi ligeiramente superior ao obtido através do método SPC. Por outro lado, o método CIM alcançou resultados muito semelhantes ao método SPC através da adoção de períodos mais curtos de aquecimento nos três primeiros cenários. É importante salientar que um método que ofereça bons resultados com um período de aquecimento inferior tende a reduzir o volume necessário de simulações para a reprodução do modelo real. As figuras 1-4 apresentam graficamente cada um dos casos discutidos através da tabela 1.



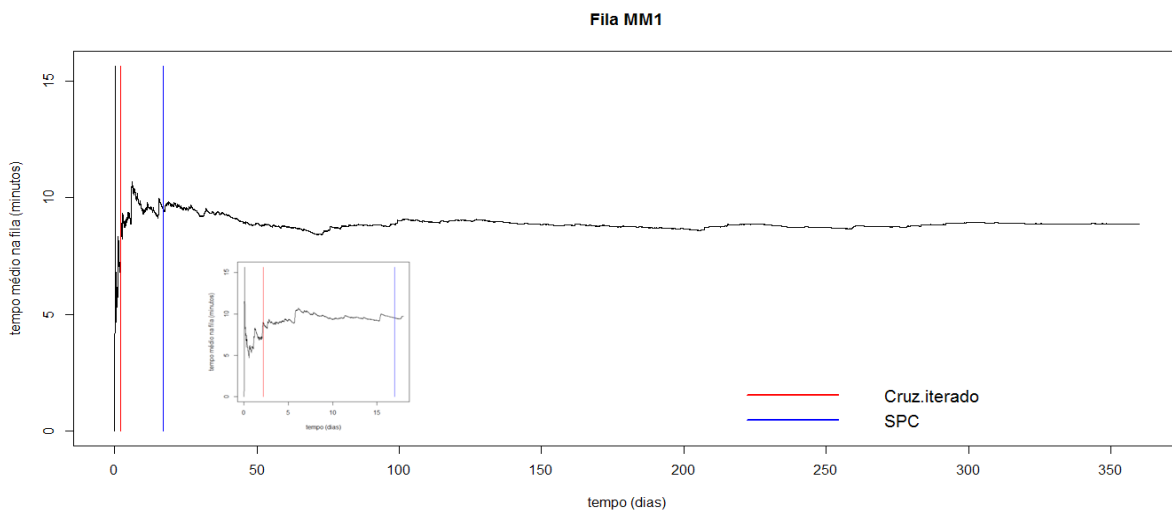
**Figura 1** - Série temporal do tempo médio de permanência na fila para simulação com 180 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento.

Fonte: Produzida pelos autores.



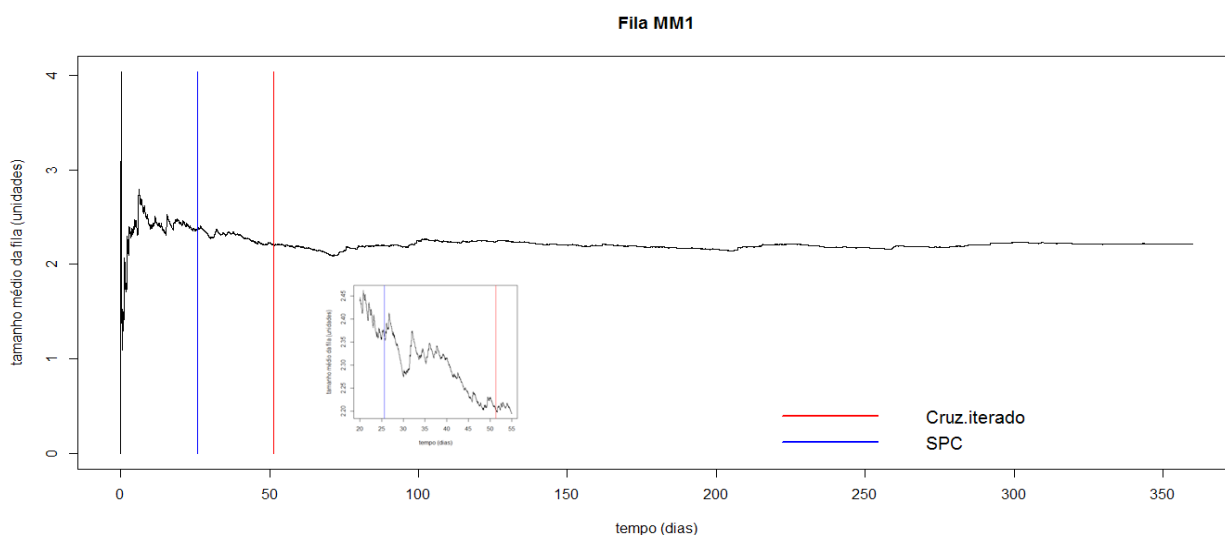
**Figura 2** - Série temporal do tamanho médio da fila para simulação com 180 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento.

Fonte: Produzida pelos autores.



**Figura 3** - Série temporal do tempo médio de permanência na fila para simulação com 360 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento.

Fonte: Produzida pelos autores.



**Figura 4** - Série temporal do tamanho médio da fila para simulação com 360 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento.

Fonte: Produzida pelos autores.

## MODELO EXPERIMENTAL M/G/1 – DISTRIBUIÇÃO ERLANG

Neste modelo os tempos entre chegadas são exponenciais, mas os tempos de atendimento são Erlang preservando o tempo médio de atendimento igual ao caso M/M/1. Não foram utilizados aqui resultados analíticos para a obtenção das medidas dos parâmetros em estudo, neste caso tempo médio de espera na fila, aqui denotado por  $q_1$  e tamanho médio da fila, aqui denotado por  $q_2$ . Nos dois casos em estudo o valor analítico dos parâmetros pode ser obtido na literatura de Processos Estocástico, são dados por  $q_1=6,75$  e  $q_2=1,6875$ . A Tabela II apresenta os resultados das simulações para 180 dias e 360 dias, são mostrados os valores da estimativa do parâmetro, do comprimento do período de aquecimento  $L$  em dias e o quadrado do vício  $QV$  considerando a estimativa proposta em comparação com as medidas obtidas com o descarte da primeira metade da série. São utilizados os dois métodos em estudo, o método do Cruzamento Iterado das Médias será denotado por CIM e o método do Controle Estatístico de Processo será denotado por SPC.

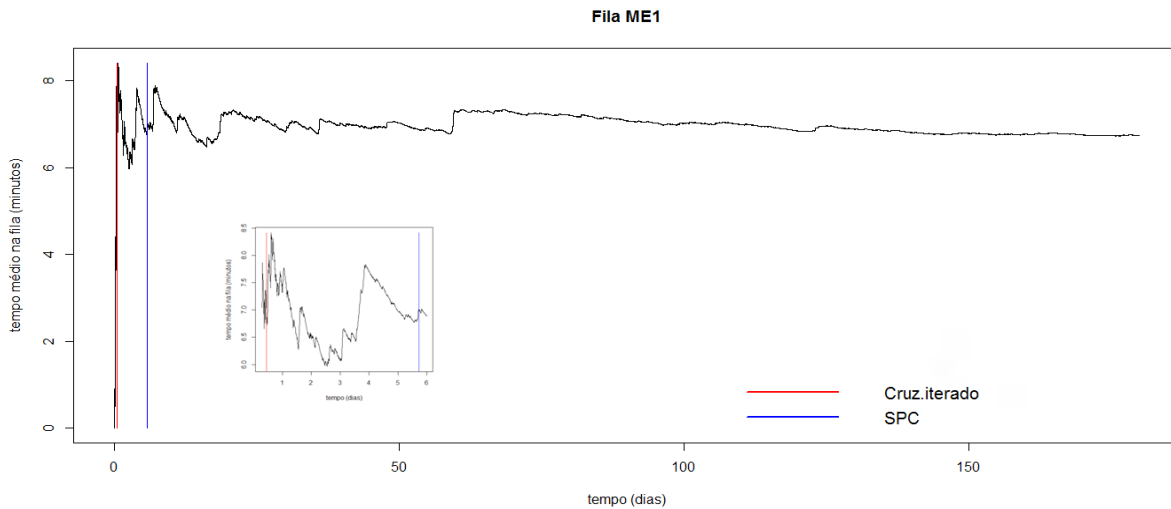
As linhas da Tabela 2 representam os mesmos resultados das linhas da Tabela 1, porém agora discutindo o modelo M/G/1 com distribuição Erlang. Apenas na estimativa do tamanho médio da fila considerando a simulação de 360 dias o método CIM apresentou quadrado do vício igual (considerando seis casas decimais) ao do método SPC. Neste caso o período de aquecimento adotado pelo método CIM foi inferior, em todos os outros cenários, a metodologia CIM forneceu melhores resultados a ainda, através de um período de aquecimento mais curto. As figuras 5-8 apresentam graficamente cada um dos casos discutidos através da **tabela 2**.

**Tabela 2**

Resultados para filas M/G/1 – Distribuição Erlang.

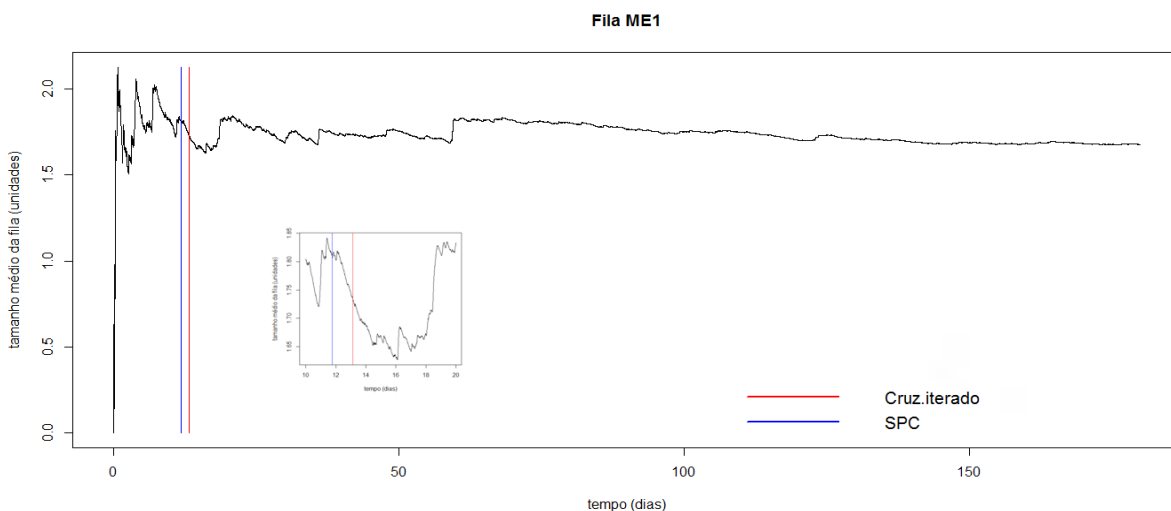
Tempo	$\theta$ -CIM	$\theta$ -SPC	L-CIM	L-SPC	QV-CIM	QV-SPC
180 dias	6,963636	6,964051	0,457459	5,729601	0,045640	0,045818
180 dias	1,739200	1,739168	13,125897	11,764001	0,002673	0,002670
360 dias	6,840180	6,841243	0,405521	29,748730	0,008132	0,008325
360 dias	1,707688	1,707697	28,921121	29,811420	0,000408	0,000408

Fonte: Produzida pelos autores.



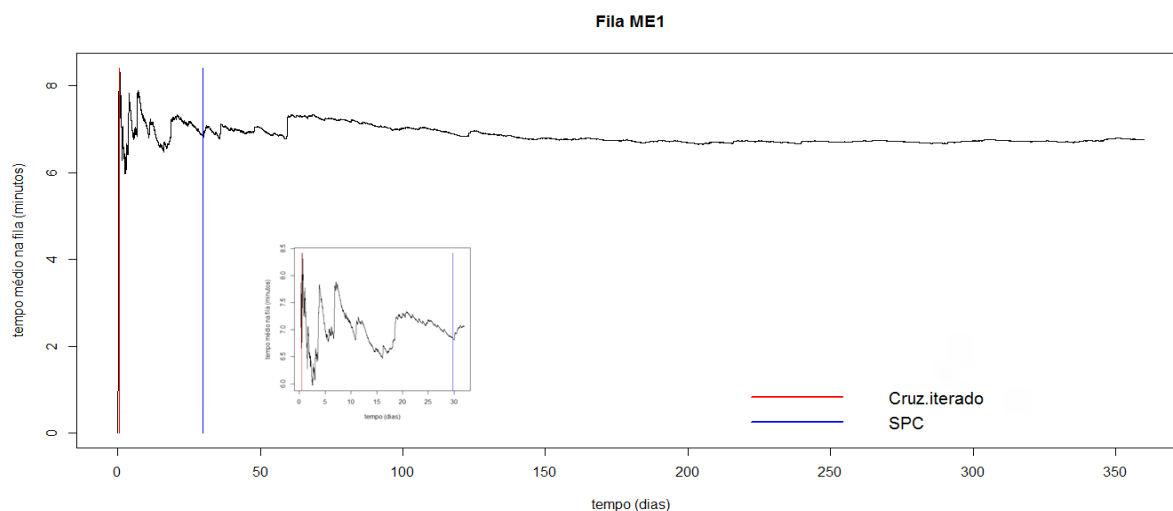
**Figura 5** - Série temporal do tempo médio de permanência na fila para simulação com 180 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento.

Fonte: Produzida pelos autores.

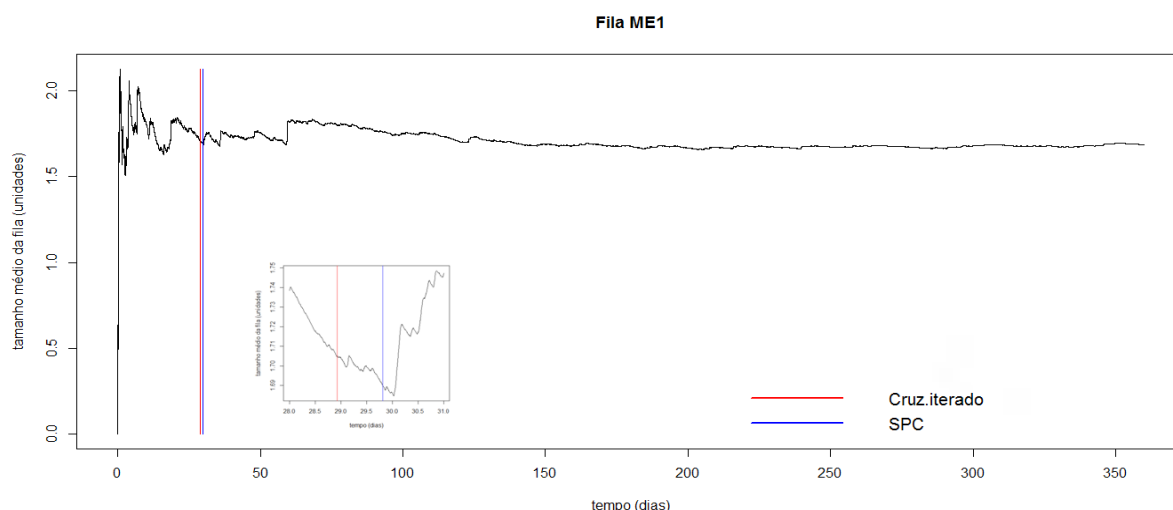


**Figura 6** - Série temporal do tamanho médio da fila para simulação com 180 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento.

Fonte: Produzida pelos autores.



**Figura 7** - Série temporal do tempo médio de permanência na fila para simulação com 360 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento. Fonte: Produzida pelos autores.



**Figura 8** - Série temporal do tamanho médio da fila para simulação com 360 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento. Fonte: Produzida pelos autores.

## MODELO EXPERIMENTAL M/G/1 – DISTRIBUIÇÃO GAMA

Neste modelo os tempos entre chegadas são exponenciais, mas os tempos de atendimento são Gama preservando o tempo médio de atendimento igual ao caso M/M/1. Não foram utilizados aqui resultados analíticos para a obtenção das medidas dos parâmetros em estudo, neste caso tempo médio de espera na fila, aqui denotado por  $q_1$  e tamanho médio da fila, aqui denotado por  $q_2$ . Nos dois casos em estudo o valor analítico dos parâmetros pode ser obtido na literatura de Processos Estocástico, são dados por  $q_1=13,5$  e  $q_2=3,375$ .



A Tabela III apresenta os resultados das simulações para 180 dias e 360 dias, são mostrados os valores da estimativa do parâmetro, do comprimento do período de aquecimento  $L$  em dias e o quadrado do vício  $QV$  considerando a estimativa proposta em comparação com as medidas obtidas com o descarte da primeira metade da série. São utilizados os dois métodos em estudo, o método do Cruzamento Iterado das Médias será denotado por CIM e o método do Controle Estatístico de Processo será denotado por SPC.

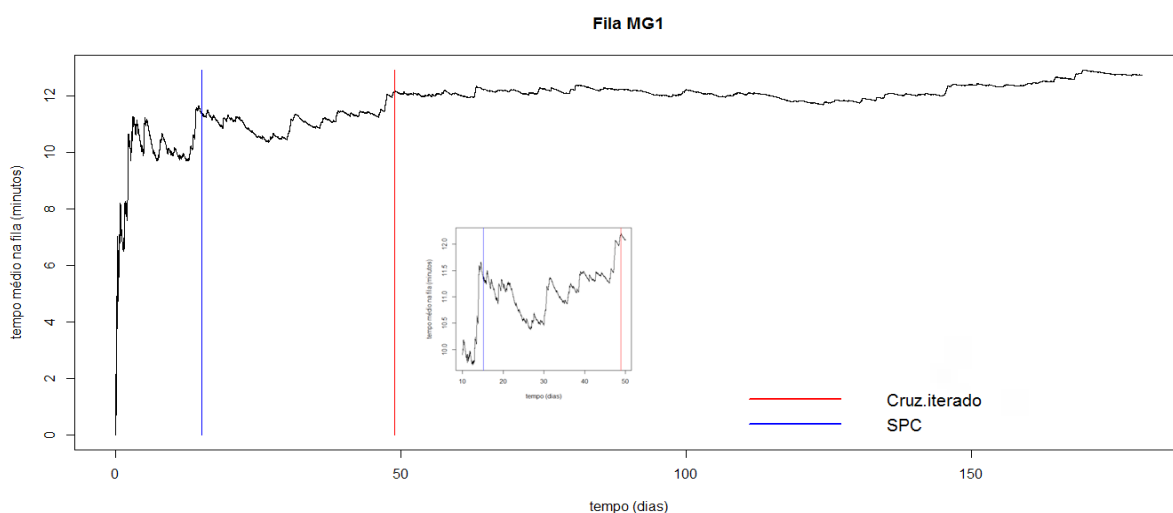
As linhas da tabela 3 representam os mesmos resultados das linhas da Tabela 1, porém agora discutindo o modelo  $M/G/1$  com distribuição Gama. Em todas as situações, o método CIM forneceu valores do quadrado do viés inferiores. Entretanto, ocorreu um custo elevado para a obtenção destes resultados, em todos os casos o método CIM utilizou períodos de aquecimento mais longos que o método SPC. É fácil observar que o aumento na variabilidade dos tempos de atendimento acarretou uma perda de qualidade nos dois métodos, mas o método CIM utiliza períodos mais longos e acaba por fornecer uma ligeira melhoria nas estimativas. As figuras 9-12 apresentam graficamente cada um dos casos discutidos através da tabela 3.

**Tabela 3**

Resultados para filas  $M/G/1$  – Distribuição Gama

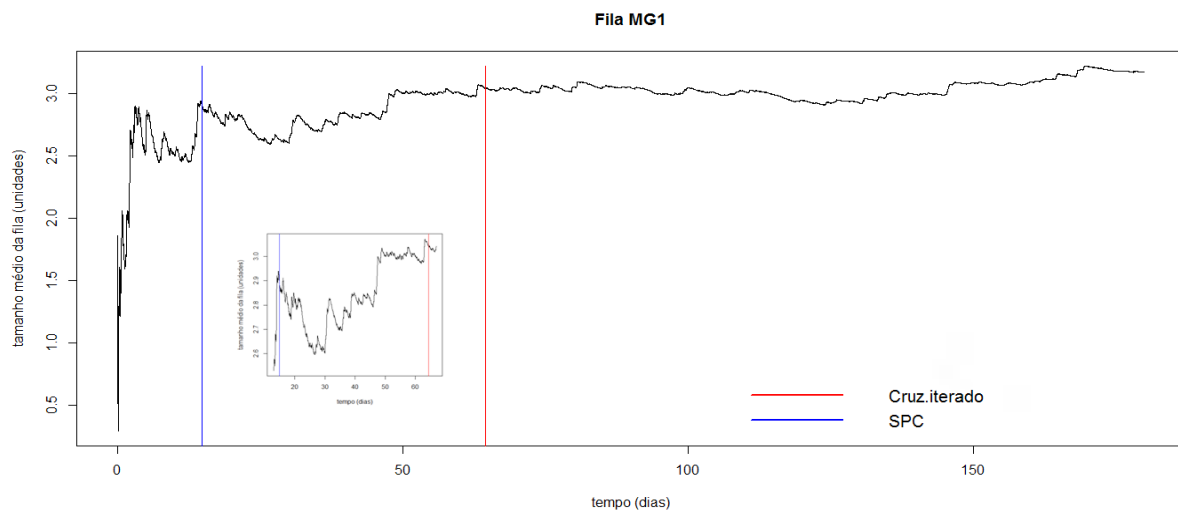
Tempo	$\theta$ -CIM	$\theta$ -SPC	L-CIM	L-SPC	QV-CIM	QV-SPC
180 dias	11,814462	11,810374	48,879053	15,123550	2,841038	2,854836
180 dias	2,945021	2,943602	64,487643	14,784681	0,184882	0,186104
360 dias	12,303268	12,295596	174,866229	27,633220	1,432167	1,450589
360 dias	3,067316	3,065248	181,585200	25,723420	0,094669	0,095946

Fonte: Produzida pelos autores.



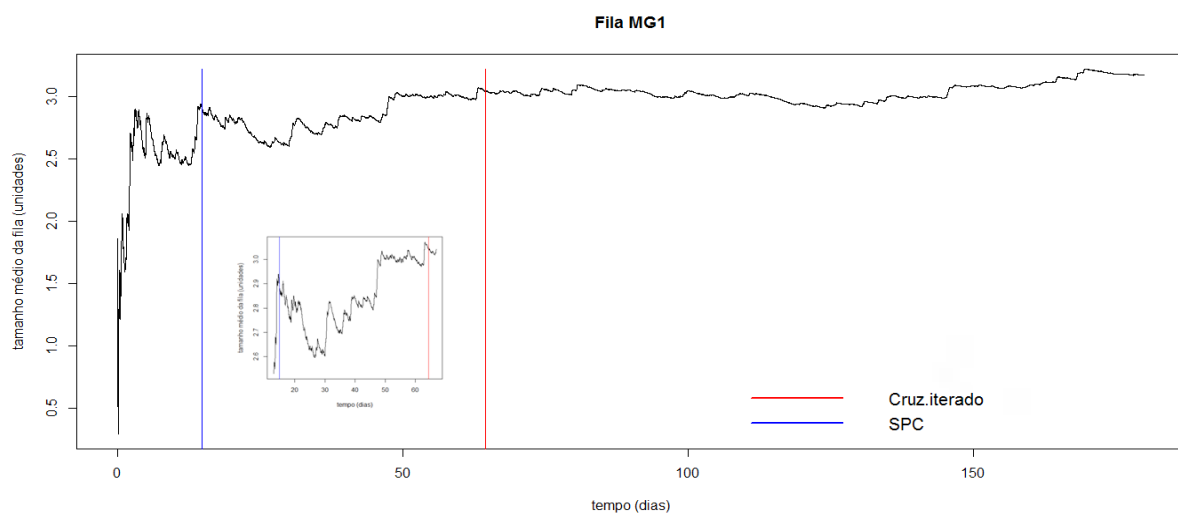
**Figura 9** - Série temporal do tempo médio de permanência na fila para simulação com 180 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento.

Fonte: Produzida pelos autores.



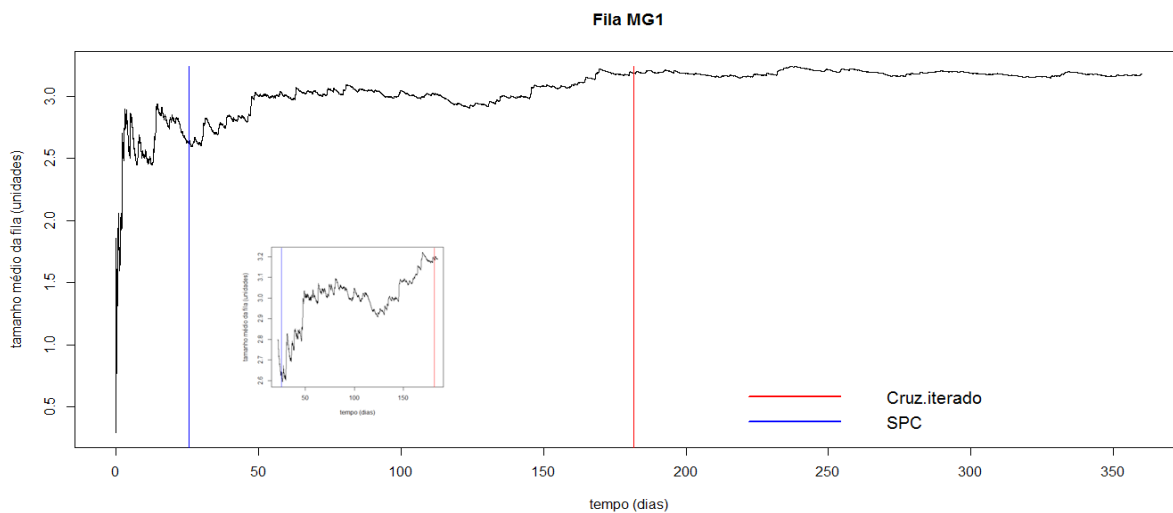
**Figura 10** - Série temporal do tamanho médio da fila para simulação com 180 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento.

Fonte: Produzida pelos autores.



**Figura 11** - Série temporal do tempo médio de permanência na fila para simulação com 360 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento.

Fonte: Produzida pelos autores.



**Figura 12** - Série temporal do tamanho médio da fila para simulação com 360 dias de duração; respectivos comprimentos do período de aquecimento em cada um dos métodos e detalhamento do gráfico na região do corte dos períodos de aquecimento.

Fonte: Produzida pelos autores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentada uma discussão sobre os estudos associados aos métodos de detecção de períodos de aquecimento. Em particular, dois métodos foram abordados com maior profundidade, o método do Cruzamento Iterado das Médias e o método SPC baseado no Controle Estatístico de Processo. Foram construídos modelos de simulação para testar em diversas situações os dois modelos e métricas comparativas (o quadrado do viés e o comprimento do período de aquecimento adotado) foram propostas a fim de comparar e discutir a utilização e as funcionalidades de cada um dos métodos. O método do Cruzamento Iterado das Médias se mostrou bastante eficiente, trata-se de uma metodologia simples, de fácil implementação e fácil entendimento. A técnica é capaz de produzir resultados eficientes e sua utilização demanda tempos computacionais bastante reduzidos. Já a metodologia SPC utiliza-se da clássica e bastante difundida teoria de Controle Estatístico de Processo. Apesar de alguns resultados inferiores ao método do Cruzamento Iterado das Médias, ainda assim, oferece resultados bastante adequados. Em particular nos cenários de alta variabilidade nos tempos de atendimento a técnica SPC se mostrou mais eficiente. Os resultados deixam o usuário com duas importantes ferramentas para detecção de períodos de aquecimento, mas vale ressaltar uma importante vantagem da metodologia do Cruzamento Iterado das Médias, trata-se de uma técnica completamente não paramétrica, não são necessários testes para suposição de normalidade e verificação de efeitos de correlação como ocorre na metodologia SPC. Desta forma, para alguns problemas específicos, a metodologia CIM pode ser mais recomendável que a metodologia SPC.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banks, J., Carson, J.S., & Nelson B.L. (1996) *Discrete-Event System Simulation*. 2ª edição. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Bissell, D. (1994) *Statistical Methods for SPC and TQM*. London: Chapman & Hall.

Cruz, F. R. B.; Duarte, A. R.; Van Woensel, T. (2008) Buffer allocation in general single server queueing network. *Computer and Operations Research*, 35(11), 3581-3598.

Fishman, G.S. (1973) *Concepts and Methods in Discrete Event Digital Simulation*. New York: Wiley.

Gafarain, A.V., Ancker, C.J., & Morisaku, T. (1978) Evaluation of commonly used rules for detecting steady-state in computer simulation. *Naval Research Logistics Quarterly*, 25, 511-529.

Goldsman, D., Schruben, L.W., & Swain, J.J. (1994) Tests for transient means in simulation time series. *Naval Research Logistics Quarterly*, 41, 171-187.

Jackway, P.T., & Desilva, B.S. (1992) A methodology for initialization bias reduction in computer simulation output. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 9, 87-100.

Kelton W.D., & Law, A.M. (1983) A new approach for dealing with the startup problem in discrete event simulation. *Naval Research Logistics Quarterly*, 30, 641-658.

Kendall, D. G., (1953) Stochastic processes occurring in the theory of queues and their analysis by the method of imbedded markov chains. *Annals Mathematical Statistics*, 24, 338-354.

Nelson, B. L. (2004) Statistical analysis of simulation results. In Salvendy, G. (org.). *Handbook of Industrial Engineering*, New York: John Wiley and Sons.

Norato, H. M. G., & Duarte, A. R. (2011) Uma Proposta para a Detecção do Adequado Período de Aquecimento em Modelos de Simulação. *GEPROS – Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 6(4), 11-26.

Pawlikowski, K. (1990) Steady-state simulation of queuing processes: a survey of problems and solutions. *Computing Surveys*, 22, 123-170.

Robinson, S. (1994) *Successful simulation: a practical approach to simulation projects*. Maidenhead, UK: McGraw-Hill.

Robinson, S. (2002) A statistical process control approach for estimating the warmup period. In Yücesan, E.; Chen, C. H.; Snowdon, J. L.; Charnes, J. M. (org.). *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*, San Diego - CA: Computer Society, 439– 446.

Schruben, L.W. (1982) Detecting initialization bias in simulation output. *Operations Research*, 30, 569-590.

Vassilacopoulos, G. (1989) Testing for initialization bias in simulation output. *Simulation*, 52 (4), 151-153.

White, K.P. (1997) An effective truncation heuristic for bias reduction in simulation output. *Simulation*, 69 (6), 323-334.

Yücesan, E. (1993) Randomisation tests for initialization bias in simulation output. *Naval Research Logistics Quarterly*, 40, 643-663.

**Recebido em: 12/11/2014**

**Aceito para publicação em: 02/09/2015**

# UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS (CLUSTER ANALYSIS) NOS SERVIÇOS PORTUÁRIOS: UM ESTUDO DOS SERVIÇOS DE PRATICAGEM NO BRASIL E NOS ESTADOS UNIDOS

Rafael Mozart Silva<sup>1</sup>  
Ana Maria Volkmer Azambuja<sup>2</sup>  
Rodrigo Javier Tapia<sup>1</sup>  
Guilherme Bergmann Borges Vieira<sup>1</sup>  
Luiz Afonso Santos Senna<sup>1</sup>

## RESUMO

Os preços dos serviços de praticagem no Brasil, diferentemente de países em que há regulação econômica, não são fixados por uma autoridade, mas negociados diretamente entre as associações de práticos e os armadores. Esse modelo vem sendo criticado há alguns anos, baseado na argumentação de que, sob o ponto de vista econômico, a obrigatoriedade do uso dos serviços e a oferta limitada caracterizam um mercado com características monopolísticas, situação que motivou a criação da Comissão Nacional para Assuntos de Praticagem (CNAP), com vistas a estabelecer uma regulação econômica para o setor. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi, a partir da publicação de Dibner (2012) sobre as associações de praticagem dos Estados Unidos, verificar se as mesmas eram comparáveis às brasileiras. Para tanto, foi aplicado o método estatístico denominado 'análise de agrupamentos' ou cluster analysis. Os resultados indicam que as zonas de praticagem americanas e brasileiras são comparáveis e, dessa forma as praticagens americanas podem ser tomadas como referência (benchmark) para as brasileiras, com vistas a aumentar sua eficiência e economicidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** cluster analysis; DEA; Logística Portuária; Praticagem.

## USE OF CLUSTER ANALYSIS IN THE PILOTAGE SERVICE: A STUDY OF MULTIPLE CASES BETWEEN BRAZIL AND THE UNITED STATES OF AMERICA

### ANSTRACT

The prices of pilotage services in Brazil, unlike in countries where there is an economic regulation, are not fixed by an authority but negotiated directly between the practical associations and ship owners. This model has been criticized over the years, based on the argument that, from an economic point of view, the mandatory use of services and the limited supply feature a market with monopolistic characteristics. The situation led to a creation of the National Commission for Pilotage Affairs (CNAP), establishing an economic regulation for the sector. In this context, the objective of this research was, from the publication of Dibner (2012) on the pilotage associations of the United States; verify that they were comparable to Brazil's. To this end, the 'cluster analysis' statistical method was applied. The results indicate that, areas of American and Brazilian pilotage are comparable and thus American pilotages can be taken as a reference (benchmark) for Brazilian scenario, with a view to increasing its efficiency and economy.

**KEYWORDS:** cluster analysis; DEA; port logistics; pilotage.

---

1 Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. **E-mail:** rafmozart@terra.com.br

2 Universidade Federal de Rio Grande - FURG. **E-mail:** anamariaazambuja@hotmail.com

## UTILIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS (CLUSTER ANALYSIS) EN LOS SERVICIOS PORTUARIOS: UN ESTUDIO DE LOS SERVICIOS DE PRACTICAJE EN BRASIL Y ESTADOS UNIDOS

### RESUMEN

Los precios de los servicios de practica en Brasil, diferentemente de países donde hay regulación económica, no son establecidos por una autoridad sino que se negocian directamente entre las asociaciones de prácticos y las navieras. Este modelo ha sido criticado desde hace unos años, puesto que, desde el punto de vista económico, la obligatoriedad de la utilización de los servicios y su oferta limitada caracterizan un mercado con características monopolísticas, lo que ha motivado la creación de la Comisión Nacional para Asuntos de Practica (CNAP), con el objetivo de establecer una regulación económica para el sector. Considerado este contexto, el objetivo del presente trabajo ha sido, partiendo del estudio de Dibner (2012) sobre las asociaciones de practica en los Estados Unidos, verificar si las mismas eran comparables a las brasileñas. Para esto, ha sido aplicado el método estadístico denominado 'análisis de conglomerados' o cluster analysis. Los resultados indican que las zonas de practica estadounidenses y brasileñas son comparables y, por tanto, las practicas de los EE.UU pueden ser tomadas como referencia (benchmark) para las brasileñas, con el objetivo de aumentar su eficiencia y economicidad.

**PALABRAS CLAVE:** cluster analysis; logística portuaria; practica.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a economia mundial tem provocado mudanças significativas no comércio internacional e na produção das organizações. Essas mudanças acabam gerando um aumento das relações comerciais entre os países e, como consequência, colocam em destaque a importância da cadeia logística internacional e dos portos como elos-chave dessa cadeia (OMC, 2011; UNCTAD, 2011; BEAMON, 1998; IANNONE, 2012).

Uma cadeia logística pode ser estudada a partir de três tipos de fluxo: de mercadorias (ou contêineres), de informações e de capital (BEAMON, 1998). Referindo-se aos dois primeiros tipos de fluxo (mercadorias e informações), Monfort et al. (2012) afirmam que um terminal portuário é um sistema integrado com conexão física e de informação com as redes de transporte terrestre e marítimo. Esse mesmo sistema está integrado em quatro subsistemas, que são: i) Carga e descarga de navios; ii) Armazenamento de contêineres; iii) Recepção e entrega terrestre; e iv) Interconexão (MONFORT et al., 2012).

A atividade de praticagem é fundamental para a operação de um porto, pois se constitui na atividade de navegação e manobras de navios realizadas por profissionais habilitados (os Práticos) que possuem conhecimento das características locais como correntes, variações de marés, ventos e limitações dos pontos de acostagem, proporcionando maior eficiência e segurança à navegação. Esses profissionais atuam em trechos da costa, baías, portos, estuários de rios, lagos, rios, terminais e canais onde há tráfego de navios (CONAPRA, 2012). Essa atividade é realizada a bordo dos navios onde o Prático assessoria o Comandante na condução segura da embarcação em áreas de navegação restrita ou sensíveis para o meio ambiente.

No Brasil, a praticagem é exercida por 24 Sociedades Civis Uniprofissionais, responsáveis pela alocação do Prático e pela aquisição, implementação e operação ininterrupta de uma infraestrutura que o apoia, constituída de atalaias (Estação de Praticagem ou Centro de Operações), lanchas, seus operadores e tripulantes. Em termos de definição de preços para a prestação do serviço de praticagem, o Brasil difere de outros países em que há regulação econômica da atividade. Os preços no Brasil não são fixados por uma autoridade, mas negociados diretamente entre as associações de práticos e os armadores. Cada associação tem autonomia, prevista em lei, para negociar suas próprias tarifas. Caso não haja acordo, a Autoridade Marítima, como agente do Estado, deve fixar preços e exigir a prestação do serviço (CEGN, 2008).

A disponibilidade de informações nas diversas zonas de praticagem (ZPs) brasileiras se restringe ao número de práticos por zona, tempo de manobra, distância média percorrida nas manobras e número de manobras realizadas por ano, porém não se tem acesso a informações de preços cobrados por manobra, salários dos práticos, entre outras. Por outro lado, nos Estados Unidos, esses dados estão disponíveis, uma vez que a praticagem é uma atividade economicamente regulada no país. Sendo assim, os preços dos serviços de praticagem são publicados pelas associações de práticos e estão sujeitos a regulação por parte do Estado. Essa regulação toma como base estudos periódicos sobre os serviços de praticagem em cada porto do país, os quais são divulgados em relatórios específicos (Dibner, 2012).

Dado esse contexto, o objetivo desta pesquisa foi, a partir da publicação de Dibner (2012) sobre as Zonas de Praticagem dos Estados Unidos, verificar se as ZPs norte-americanas são comparáveis às brasileiras, levando em consideração os dados operacionais disponibilizados pelas ZPs brasileiras. Para tanto, foi aplicado o método estatístico denominado 'análise de agrupamentos' ou *cluster analysis*. Essa técnica pode ser utilizada quando se deseja agrupar os elementos de uma amostra de modo que unidades similares em relação às variáveis medidas sejam alocadas em um mesmo grupo e unidades mais distantes, considerando-se essas mesmas variáveis, pertençam a grupos distintos (MINGOTI, 2005).

Além da contribuição acadêmica para a área portuária no Brasil, os resultados desta pesquisa podem contribuir para a prática de regulação econômica da atividade de praticagem, fornecendo elementos para que as organizações públicas envolvidas possam aprimorar ainda mais o seu conhecimento sobre o setor.

Este estudo está dividido em seis seções. Na Seção 1 é apresentada uma breve contextualização do tema abordado. Na Seção 2 apresentam-se os aspectos econômicos e de regulação da praticagem no Brasil e nos EUA. A metodologia de pesquisa é apresentada na Seção 3. Na Seção 4, apresenta-se a técnica de *cluster analysis*. Os resultados da aplicação da análise de agrupamentos nos portos do Brasil e dos Estados Unidos são expostos na Seção 5. Por fim, na última seção são apresentadas as conclusões da pesquisa.



## ASPECTOS ECONÔMICOS E DE REGULAÇÃO DA PRATICAGEM NO BRASIL E NOS EUA

Devido à importância do serviço realizado pela praticagem, é usual que o mesmo esteja submetido à supervisão e normatização da autoridade marítima, a qual é exercida no Brasil pelo Comando da Marinha, ligado ao Ministério da Defesa (CEGN, 2008). O marco legal da atividade é a Lei 9.537 - Lei de Segurança do Tráfego Aquaviário (LESTA) de 1997, regulamentada pelo Decreto 2.596 de 1998, conhecido como “Regulamento de Segurança do Tráfego Aquaviário em Águas sob Jurisdição Nacional - RLESTA”. O documento que normatiza a praticagem é a Norma da Autoridade Marítima 12 (NORMAN 12/2011), emitida e revista periodicamente pela Diretoria de Portos e Costas (DPC).

Os serviços de praticagem, assim como outras atividades portuárias, podem se organizar a partir de diferentes modelos. Não há um único modelo que sirva a diferentes portos ou sistemas portuários, uma vez que os mesmos desenvolveram-se de formas diferentes, seguindo distintas trajetórias e sujeitos a variadas influências históricas, econômicas, políticas, legais etc.

Segundo Brooks e Cullinane (2006), as funções portuárias (entre as quais estão inseridos os serviços de praticagem) podem ser: i) de titularidade do governo central, bem como controladas e geridas pelo mesmo; ii) de titularidade do governo central, mas controladas e geridas por um órgão local (descentralizadas); iii) de titularidade do governo (federal, estadual ou municipal), mas controladas e geridas por uma entidade corporativa de direito privado; iv) de titularidade do governo central, mas geridas pela iniciativa privada via concessão ou arrendamento, ou mediante parcerias público-privadas (PPPs); e v) de titularidade privada, com o controle e a gestão exercidos pela iniciativa privada. Segundo os autores, existe uma grande variabilidade na forma de alocação dessas funções. Ao analisarem 42 portos de diversas regiões e países, os autores identificaram a alocação mais usual para cada uma das funções, sendo que somente quatro portos apresentaram todas as funções desenvolvidas pelo setor público e apenas um operava sob um modelo totalmente privado.

No caso da praticagem, identificam-se dois modelos principais (CEGN, 2008): i) serviço público prestado pelo Estado, por meio de autoridades portuárias, órgãos do poder executivo ou autoridade marítima; e ii) serviço público prestado pelo setor privado, dividido em monopólios regulados, em que há restrição no número de prestadores de serviço, exclusividade em uma área determinada e tarifas reguladas, e serviços abertos à livre iniciativa, onde não há limites ao número de prestadores de serviço ou às tarifas praticadas por zona (CEGN, 2008). Dentre esses modelos, predomina o caracterizado por monopólios regulados, o qual é adotado pelos Estados Unidos e pela maioria dos países europeus.

Segundo o CEGN (2008), como a concorrência na oferta do serviço pode ser prejudicial à segurança, são frequentes os casos onde é estabelecido um monopólio nos serviços de praticagem, o que favorece a adoção de práticas tarifárias não justificadas pela estrutura

de custos. Essa reserva de mercado é um dos fatores responsáveis pelos elevados preços da praticagem no Brasil, os quais se mostram superiores aos dos países em que há regulação econômica (CEGN, 2008).

Nos Estados Unidos não existe um modelo único de praticagem. O modelo varia de acordo com o porto estudado, uma vez que o país utiliza um sistema duplo de regulação da praticagem, dividindo a responsabilidade entre os estados e o governo federal União. De acordo com a legislação federal, navios em navegação de cabotagem devem ter a bordo um prático devidamente licenciado, quando navegando em zonas delimitadas como de praticagem. Entretanto, a licença federal de praticagem não é exclusividade da profissão de prático, sendo que comandantes e outros oficiais podem ter a licença e operar como práticos em seus navios, quando na cabotagem (KIRCHNER; 2010; DIBNER, 2012).

A Guarda Costeira é a autoridade responsável, porém cada associação de praticagem tem seus próprios preços. Os preços variam em função de vários parâmetros, sendo que o mais significativo inclui o tamanho dos navios e a distância de praticagem. Os práticos apresentam solicitações de reajustes de preços (usualmente uma vez ao ano), que são analisadas por um colégio de comissários. Em relação aos pré-requisitos para qualificação e certificação, observa-se que todos os práticos devem possuir a licença da Guarda Costeira (USCG) e precisam passar por um longo e exaustivo processo de treinamento antes de serem considerados aptos para exercerem a atividade e conseguirem o certificado.

Dibner (2012) vem realizando revisões periódicas no lucro líquido recebido por práticos em diversas zonas de praticagem dos Estados Unidos. Nesse país os práticos não são empregados de uma Associação. Eles são contratados independentemente por uma Organização da qual são parceiros e acionistas. Em algumas jurisdições, tal como na Louisiana, benefícios como seguros de saúde, de invalidez e de vida, bem como contribuições para aposentadoria, são pagos através de receitas tarifárias pelas organizações para esses práticos autônomos. Em outras jurisdições, alguns (ou nenhum) benefícios e/ou custos são pagos pela Associação de Práticos e os práticos arcam com a totalidade desses custos (ou parte deles) como autônomos.

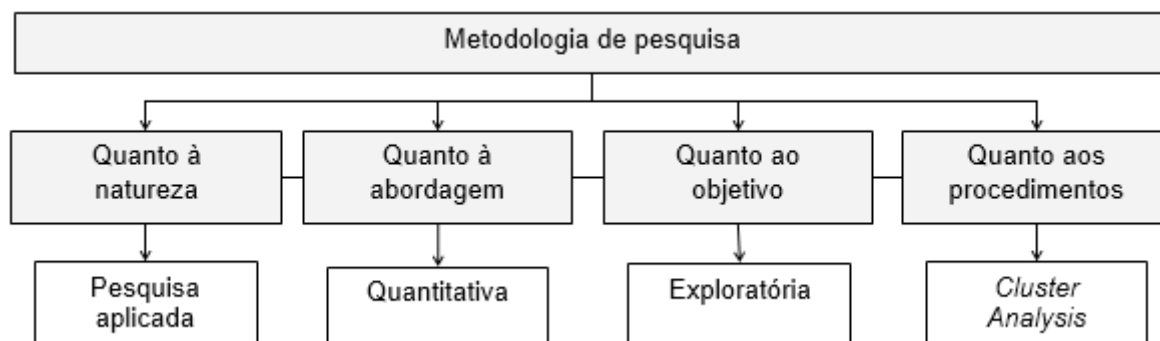
A partir do trabalho de Dibner (2012), que estima a renda líquida de práticos e também disponibiliza informações como número de práticos por zona de praticagem, número de manobras, dentre outros aspectos, foi possível utilizar informações das ZPs dos EUA para verificar se essas são comparáveis às brasileiras.

## **METODOLOGIA DE PESQUISA**

Conforme Marconi e Lakatos (2010), a pesquisa pode ser entendida como um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para que se conheça a realidade ou se descubram verdades

parciais. Na Figura 1 apresenta-se a estrutura metodológica utilizada para o desenvolvimento e aplicação desta pesquisa.

Com base no exposto por Silva e Menezes (2005), afirma-se que, quanto à natureza, este trabalho se classifica como uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. Em relação à abordagem, esta pesquisa classifica-se como quantitativa. De acordo com Raup e Beuren (2008), a abordagem quantitativa caracteriza-se pela utilização de instrumentos estatísticos, tanto na coleta quanto no tratamento dos dados.



**Figura 1:** Estrutura da metodologia de pesquisa.

Fonte: Elaborada pelos autores.

De acordo com as classificações de Gil (2010), quanto ao objetivo, definiu-se esta pesquisa como exploratória, uma vez que se busca uma maior familiaridade com o problema para torná-lo mais explícito. O procedimento técnico utilizado neste trabalho foi a *cluster analysis*.

A análise de agrupamentos é um método estatístico de análise multivariada de dados, utilizado quando se deseja agrupar os elementos de uma amostra, de forma que unidades similares em relação às variáveis (características) medidas pertençam a um mesmo grupo e aquelas mais distantes em relação a essas mesmas características pertençam a grupos distintos (MINGOTI, 2005). Este é o caso da praticagem, afetada por uma série de elementos que definem suas condições de contorno e que acabam afetando tanto as operações quanto sua regulação econômica.

## TÉCNICA DE CLUSTER ANALYSIS

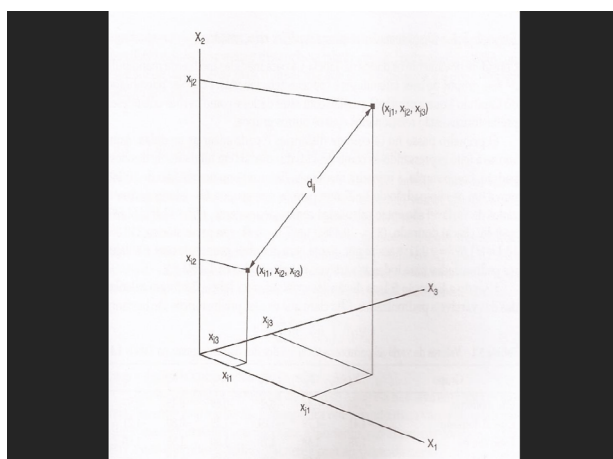
A técnica utilizada neste estudo para a comparação de ZPs brasileiras com as americanas a partir de dados operacionais é conhecida como análise de agrupamentos ou *cluster analysis*.

Para cada elemento amostral (neste caso, zonas de praticagem) têm-se informações de p-variáveis armazenadas em um vetor. A comparação desses elementos é feita utilizando medidas de distância conhecidas como medidas de similaridade ou dissimilaridade (MINGOTI, 2005).

Segundo Manly (2008), os vários algoritmos propostos para a análise de agrupamentos podem ser divididos em duas categorias: técnicas hierárquicas e partição da amostra em grupos. As técnicas hierárquicas iniciam calculando as distâncias de cada unidade em relação às demais unidades. Os grupos se formam ou por aglomeração ou por divisão.

O método por aglomeração inicia com cada unidade formando um grupo; as unidades vão se agrupando por proximidade, até que todas formem um único grupo. Por divisão, o processo é inverso, iniciando com todas as unidades pertencendo a um único grupo, que vão se separando por critério de distância até que cada grupo seja representado por uma única unidade. Algumas dessas técnicas produzem o chamado dendograma, mostrado na Figura 3.

A partir do dendograma identificam-se possíveis agrupamentos, podendo-se propor um número de grupos que melhor explica a similaridade entre as unidades. A medida de distância mais utilizada é a distância euclidiana que é medida a partir do vetor de variáveis. A Figura 2 apresenta a distância euclidiana entre as unidades “i” e “j” a partir de um vetor com três variáveis representado a partir das coordenadas no espaço.



**Figura 2** - Distância Euclidiana entre as unidades “i” e “j” com três variáveis.

Fonte: Manly (2008)

A partir da definição do número de grupos, aplica-se o método de partição da amostra nos grupos. Nesse método, primeiramente escolhe-se o centróide para cada grupo. Cada elemento do conjunto é comparado com o centróide inicial através de uma medida de distância. O elemento é alocado ao grupo cuja distância ao seu centróide é menor. Após cada alocação, os valores dos centróides são recalculados para cada novo grupo. O processo continua iterativamente até alcançar a estabilidade.

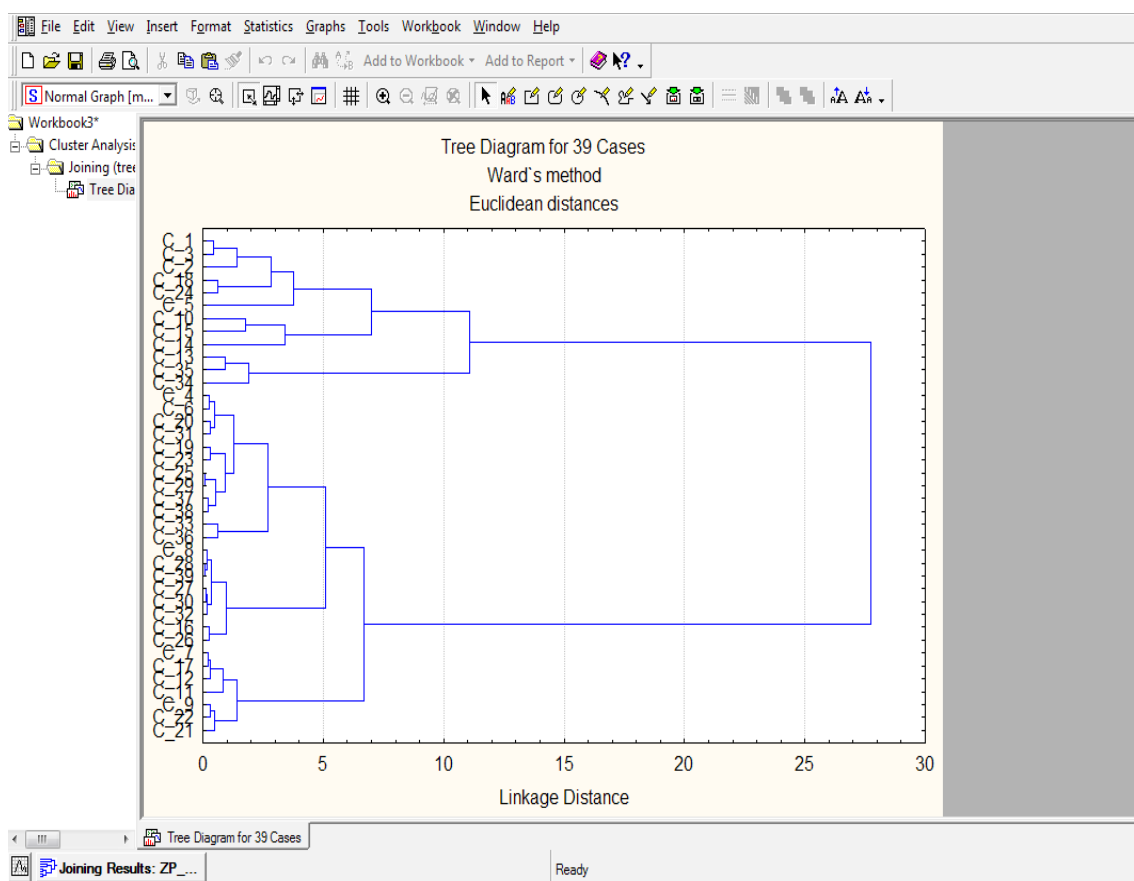
## APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS NOS PORTOS DO BRASIL E DOS EUA

A partir de pesquisas complementares e também do trabalho do Dibner (2012), levantou-se as seguintes informações de 23 zonas de praticagem: número de práticos, distância

média navegada por viagem, número de manobras realizadas e tempo médio de praticagem (em horas). Essas mesmas informações foram levantadas em 16 zonas de praticagem brasileiras.

Então, para verificar se as zonas de praticagem brasileiras eram comparáveis com as americanas, aplicou-se o método de *cluster analysis*. A partir da aplicação do Método Hierárquico de *Ward* podem-se visualizar, através do dendograma (Figura 3), possíveis agrupamentos de zonas de praticagem.

Analisando o dendograma, percebem-se quatro possíveis grupos de zonas de praticagem, com características semelhantes no que diz respeito às variáveis número de práticos, número de manobras, distância média navegada e tempo médio de praticagem. Foram testadas partições com 3, 4 e 5 grupos. Para os casos de 4 e 5 grupos, alguns desses ficaram compostos somente de zonas de praticagem americanas. Na partição com três grupos, todos contêm zonas de praticagem americanas e brasileiras.



**Figura 3** - Dendograma para Análise de Cluster

Fonte: Elaborado pelos autores

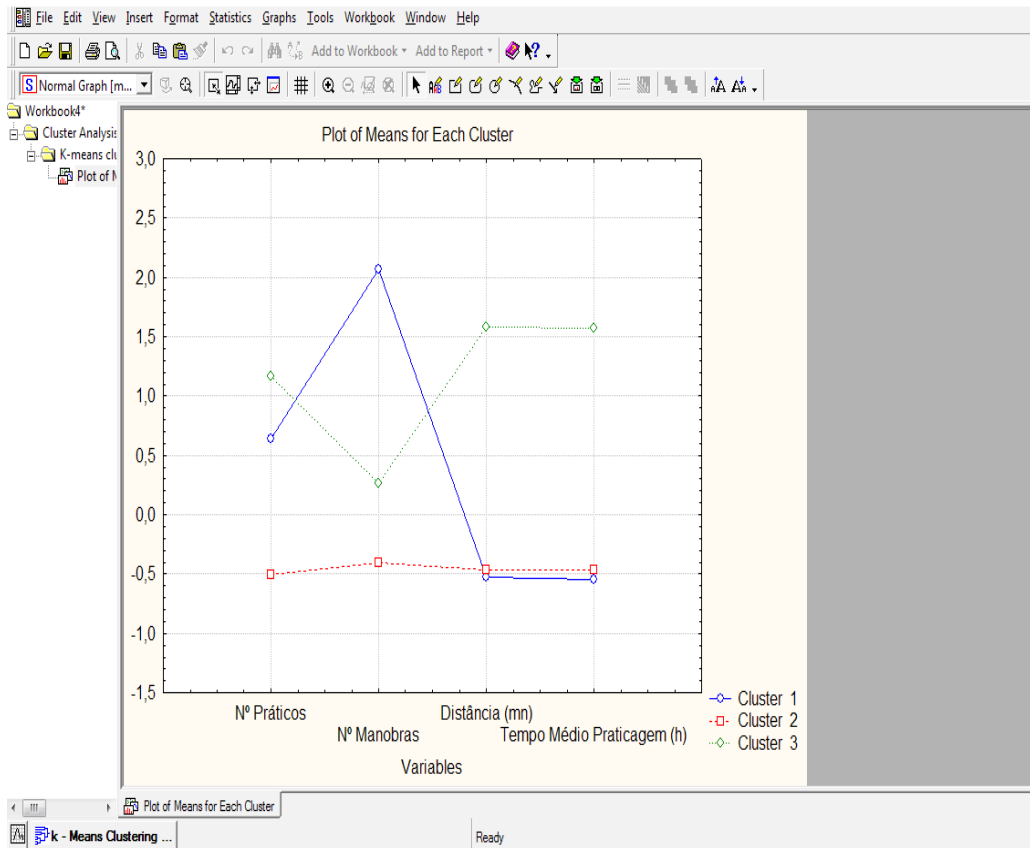
Com a aplicação do método de partição k-means para três grupos, as ZPs americanas e brasileiras distribuíram-se conforme apresentado na Figura 4.

Grupos	ZPs Estados Unidos	ZPs Brasil
1	Associated Branch Pilots, LA	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rio de Janeiro, - Santos, Baixada Santista, São Sebastião e TEBAR;</li> <li>▪ Vitória.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Charleston, SC - Charleston Pilots Association;</li> <li>▪ Columbia River Pilots, OR; Longview, Kalama, Vancouver and Portland;</li> <li>▪ Corpus Christi, TX - Aransas-Corpus Christi Pilots Association, - Free Port, TX - Brazos Pilots;</li> <li>▪ Galveston - Texas City, TX, - Lake Charles Pilots, LA, - Los Angeles Pilots, CA; Port Los Angeles/ Long Beach, - Miami, FL, - Biscayne Bay Pilots, - Mobile Bar, AL; Port of Mobile;</li> <li>▪ Pascagoula, MS - Pascagoula Bar Pilots' Association;</li> <li>▪ Port Everglades, FL; Port Everglades Pilots Association + Port Dania;</li> <li>▪ Sabine River, TX; Port Arthur, Beaumont, Orange;</li> <li>▪ Savannah, GA - Savannah Pilots Associations;</li> <li>▪ St. John Bar Pilots; Jacksonville.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Areia Branca</li> <li>▪ Cabedelo</li> <li>▪ Fortaleza e Pecém</li> <li>▪ Ilhéus</li> <li>▪ Imbituba</li> <li>▪ Itajaí e Navegantes</li> <li>▪ Maceió e Terminal Químico</li> <li>▪ Natal</li> <li>▪ Paranaguá e Antonina</li> <li>▪ Recife e Suape</li> <li>▪ Salvador, Portos e Terminais da Baía de Todos os Santos</li> <li>▪ São Francisco do Sul</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Columbia River Bar Pilots, OR</li> <li>▪ Crescent River Port Pilots, LA</li> <li>▪ Hawaii Pilots, HI</li> <li>▪ Houston Pilots, TX</li> <li>▪ New Orleans - Baton Rouge, LA</li> <li>▪ Puget Sound, WA ; Tacoma, Anacortes, Seattle, Bellingham, Manchester, Everett, Olympia, Port Angeles, Port Townsend, Ferndale</li> <li>▪ San Francisco, CA - San Francisco Bar Pilots; Stockton, Sacramento</li> <li>▪ Tampa Bay, FL - Tampa Bay Pilots; Port of Tampa, St Petersburg, Manatee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Belém, Complexo Portuário Vila do Conde e adjacências</li> </ul>

**Figura 4** - Resultado da *cluster analysis* aplicada a 23 ZPs americanas e 16 brasileiras.  
Fonte: Elaborado pelos autores.

Observando-se a Figura 4, percebe-se que os três grupos contém tanto ZPs brasileiras como americanas, confirmando que essas podem ser comparadas em relação às variáveis consideradas. O grupo 1 é composto por uma ZP americana e três brasileiras, o grupo 2 possui 14 ZPs americanas e 12 brasileiras, e o grupo 3 contém oito ZPs americanas e uma brasileira. Esses grupos foram definidos a partir das diferenças e semelhanças nos valores das variáveis utilizadas na análise.

Analisando-se esses grupos, verifica-se que as quatro variáveis consideradas contribuem de forma significativa ( $p < 1\%$ ) para distinguir os grupos. Na Figura 4 são apresentadas as variáveis que distinguem e que aproximam os grupos por semelhança.



**Figura 5** - Valores médios de cada variável dentro dos Grupos.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir do software Statistica

Utilizando as variáveis número de práticos, distância média navegada por viagem, número de manobras e tempo médio de praticagem (em horas), observa-se que as zonas de praticagem pertencentes ao grupo 2 são as que têm menor número de práticos, menor número de manobras e menores distâncias e tempos médios de praticagem. Os grupos 1 e 2 se assemelham na distância média navegada por viagem e no tempo médio de praticagem, porém o grupo 1 é composto pelas ZPs que têm o maior número de manobras e, conseqüentemente, um maior número de práticos em relação ao grupo 2. O grupo 3 é composto pelas ZPs que têm o maior número de práticos. Apesar de o número de manobras estar entre os grupos 1 e 2, a distância média e os tempos médios de praticagem são os maiores, justificando a necessidade de um maior número de práticos.

## CONCLUSÕES

O método estatístico de análise de agrupamentos (*cluster analysis*), aplicado neste estudo, mostrou-se consistente, pois possibilitou a confirmação de que análises de zonas de praticagem inseridas em países com realidades distintas podem ser realizadas. Isso se justifica pela similaridade evidenciada entre as ZPs brasileiras e norte-americanas, considerando-se as variáveis utilizadas neste estudo.

Em relação às variáveis analisadas (número de práticos, número de manobras, tempo médio de praticagem e distância média navegada), as zonas de praticagem americanas e brasileiras são comparáveis, pois as mesmas distribuíram-se entre os três grupos, demonstrando semelhança em relação a essas variáveis. A partir dessa confirmação, podem-se utilizar informações das zonas de praticagem americanas como referência (benchmark) para as ZPs brasileiras, com vistas a aumentar sua eficiência e economicidade.

Sugere-se que, em futuras pesquisas, sejam utilizadas informações sobre os preços das manobras e as remunerações nas zonas de praticagem americanas para estimar os preços e as remunerações brasileiras, fornecendo subsídios técnicos para a regulação econômica do setor. A partir dessa regulação, pode-se obter um modelo de praticagem mais próximo do benchmark considerado (Estados Unidos), reduzindo-se eventuais distorções no que se refere à relação entre a estrutura disponível, as operações e os preços dos serviços prestados.

## REFERÊNCIAS

Beamon, B. M. (1998) Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, v. 55, n. 3, p. 281-294.

Bonde, B. H. M.; Hans-Michael, T. (2000) Market Principles and Efficiency in Maritime Pilotage: an Assessment of Reorganisation Debates in Germany. *The International Pilot - IMPA*.

Brito, P. (2007). Entrevista realizada ao jornal "O Globo" em 28 de dezembro de 2007. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/destaques/noticias-de-2007/noticias-do-mes-de-dezembro/sep-na-midia/jornal-o-globo/?searchterm=praticagem>>. Acesso em: 26.mai.2015.

Brooks, M. R.; Cullinane, K. (2006) Governance models defined. *Research in Transportation Economics*, v. 17, n. 1, p. 405-435.

CEGN - Centro de Estudos em Gestão Naval da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2008) - Análise de Estrutura Operacional de Custos e Recursos de uma Associação de Praticagem no Brasil e Comparação de Desempenho e dos Modelos com Casos Internacionais, seguindo sugestão da Secretaria Especial de Portos (SEP), USP. Disponível em: <<http://www.gestaonaval.org.br>>. Acesso em: 04.abr.2015.



Conapra – Conselho Nacional de Praticagem. Disponível em: <<http://www.conapra.org.br>>. Acesso em: 04.jul.2012.

Creswell, J. W. (2007) *Projetos de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed.

Dibner, B. (2012) *Review and Analysis of Harbor Pilot Net Incomes*. Louisiana, Pilot Fee Commission, Expert Report.

Gil, A. C. (2010) *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas.

Iannone, F. (2012) *The private and social cost efficiency of port hinterland container distribution through a regional logistics system*. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 46, n. 9, p. 1424-1448.

Kirchner, P. G; Diamond, C. L (2010) *Unique Institutions, Indispensable Cogs, and Hoary Figures: Understanding Pilotage Regulation in the United States*. *U.S.F. Maritime Law Journal*, v. 23, n. 1, p. 168-205.

Manly, B. F. J. (2008) *Métodos Estatísticos Multivariados: uma introdução*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman.

Marconi, M. A.; Lakatos, E. M. (2010) *Técnicas de pesquisa*. 7. ed. São Paulo: Atlas.

Mingoti, S. A. (2007). *Análise de Dados através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: Editora UFMG.

Monfort Mulinas, A.; Monterde Higuero, N.; Sapiña García, R.; Martín Soberón, A. M; Calduch Verduch, D.; Souza, P V. G. (2012) *La terminal portuaria de contenedores como sistema nodal en la cadena logística*. 2. ed. Valência: FundaciónValenciaport.

Silva, E. L.; Menezes, E. M. (2005) *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 4. ed. Florianópolis: UFSC.

United Nations Conference on Trade and Development (2011) *World Investment Report – 2011. Non equity modes of International Production and Development*. New York and Geneve: UNCTAD.

World Trade Organization.(2011) *Understanding the World Trade Organization*. Geneva: WTO.

**Recebido em: 26/10/2015**

**Aceito para publicação em: 11/10/2016**

# APLICAÇÃO UMA REDE DE BETHE EM UM PROCESSO DE PERCOLAÇÃO NO JOGO DE "PACIÊNCIA" ("SOLITÁRIO")

Euro de Barros Couto Junior<sup>1</sup>

## RESUMO

Este texto trata do Jogo de Paciência, visto sob a óptica da Teoria da Percolação. Cada jogada equivale-se a uma camada da Rede de Bethe; uma jogada realiza-se com probabilidade "p". Tendo-se fixadas algumas regras simples de como jogar, encontrou-se, depois de 354 jogos realizados, um percentual mediano de ganho de 53,38983% ( $p^k$ ), ou seja, de 189 partidas vencidas por este autor, sendo "k" a quantidade mediana de jogadas por jogo. Assim sendo, na Rede de Bethe, a probabilidade de fazer uma única jogada foi estimada em  $p = 99,46959\%$ , dado que, a quantidade mediana de jogadas de um jogo, neste experimento, foi  $k = 118$  jogadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rede de Bethe; Percolação; Probabilidade; Jogo de Paciência.

## ABSTRACT

This paper deals with the Solitaire Game, seen from the perspective of the theory of Percolation. Each play corresponds to a layer of Bethe network; a play is performed with probability "p". Having established some simple rules of how to play, it was found after 354 games played, a median percentage of gain of 53.38983% ( $p^k$ ), i. e. 189 matches won by this author. Thus, in the Bethe network, the probability of making a single pass was estimated at  $p = 99.469591\%$ , since, on average, a game was played in this experiment with  $k = 118$  passes.

**KEYWORDS:** Bethe's network; Percolation; Probability; Solitaire Game.

## RESÚMEN

Este texto se refiere a el Juego de Solitario, su la perspectiva de la teoría de la percolación. Cada jugada corresponde a una capa de red de Bethe; una jugada se realiza con probabilidad "p". Después de haber establecido algunas reglas simples de cómo jugar, se encontró después de 354 partidos jugados, una ganancia mediana de 53,38983% ( $p^k$ ), es decir, 189 partidos ganados por este autor. Por lo tanto, en la red de Bethe, la probabilidad de hacer una sola jugada se estimó en  $p = 99,469591\%$ , ya que, la mediana de jugadas de un juego en esto experimento fué  $k = 118$  jugadas.

**PALABRAS CLAVES:** red de Bethe; percolación; probabilidad; juego de solitario.

## INTRODUÇÃO

Jogar é uma arte... mas, também, é uma ciência... e talvez, por isso, todos nós sejamos sempre ganhadores (Arbiser, 2015): se se pensa, apenas, no jogo, em si, pode-se ganhar ou perder; mas, no fim das contas, somos, sempre, vencedores, porque estudamos e passamos a entender melhor o "jogo da vida".

---

<sup>1</sup> Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU), Brasil. Doutor em Ciências pela Faculdade de Medicina da USP; Doutor em Cultura e Literatura Russas pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP; mestre em Cultura e Literatura Russas pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP.

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5254-5780> **E-mail:** [estatisticoeuro@gmail.com](mailto:estatisticoeuro@gmail.com)

## PERCOLAÇÃO

A Percolação, que usa conceitos do Cálculo de Probabilidades e da Matemática, foi fruto de um problema simples e comum — a coagem do café, para o qual os ingleses Broadbent e Hammersley publicaram seu famoso artigo, em 1957 (Broadbent & Hammersley, 1957).

A Teoria da Percolação é uma fonte de problemas fascinantes do melhor tipo para os quais um matemático poderia esperar: problemas que são fáceis de estabelecer com um mínimo de preparação, mas cujas soluções são, aparentemente, difíceis e que requerem novos métodos (Efros, 1982). Ao mesmo tempo, vários problemas são de interesse ou são propostos por cientistas de diversas áreas, e não foram propostos, meramente, para demonstrar alguma ingenuidade, ou, contrariamente, por arrogância.

Muito progresso foi feito desde a segunda metade década de 1950, e muitos dos problemas abertos das últimas décadas já foram resolvidos. Com tais soluções, viu-se a evolução de novas técnicas e questões, e o conseqüente conhecimento mudou o campo de atuação da Percolação (Havlin, 2012). A matemática da Percolação está, agora, razoavelmente madura, apesar de existirem tantas outras importantes questões que ainda restam para serem respondidas. A Tecnologia da Percolação emergiu como um pilar da “Teoria de Sistemas Físicos Desordenados” (Efros, 1982; Berkowitz & Ewing, 1998), e os métodos atuais têm sido aplicados e expandidos em uma variedade de situações de real interesse (Grimmett, 1999; Steif, 2012).

A quantidade de literatura relativa à Percolação parece crescer momento a momento, principalmente em revistas de Física. Tornou-se difícil conseguir saber o assunto a partir do zero, e um dos principais propósitos deste trabalho é abordar uma das possibilidades de aplicação da Percolação, que conseguiu atingir uma reputação, por ser difícil tanto quanto importante. Apesar disso, pode ser interessante observar que o nível de conhecimento matemático requerido para ler um trabalho como este é limitado a uns poucos itens da Teoria da Probabilidade e de Análise Real, em um patamar pré-acadêmico (Grimmett, 1999).

## REDE DE BETHE

É comum que se queiram resolver problemas complexos por meio de modelagens simples, em termos matemáticos, fazendo generalizações. A Rede de Bethe, proposta pelo físico alemão Hans Albrecht Bethe, é também conhecida como “Percolação em Árvore” (Kesten, 2006).

Em cada camada da estrutura de árvore, temos “ $\alpha^i$ ” galhos, onde “ $\alpha$ ” é a quantidade de galhos distintos da primeira camada, e “ $i$ ” é a quantidade de galhos total em uma camada, com  $i = 0, 1, 2, \dots, k$ , onde “ $k$ ” é a quantidade de camadas, quando a rede é finita. Este estudo considera, apenas, redes finitas; portanto,  $k < \infty$  (Stanley et al., 1999).

Neste caso, a pergunta que deseja-se responder é: “há um caminho de pontos conectados, de comprimento finito, “através” da rede, que permita chegar ao final da rede?” — neste caso, chegar ao final da rede deve ser entendido como o final do jogo. Considere-se, então, uma sequência de cartas chamada de “caminho”. Percorrer todo o caminho significa ter conseguido chegar ao final do jogo.

Em um modelo matemático para a obtenção de um grafo aleatório (conjunto de caminhos), um local está “ocupado” (não permite passagem, ou o caminho está obstruído), com probabilidade “ $1-p$ ”, ou “desocupado” (permite a passagem, ou o caminho está livre), com probabilidade “ $p$ ”. Uma vez que esta probabilidade é uma função crescente de “ $p$ ”, deve haver um “ $p$ ” crítico (designado por “ $p_c$ ”), abaixo do qual a probabilidade é sempre “0” e acima do qual a probabilidade é maior do que “0”, e varia até chegar a “1”. Mesmo para “ $k$ ” tão pequeno quanto se queira, a probabilidade de um caminho aberto, a partir do início do processo, aumenta, desde quase “0”, até quase “1”, em poucos passos, independentemente do valor “ $p$ ” (Kesten, 1982).

Um caso limite para estruturas (grafos ou reticulados) em muitas dimensões é dado pela Rede de Bethe, cujo limiar é de  $p_c = 1 / (\alpha - 1)$ , para uma quantidade de galhos ou caminhos “ $\alpha$ ” (Camia & Newman, 2005).

## O JOGADOR

Entre as pessoas que jogam, quase todas são amadoras: menos de 1% dos jogadores de jogos de cartas, atualmente, é formado por profissionais: a quase totalidade (mais de 99%) são amadores, que jogam por diversão e/ou passatempo. É o caso deste autor, e quase certamente, dos leitores. Assim, a experiência dos amadores aproxima-se a um “estado cego”, ou seja, sem o viés que um jogador profissional poderia criar. E a intenção é essa: a de que se saiba qual é a probabilidade de ganho, em um jogo de cartas — neste caso, o “Jogo de Paciência” (também conhecido como “Solitário”).

## O “JOGO DE PACIÊNCIA”

A “Paciência” (ou “Solitário”) é um jogo de cartas de baralho, jogado por um único jogador. Há diversas variantes na forma de se jogar, em relação às suas regras básicas, que variam de país para país, e de época em época, mas, essencialmente, esse jogo, hoje, está disponível em bilhões de computadores, *tablets*, celulares, e outros dispositivos eletrônicos semelhantes, além do próprio baralho de 52 cartas (os coringas são deixados de lado, e as cartas vão de “Ás” até “Rei”, nessa ordem, nos quatro naipes tradicionais).

A quantidade de permutações das 52 cartas é  $52!$  (52 fatorial), o que permite produzir, então, “52!” jogos distintos: esse número equivale-se a pouco mais de  $8 \times 10^{67}$  permutações. Portanto, tendo-se embaralhado as cartas, ou, solicitado ao dispositivo eletrônico,

para que distribua as cartas, será quase impossível que uma mesma distribuição de cartas seja observada em pouco tempo. A versão para dispositivos eletrônicos desse jogo é, por vezes, conhecida como “Klondike” (pron.: klóndaike).

O jogo é preparado, distribuindo-se as 52 cartas do seguinte modo (Fig. 1), em uma área de jogo:

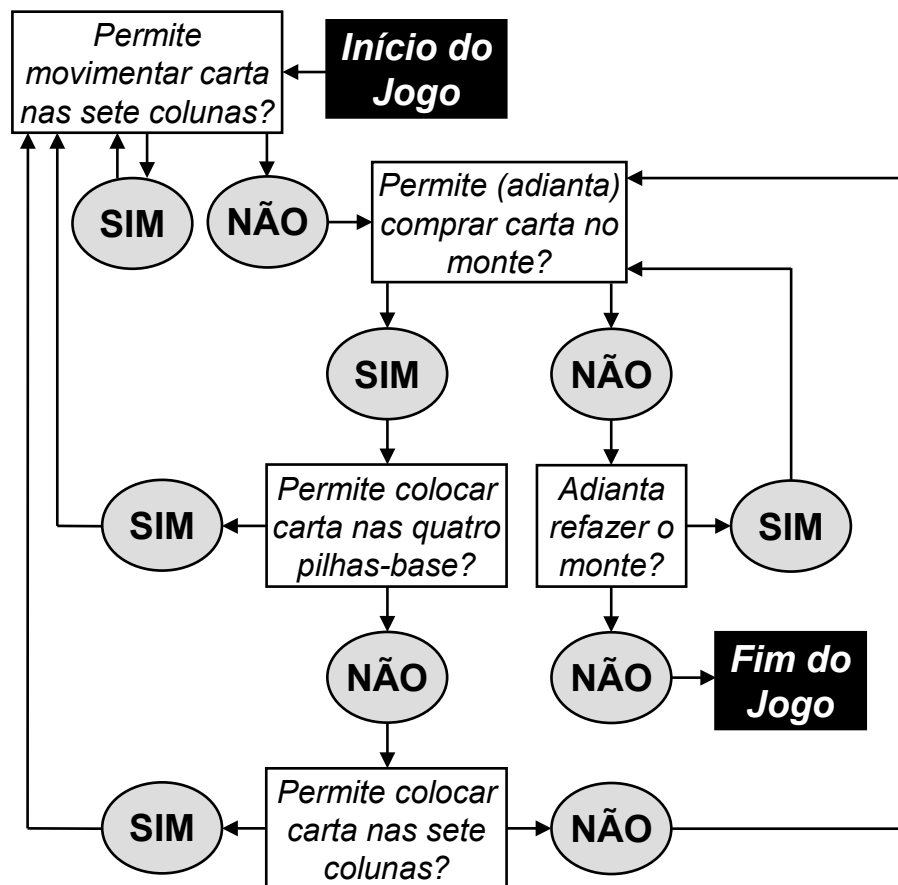
- a) 28 cartas são dispostas em sete colunas, sendo que a primeira coluna contém 1 carta; a segunda coluna contém 2 cartas, e assim por diante, até que, na sétima coluna, sejam colocadas 7 cartas; a carta superior é mostrada ao jogador, e as demais ficam voltadas para baixo;
- b) as 24 cartas restantes ( $52 - 28 = 24$ ) são colocadas em um monte; essas cartas também ficam voltadas para baixo;
- c) 4 lugares para a formação das chamadas pilhas-base são reservados à direita da área de jogo.



**Figura 1.** Área do jogo de Paciência (adaptada pelo autor).

Fonte: adaptado de MS-Windows XP.

Podem-se resumir as sequências das jogadas do Jogo de Paciência, pelo que se mostra no fluxograma da Fig. 2:



**Figura 2.** Esquema simplificado da sequência de jogadas no Jogo de Paciência.

Fonte: elaborada pelo autor.

## O JOGO E AS PROBABILIDADES DAS JOGADAS

Seja a probabilidade de fazer a jogada indicada por “p”; logo, a probabilidade de não fazer a jogada vale “1-p”. Podemos indicar, matematicamente, essa situação, assim:

$$P(\text{"jogar"}) = p$$

$$P(\text{"não jogar"}) = 1 - p$$

Com isso, queremos dizer que a ocorrência de uma jogada tem probabilidade “p” de acontecer, e a não ocorrência de uma jogada tem probabilidade “1-p” de acontecer (Knill, 2009).

Em Percolação, a probabilidade de chegarmos ao final do jogo, como vencedores, em “k” jogadas, será “p<sup>k</sup>”, e portanto, a probabilidade de chegarmos ao final do jogo, como perdedores, também em “k” jogadas, será “1-p<sup>k</sup>”. Cada jogada estará associada à possibilidade de realizar a jogada ou de não realizá-la, ou seja, se houver possibilidade de jogar, a jogada será efetivamente feita, e se não houver possibilidade de jogar, nenhuma jogada será feita.

## MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

O objetivo deste artigo é o de mostrar uma aplicação da Rede de Bethe, usando o “Jogo de Paciência”, com a intenção de demonstrar que o jogo pode ser modelado por essa rede.

Para tanto, consultou-se a literatura dos assuntos abordados e dos assuntos correlatos, e foram feitas simulações por meio de 354 jogos de Paciência, anotando-se as características de cada jogo: adotaram-se algumas operações e regras universais para a movimentação das cartas, sempre obedecendo às regras do “Jogo de Paciência”, além de contadas as quantidades de jogadas, do início até o final, e de pontos acumulados; e ainda, com base na quantidade de jogos vencidos, calcularam-se as probabilidades de vitória e a derrota — cada jogo, ao final, foi marcado como vitória ou derrota.

## OPERAÇÕES ADOTADAS PARA O JOGO DE PACIÊNCIA

As seguintes operações foram estabelecidas, para determinar-se o “modo” de jogar:

- a) toda jogada tem como objetivo o “avanço do jogo”, o que significa cumprir com todos os movimentos de cartas necessários para empilhar todas as cartas nas quatro pilhas-base;
- b) quando houver uma carta que serve para alterar uma das sete colunas, essa carta será usada para essa alteração; essa carta pode estar no monte, ou em uma das sete colunas, ou em uma das quatro pilhas-base;
- c) houver uma carta que possa ser movimentada para uma das quatro pilhas-base, essa carta será colocada na pilha-base, a não ser que sirva para uma jogada em que outra carta (ou outras cartas) deem condições para avanço do jogo;
- d) quando houver uma carta que encontra-se em uma das quatro pilhas-base, que sirva para dar continuidade ao jogo, ela será usada, em uma das sete colunas;
- e) quando o jogo impossibilitar que novas jogadas sejam feitas, ele será encerrado, e computado como “derrota”; quando todas as cartas estiverem nas quatro pilhas-base, ele também será encerrado, e computado como “vitória”;
- f) apesar de ser permitido que o jogo possa ser oferecido novamente, nos mesmos moldes (com a mesma disposição inicial das cartas), adotaremos a regra de não refazer nenhum jogo previamente oferecido; somente jogos ainda não jogados serão aceitos.

## REGRAS ADOTADAS PARA O JOGO DE PACIÊNCIA

O objetivo do jogo é o de criar pilhas de cartas do mais baixo ao mais alto valor (sendo a carta do “Ás” a de menor valor e a carta do “Rei” a de maior valor), em cada uma das quatro pilhas-base no canto direito superior. Cada pilha-base pode conter, apenas, um naipe.

Assim, cada uma das quatro pilhas-base deve começar com um “Ás” e terminar com um “Rei” de mesmo naipe.

Existem sete colunas, nas quais pode-se movimentar as cartas de uma coluna para outra. As cartas dessas sete colunas devem ficar em ordem decrescente e sequencial, porém, devem alternar-se entre cartas de naipes pretos e de naipes vermelhos. Por exemplo, pode-se ter um “Sete vermelho” sobre um “Oito preto”.

Pode-se mover sequências de cartas entre as sete colunas. No jogo eletrônico, basta clicar na carta de maior valor que se deseja mover para outra coluna e que deve ter a cor complementar e o valor de uma e exatamente uma unidade a menos do que a carta da coluna para onde essa sequência será movida.

Qualquer uma das sete colunas, quando vazias, pode receber uma das quatro cartas de “Rei”, ou qualquer sequência que tenha o “Rei” na ponta.

Quando não se tem possibilidade de movimentar-se entre as sete colunas, deve-se usar as cartas disponíveis no monte, colocado à esquerda, na parte superior da mesa. Se todas as cartas do monte tiverem sido selecionadas em uma rodada, então pode-se devolver essas cartas ao monte, e novamente, selecionar as cartas do monte, para uma nova rodada.

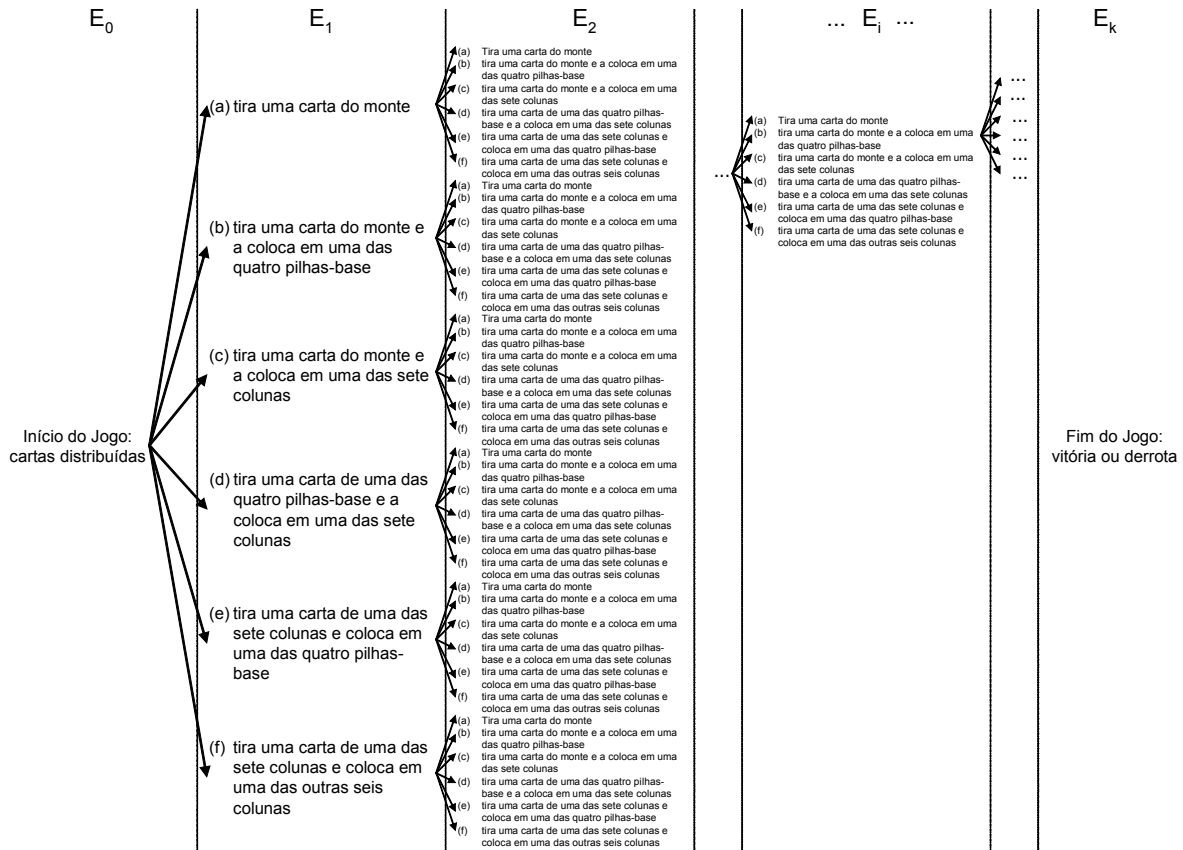
Finalmente, adotaremos que, somente uma carta por vez será tirada do monte. Existe uma variante do “Jogo de Paciência” que permite tirarem-se três cartas por vez.

Essas regras são necessárias para a unifomização do “modo” de jogar, impedindo variações a um mesmo jogador; elas consistem de regras universais, ou seja, formam um conjunto de regras comuns para muitos jogadores.

## CONFIGURAÇÃO DA REDE DE BETHE NO “JOGO DE PACIÊNCIA”

Neste estudo, tem-se uma estrutura de árvore de 6 galhos ( $\alpha = 6$ ), com  $6^i$  galhos, em cada camada, com  $i = 0, 1, 2, \dots, k-1$ , onde “k” é a quantidade de camadas da rede; “k-2” equivale à quantidade de jogadas de um jogo, já que,  $k=0$  marca a preparação do jogo, até chegar-se à k-ésima camada, que é o marcador do fim do jogo (Fig. 3).





**Figura 3.** Esquema simplificado da Rede de Bethe adotada para o “Jogo de Paciência”.

Fonte: elaborada pelo autor.

A primeira jogada, indicada por “ $E_1$ ”, tem “ $\alpha$ ” galhos, e cada galho tem outros “ $\alpha$ ” galhos, e assim por diante, até o “ $k$ -ésimo - 1” galho. O estado inicial (“ $E_0$ ”) consiste do início do jogo, ou seja, da distribuição das cartas nas sete colunas, e no monte; o estado final (“ $E_k$ ”) consiste do final do jogo. Cada estado (“ $E_i$ ”), com  $1 < i < k-1$ , equivale-se a uma jogada. A probabilidade de mudança de um estado “ $i$ ” para um estado “ $i+1$ ” vale “ $p$ ”; logo, a probabilidade de não-mudança entre dois estados vale “ $1-p$ ”, com  $0 \leq p \leq 1$ .

Neste estudo, considera-se uma “árvore regular”, ou seja, com a quantidade constante de possibilidades de jogadas, entre dois estados consecutivos (“ $\alpha$ ” constante). Os caminhos possíveis, que são formados pelas sequências possíveis de jogadas chegarão a dois resultados únicos, na camada “ $E_k$ ”: vitória ou derrota. A vitória significa que todas as cartas do monte e das sete colunas foram colocadas nas quatro pilhas-base; a derrota significa que nem todas as cartas puderam ser colocadas nas quatro pilhas-base.

A equivalência entre o Jogo de Paciência e a Rede de Bethe evidencia-se, por conta do que foi apresentado nos parágrafos anteriores. Assim, qualquer probabilidade pode ser calculada com base nos “caminhos livres” (jogada que pode ser feita) e nos “caminhos ocupados” (jogada que não pode ser feita). Cada jogada feita significa que o caminho percorrido estava livre para, ao menos, um dos seis galhos da árvore; e a impossibilidade de realização das seis jogadas possíveis significa que o jogo chegou ao final.

Neste caso, cada camada da Rede de Bethe contém 6 possibilidades de escolha (caminhos ou galhos da árvore), a fim de dar continuidade ao jogo, até seu final. Assim, a probabilidade de “fazer-se uma jogada” vale “p”, ou seja, de passar da camada “i” para a camada “i+1”. Eis as seis possibilidades escolha para uma jogada:

- a) tirar uma carta do monte;
- b) tirar uma carta do monte e colocá-la em uma das quatro pilhas-base;
- c) tirar uma carta do monte e colocá-la em uma das sete colunas;
- d) tirar uma carta de uma das quatro pilhas-base e colocá-la em uma das sete colunas;
- e) tirar uma carta de uma das sete colunas e colocá-la em uma das quatro pilhas-base; e
- f) tirar uma carta de uma das sete colunas e colocá-la em uma das outras seis colunas.

Uma observação importante: podem-se movimentar, concomitantemente, duas ou mais cartas de uma mesma coluna, entre as sete colunas; essa operação é considerada como equivalente a tirar uma carta de uma das sete colunas e colocá-la em uma das outras seis colunas.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foram jogadas 354 partidas de “Paciência”, em um computador com o sistema operacional MS-Windows 10, sendo que 189 redundaram em vitórias (53,38983%) e 165 derrotas (46,61017%). Com isso tem-se que, nas “k” jogadas de um jogo, pode-se escrever que  $p^k = 53,38983\% = 0,5338983 \approx 0,534$ . Pela mediana da quantidade de jogadas de um jogo, “k” vale 118; logo,  $p = [\text{raiz } 118] \text{ de } 53,38983\%$ , que vale  $\sqrt[118]{53,38983\%} = 99,46959\% = 0,9946959 \approx 0,995$ . Assim, pode-se afirmar que a probabilidade de ocorrência de uma jogada vale quase 99,5%; logo, a probabilidade de não-ocorrência de uma jogada vale  $1 - 0,9946959 = 0,0053041 \approx 0,005$ .

O valor de “p<sub>c</sub>” teórico vale  $1 / (\alpha - 1) = 1 / (6 - 1)$ , pois são 6 possibilidades de jogadas (caminhos); logo  $p_c = 1 / 5 = 0,2 = 20\%$ . Ele é o valor mínimo esperado, pois o valor encontrado no experimento vale 53,38983%.

A Tabela 1 mostra os resultados de valores de “p”, considerando  $p^k \approx 0,534$ . Observa-se que os valores de “p” são crescentes, quanto maior o valor de “k”, pois o valor de “p” é calculado pela raiz k-ésima de  $p^k$ , ou seja,  $p^k$  elevado a  $(1/k)$ . Reconhece-se, com certa facilidade, que, para valores de “k” pequenos, não se atinge o final do jogo: esses valores foram calculados como valores teóricos, pois a quantidade mínima de jogadas, entre as 354 partidas realizadas, foi 67; logo, não haveria motivação para calcularem-se probabilidades para valores baixos de “k”, como, por exemplo, 1, 2 ou 3, visto que nenhuma partida

chega a seu final com essas quantidades de jogadas. A quantidade máxima de jogadas em uma partida foi 159. Assim, calculando-se os valores de "p" para o intervalo [67; 159], obtivemos que  $0,990 < p < 0,997$ .

**Tabela 1**

Valores das probabilidades de cada jogada ("p"), considerando  $p^k \approx 0,534$ .

k	$p^k$	p	k	$p^k$	p	k	$p^k$	p
50	0,534	0,987531	75	0,534	0,991668	100	0,534	0,993744
51	0,534	0,987770	76	0,534	0,991777	101	0,534	0,993806
52	0,534	0,988004	77	0,534	0,991883	102	0,534	0,993866
53	0,534	0,988229	78	0,534	0,991987	103	0,534	0,993926
54	0,534	0,988446	79	0,534	0,992088	104	0,534	0,993984
55	0,534	0,988655	80	0,534	0,992186	105	0,534	0,994041
56	0,534	0,988856	81	0,534	0,992282	106	0,534	0,994097
57	0,534	0,989051	82	0,534	0,992376	107	0,534	0,994152
58	0,534	0,989238	83	0,534	0,992468	108	0,534	0,994206
59	0,534	0,989420	84	0,534	0,992557	109	0,534	0,994259
60	0,534	0,989595	85	0,534	0,992644	110	0,534	0,994311
61	0,534	0,989765	86	0,534	0,992729	111	0,534	0,994362
62	0,534	0,989929	87	0,534	0,992813	112	0,534	0,994413
63	0,534	0,990088	88	0,534	0,992894	113	0,534	0,994462
64	0,534	0,990242	89	0,534	0,992974	114	0,534	0,994510
65	0,534	0,990392	90	0,534	0,993051	115	0,534	0,994558
66	0,534	0,990537	91	0,534	0,993128	116	0,534	0,994605
67	0,534	0,990677	92	0,534	0,993202	117	0,534	0,994651
68	0,534	0,990814	93	0,534	0,993275	118	0,534	0,994696
69	0,534	0,990946	94	0,534	0,993346	119	0,534	0,994740
70	0,534	0,991075	95	0,534	0,993416	120	0,534	0,994784
71	0,534	0,991200	96	0,534	0,993484	121	0,534	0,994827
72	0,534	0,991322	97	0,534	0,993551	122	0,534	0,994869
73	0,534	0,991440	98	0,534	0,993617	123	0,534	0,994911
74	0,534	0,991555	99	0,534	0,993681	124	0,534	0,994952
125	0,534	0,994992	150	0,534	0,995825	175	0,534	0,996420
126	0,534	0,995032	151	0,534	0,995853	176	0,534	0,996441
127	0,534	0,995071	152	0,534	0,995880	177	0,534	0,996461
128	0,534	0,995109	153	0,534	0,995907	178	0,534	0,996481
129	0,534	0,995147	154	0,534	0,995933	179	0,534	0,996500
130	0,534	0,995184	155	0,534	0,995959	180	0,534	0,996520

k	$p^k$	p	k	$p^k$	p	k	$p^k$	p
131	0,534	0,995221	156	0,534	0,995985	181	0,534	0,996539
132	0,534	0,995257	157	0,534	0,996011	182	0,534	0,996558
133	0,534	0,995293	158	0,534	0,996036	183	0,534	0,996577
134	0,534	0,995328	159	0,534	0,996061	184	0,534	0,996595
135	0,534	0,995362	160	0,534	0,996085	185	0,534	0,996614
136	0,534	0,995396	161	0,534	0,996110	186	0,534	0,996632
137	0,534	0,995430	162	0,534	0,996134	187	0,534	0,996650
138	0,534	0,995463	163	0,534	0,996157	188	0,534	0,996668
139	0,534	0,995495	164	0,534	0,996181	189	0,534	0,996685
140	0,534	0,995528	165	0,534	0,996204	190	0,534	0,996703
141	0,534	0,995559	166	0,534	0,996227	191	0,534	0,996720
142	0,534	0,995590	167	0,534	0,996249	192	0,534	0,996737
143	0,534	0,995621	168	0,534	0,996272	193	0,534	0,996754
144	0,534	0,995651	169	0,534	0,996294	194	0,534	0,996770
145	0,534	0,995681	170	0,534	0,996315	195	0,534	0,996787
146	0,534	0,995711	171	0,534	0,996337	196	0,534	0,996803
147	0,534	0,995740	172	0,534	0,996358	197	0,534	0,996820
148	0,534	0,995769	173	0,534	0,996379	198	0,534	0,996836
149	0,534	0,995797	174	0,534	0,996400	199	0,534	0,996851

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Teoria da Percolação apresenta-se como simplificadora de situações cujos modelos seriam bastante complexos, caso não houvesse a possibilidade de entendimento por meio do uso de “caminhos” e/ou “galhos” (Kesten, 2006).

Pôde-se, com o experimento proposto (“Jogo de Paciência”) demonstrar, imediatamente, uma aplicação interessante com o objetivo simples de determinar-se uma estimativa para chegar a uma vitória nesse jogo, e mais: uma estimativa para obter-se o valor da probabilidade de realização de uma única jogada.

Para tanto, regras universais de jogo foram estabelecidas, e com base nelas, as pouco mais de 350 partidas jogadas permitiram que os valores estimados pudessem ser considerados aceitáveis, para um jogador amador.

O uso do método da Rede de Bethe permitiu estabelecer um esquema simples para a compreensão do “Jogo de Paciência”, agora visto como uma sequência de jogadas, formando um “caminho”, do início ao final do jogo, onde apenas dois resultados (vitória ou derrota), em conjunto, produziram os valores calculados e mostrados neste trabalho.

Com isso, tem-se a esperança de que não somente outros jogos, mas experimentos cujas configurações sejam semelhantes à do “Jogo de Paciência”, possam auxiliar no cálculo de probabilidades que permitam explicar, de modo simplificado, fenômenos naturais e/ou artificiais observáveis e passíveis de modelagem — alguns exemplos: penetração de ar nos pulmões (com alvéolos livres e obstruídos); espalhamento do fogo em regiões florestais (com plantas acessíveis e não acessíveis ao fogo); estudos de tráfego em regiões adensadas (com vias livres e congestionadas) etc. — sem prévia comprovação, o que poderá ser feito em outros trabalhos.

## REFERÊNCIAS

- Arbiser, A. (2015). *O jogador científico — por que perdemos no pôquer, na loteria, na roleta...* Campinas: UNICAMP.
- Berkowitz, B., & Ewing, R. P. (1998). Percolation theory and network modeling — applications in soil physics. *Surveys in Geophysics*, 23-72.
- Broadbent, S. & Hammersley, J. (1957). Percolation processes I. Crystals and mazes, *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 53: 629-641.
- Camia, F. & Newman, C. M. (2005). The full scaling limit of two-dimensional critical percolation, *arXiv:math.PR / 0504036*.
- Efros, A. L. (1982). *Física e Geometria da Desordem*. Biblioteca Quanta, vol. 19, Moscou: Naúka, 1982.
- Grimmet, G. (1999). *Percolation*. Berlin: Springer-Verlag.
- Havlin, S. (2012). *Percolation: Theory and Applications*.
- Kesten, H. (1982). *Percolation Theory for Mathematicians*, Boston: Birkhäuser.
- Kesten, H. (2006). *What is... Percolation?* Notices of AMS, May.
- Knill, O. (2009). *Probability, Stochastic Processes & Percolation*, India: Overseas Press.
- Stanley, H. E.; Andrade Jr., J. S.; Havli, S.; Maksea, H. A.; Sukie, B. (1999). Percolation phenomena: a broad-brush introduction with some recent applications to porous media, liquid water, and city growth. *Physica A* (266):5-16.
- Steif, J. E. (2012). *A mini course on percolation theory*, Gothenburg, Sweden.

**Recebido em: 19/04/2016**

**Aceito para publicação em: 21/03/2017**

# A VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL PARA A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMPLEXOS DE TRANSPORTE

Lucas Lopes Filholino Rodrigues<sup>1</sup>

Igor Henrique Inácio de Oliveira<sup>1</sup>

Rodrigo Rodrigues Castorani<sup>1</sup>

Maurílio Fagundes Alexandre<sup>1</sup>

## RESUMO

O trabalho consiste em analisar os métodos da pesquisa operacional, através da programação linear, modelos matemáticos e o software Lindo, com o foco de melhorar a roteirização realizada por um motorista autônomo na região de São Paulo, utilizando-se como base um problema de transporte e rede de distribuição, com o objetivo de encontrar o menor caminho, para que este motorista possa reduzir seus custos de transportes e melhorar a eficiência do serviço. Com base em cálculos matemáticos, pode-se chegar a uma função objetiva, que demonstra o tempo ou distância percorrida, suas variabilidades e restrições. Após formular a função e suas variáveis, com o auxílio do software Lindo, programa específico para este tipo de trabalho, gerou-se relatórios pelos quais se tornou possível encontrar as rotas otimizadas, de forma simples e objetiva. Em seguida, comparou-se a solução ótima gerada pelo software com o caminho escolhido pelo motorista, que através de seu conhecimento empírico e auxiliado pelo GPS (Global Positioning System) e Google Maps, encontrou-se uma otimização do percurso de 1.77% km e redução de 6.54% no tempo. Desta forma, utilizando a pesquisa operacional, tornou-se possível reduzir custos de transportes, com uma ferramenta de baixo custo em relação aos softwares específicos do mercado, com a mesma precisão em seus resultados, contribuindo para que o motorista execute seu trabalho de forma eficiente, melhorando seu nível de serviço e atendendo sua demanda.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pesquisa; Operacional; Roteirização; Menor Caminho; Motorista Autônomo.

## ABSTRACT

The work consists of analyzing the methods of operations research, through linear programming, mathematical models and the Beautiful software, with the focus of improving the routing performed by an independent driver in the region of São Paulo, using as a basis a transport problem and distribution network, with the goal of finding the shortest path, so that the driver can reduce their transport costs and improve service efficiency. Based on mathematical calculations, one can reach an objective function, which shows the time or distance traveled, their variability and restrictions. After formulating the function and its variables, with the help of Lindo software, specific program for this type of work was generated reports by which it became possible to find the optimal route in a simple and objective way. Then compared the optimal solution generated by software with the path chosen by the driver, who through his empirical knowledge and aided by GPS (Global Positioning System) and Google Maps, found a route optimization 1.77% km and 6.54% reduction in time. Thus, using operational research, it became possible to reduce transport costs with a cost-effective tool for the specific software market, with the same precision in its results,

---

<sup>1</sup> Faculdade de Tecnologia de Guarulhos. **E-mail:** lucasfilholino@hotmail.com

helping the driver to perform their work efficiently improving their service levels and meeting their demand.

**KEYWORDS:** Research, Operations, Routing, Lower Way, Driver Standalone.

## INTRODUÇÃO

Dada à importância da operação de transporte nos custos logísticos e no nível de serviço de uma organização, é de extrema relevância que se estude a aplicação de técnicas simples e eficazes da pesquisa operacional, a fim de buscar um melhor desempenho operacional e gerar uma vantagem estratégica competitiva, além de se quantificar as operações e dimensionar o impacto financeiro (custo) da mesma.

Para Moreira (2010, p.3) “A pesquisa Operacional lida com problemas de como conduzir e coordenar certas operações em uma organização, e tem sido aplicada a diversas áreas, tais como indústria, transportes, telecomunicações, finanças, saúde, serviços públicos, operações militares etc.”. Em particular, pode-se dizer que a pesquisa operacional nos auxilia em resoluções de problemas, de diferentes segmentos, através de técnicas e modelos matemáticos, para otimizar processos, obter menores custos de operações, melhorar o nível de serviços e desempenhar um planejamento estratégico competitivo.

Muitas Técnicas podem ser utilizadas para o desenvolvimento dos problemas de pesquisa operacional, como programação linear, PERT/CPM, Gráficos de Gantt e *softwares* como *Lindo* e *Solver*, sendo estas aplicadas em áreas como: logística, custos de transportes, localização de redes de distribuição, administração da produção, análises de investimentos, planejamento organizacional entre outras.

Para o estudo em questão, será testada a aplicação da Pesquisa Operacional para a resolução de problemas relacionados a transporte, onde será realizado um estudo de caso baseando-se no cenário atual da operação de um motorista autônomo de cargas, onde visa-se aprimorar a sua programação de rotas no tocante a tempos e distâncias.

## OBJETIVO

A partir da coleta de informações da roteirização realizada por um motorista autônomo, procura-se estudar a melhor rota e tempo para este motorista, entre a região de São Paulo e Guarulhos, de forma a comprovar que o uso das técnicas de pesquisa operacional podem ser direcionadas para otimizar não só grandes processos e também pequenas rotas de transportes.

## OBJETIVO ESPECÍFICO

O objetivo específico deste estudo é demonstrar que através da pesquisa operacional e programação linear, torna-se viável o uso de ferramentas específicas e de baixo custo para auxiliar pequenas empresas e motoristas autônomos a reduzirem o tempo e a distâncias de suas viagens, buscando diminuir custos de transportes, ou seja, combustível, melhorar o nível de serviço e atender o maior número de clientes de forma eficiente.

## JUSTIFICATIVA

Existem no mercado muitos aplicativos e softwares de roteirização que auxiliam as empresas e motoristas a optarem por rotas mais curtas e rápidas, pode-se destacar os softwares *RoadShow* e *TransCAD*, que são programas que solucionam diversos problemas e gerando um custo menor para um grau de eficiência elevado em suas entregas. Porém, estes softwares possuem um alto custo de implantação, atingindo assim apenas grandes empresas e operadores logísticos já consagrados no mercado, fazendo com que pequenas empresas e motoristas autônomos fiquem longe dessas ferramentas. Mediante tal problemática, gera-se a necessidade de se encontrar ferramentas específicas e de baixo custo para realizar a roteirização adequada ao plano de negócio do microempreendedor autônomo.

Um estudo da Fundação Dom Cabral, realizado em 2014, revela que “70% das empresas veem a necessidade de terceirizar suas frotas e serviços logísticos para redução de custos e melhorar a eficiência do processo de movimentação de cargas. No Brasil os gastos médios com transportes representam 11% do faturamento de uma empresa.”. Ainda de acordo com o estudo “os custos logísticos no Brasil consomem 11,19% da receita das empresas, que revelam ter um alto nível de dependência de rodovias (85,6%), máquinas e equipamentos (68,5%) e energia elétrica (66,7%)”.

## METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa deste estudo se baseará em um estudo de caso, através de informações coletadas do motorista autônomo e das possíveis rotas utilizadas por este no período das 10 horas às 16 horas. Segundo, (Araújo et al.,2008) “o estudo de caso trata-se de uma abordagem metodológica de investigação especialmente adequada quando procuramos compreender, explorar ou descrever acontecimentos e contextos complexos, nos quais estão simultaneamente envolvidos diversos fatores”.

Após a coleta de informações do profissional que será analisado, será realizada uma revisão bibliográfica, que busque elucidar o leitor a respeito do estado da arte do tema estudado, bem como realizar a análise documental de um *software* específico da aplicação e resolução do problema de transporte da Pesquisa Operacional.



## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### PESQUISA OPERACIONAL

A pesquisa operacional nos auxilia em resoluções de problemas e otimização de processos através de modelos matemáticos, desempenhando um planejamento estratégico competitivo, de forma que sua aplicação pode ocorrer através da programação linear, ferramenta que auxilia as empresas na busca de tempos e recursos visando sempre a redução de custos e melhores resultados, levando em consideração todas as restrições envolvidas no processo que será otimizado.

“Pesquisa operacional é a aplicação de métodos científicos a problemas, complexos para auxiliar no processo de decisões, tais como projetar, planejar e operar sistemas em situações que requerem alocações eficientes de recursos escassos.”(Arenales et al.,2007,prefácio).

Como apresentado anteriormente, a Pesquisa Operacional é capaz de resolver os mais variados tipos de problemas das mais variadas áreas de atuação. Para este estudo, haverá a aplicação em um problema de transporte, no tocante a otimização de rotas. Segundo (GOLDEN; BALL; BODIN, 1981) “Os problemas de roteirização de veículos (*Vehicle Routing Problems - VRPs*), que são de natureza combinatória, pertencem a uma categoria ampla de problemas de pesquisa operacional conhecida como problemas de otimização de rede. Nessa categoria encontram-se problemas clássicos, como problema de fluxo máximo, problema do caminho mínimo, problema de transporte, problema de designação”. Pode-se destacar que será aplicado o método de caminho mínimo (ou menor caminho), conforme apresentado anteriormente.

Para Carmo et al Enomoto (2005) “a solução otimizada em problemas de roteirização e programação de veículos pode diminuir bastante o custo de transporte, levando uma economia bastante significativa para a empresa distribuidora como para o consumidor final”.

A empresa tem como objetivo a otimização do processo geral de conversão de custos, para maximizar o aproveitamento dos recursos de transporte, identificando as melhores rotas que permitam redução do tempo e distância, ajudando na redução de gastos da transportadora, gerando uma relação lucrativa e proporcionando uma forte parceria com foco no atendimento aos clientes, por isso a necessidade da utilização desse instrumento. Para uma organização cumprir seus objetivos sempre existirá a dependência de pelo menos um fator estratégico interno e externo, assim a otimização do resultado se torna um fator de extrema importância.

### PROGRAMAÇÃO LINEAR

A programação linear é uma ferramenta de aplicação da pesquisa operacional, onde auxilia as empresas na busca de tempos e recursos, visando sempre a redução de custos e

melhores resultados, levando em consideração todas as restrições envolvidas no processo que será otimizado.

“A programação linear é um dos mais importantes instrumentos do campo de pesquisa operacional, é a área de conhecimento que fornece um conjunto de procedimentos voltados para tratar problemas que envolvem a escassez de recursos. São passíveis de solução com o emprego de PL o problema no qual se busca a melhor alocação de recursos, de forma a atingir determinado objetivo de otimização, atendendo as determinadas restrições. Essas limitações podem referir-se ao montante ou a forma de distribuição dos recursos.” (CORRAR; THEÓPHILO e BERGMANN et al.,2007)”.

Desta forma, vê-se que através de tal ferramenta busca-se a otimização do processo visando a redução de custos e gargalos de um determinado processo, de forma a maximizar o aproveitamento dos recursos, identificando as melhores práticas que permitem a redução de gastos.

“Programação linear é um aprimoramento da técnica de resolução de sistema de equações lineares via inversões sucessivas de matrizes, com a vantagem de incorporar uma equação linear adicional representativa relacionada com um comportamento que deve ser otimizado”. CAIXETA-FILHO (2004).

## **FUNÇÃO OBJETIVO**

A função objetivo utiliza-se das variáveis de decisão na sua formulação com intuito de formar o objetivo de maximização ou minimização do modelo. Na função objetiva as variáveis de decisão assumem incógnitas que são combinadas com quantidade de cada recurso, produto ou grandeza de processo.

Moreira (2011, p.10) afirma que “Durante a formulação do problema, a combinação de variáveis a que se chega é colocada na forma de uma expressão matemática, que recebe o nome de função objetivo.”.

Conforme Passos (2008, p.11) “Essa função mostra o que se quer otimizar, ou seja, como próprio nome diz, indica o objetivo que se quer atingir ( definição do objetivo: meta a atingir).Isto significa dizer que a função objetivo é composta pelas variáveis de decisão.”.

## **ROTEIRIZAÇÃO**

O roteiro para transporte de cargas é feito a partir de uma origem e destino, sendo necessário realizar uma série de análises para verificar a viabilidade e percurso devido às dimensões da carga, os locais de entregas e o tempo destinado para executar o serviço, o que implica diretamente no custo total.

De acordo com (Laporte et al. 2002) “o problema de roteirização de veículos consiste em definir roteiros de veículos que minimizem o custo total de atendimento, cada um dos

quais iniciando e terminando no depósito ou base dos veículos, assegurando que cada ponto seja visitado exatamente uma vez e a demanda em qualquer rota não exceda a capacidade do veículo que a atende”.

Através da roteirização, planejam-se as entregas de forma eficiente, com o objetivo de minimizar os custos com a escolha do melhor roteiro, dessa maneira, evitam-se atrasos, gerando um nível de serviço de qualidade, atendendo o cliente no horário previsto.

Alvarenga e Novaes (2000, p.183) conceituam roteirização como: “O processo de distribuição física de produtos incorpora, nas pontas, um roteiro de coleta e entrega em que o veículo visita certo número de clientes localizados numa determinada zona”.

Segundo Novaes a roteirização tem como objetivos principais “[...] propiciar um serviço de alto nível aos clientes, mas mantendo os custos operacionais e de capitais tão baixos quanto possível” (NOVAES (., p.283). Também abordando o tema, Bertaglia op.cit (2009) afirma que” a roteirização é complexa devido a diversas variáveis envolvidas no transporte, levando em consideração o tempo de entrega, a dimensão e peso da carga, números de clientes, tipo de veículo utilizado e restrições no trajeto a ser percorrido”.

Observa-se que os problemas relacionados à roteirização são de caráter complexo, principalmente devido aos diversos fatores que influem no processo como um todo, sendo assim necessária a aplicação de ferramentas robustas e confiáveis para a resolução dos problemas desta natureza.

## SOFTWARES DE ROTEIRIZAÇÃO

Os *softwares* roteirizadores desempenham um importante papel na otimização dos processos, reduzindo os custos, mas analisando e simulando estratégias de distribuição.

De acordo com Melo e Filho (2001) apud Enomoto (2007) sistemas de roteirização e programação de veículos, também conhecidos como roteirizadores, são sistemas computacionais que através de algoritmos, geralmente heurísticos, e uma apropriada base de dados, são capazes de obter soluções para os problemas de roteirização e programação de veículos com resultados satisfatórios, consumindo tempo e esforço de processamento pequeno, quando comparado aos gastos nos tradicionais métodos manuais.

Tais *softwares* são capazes de sugerir a seu usuário as melhores rotas possíveis para determinadas operações de transporte, considerando variáveis como distância, tempos, tráfego e até mesmo diversas outras questões geográficas e climáticas. Todavia, tais *softwares* possuem um alto custo de aquisição, inviabilizando a sua utilização para pequenos empreendedores do ramo de transporte.

Segundo Novaes (2007), hoje se dispõe, no mercado, de um número razoável de softwares de roteirização, que ajudam empresas a planejar e programar os serviços de distribuição física.

A aplicação da programação de rotas, além de alocar os recursos de maneira a se alcançar uma melhor eficiência do processo, permite às organizações que possuam vantagens competitivas frente ao mercado.

## SOFTWARE LINDO

A ferramenta de pesquisa operacional escolhida pelos autores para a aplicação desse estudo é o software LINDO (*Linear Interactive Discrete Optimizer*), que foi projetado para solucionar problemas lineares, quadráticos e de programação inteira, avaliar a adequação de resultados, fazer pequenas modificações nos dados ou parâmetros, e obter um ótimo resultado.

É considerado um software com maior facilidade e velocidade na sua utilização e uma das melhores ferramentas de resolução de modelos de otimização. O LINDO maximiza os lucros e minimiza os custos nos problemas constantes de uma empresa tais como, transportes e planejamento de produção, entre outros. Tem como qualidade um resultado confiável e aceitável em situações simples e complexas.

Como o objeto do estudo é o transporte, torna-se necessário entender o principal problema do mesmo. Um problema de transporte refere-se ao problema de distribuição de produtos, de um centro de produção até seu destino final, consistindo em otimizar o transporte, buscando o menor custo do transporte de forma a atender a demanda respeitando os limites de ofertas.

“O problema consiste em transportar o produto dos centros de produção aos mercados consumidores de modo que o custo total de transporte, seja o menor possível (ARENALES et al.,pág21,2007)”.

## APLICAÇÃO

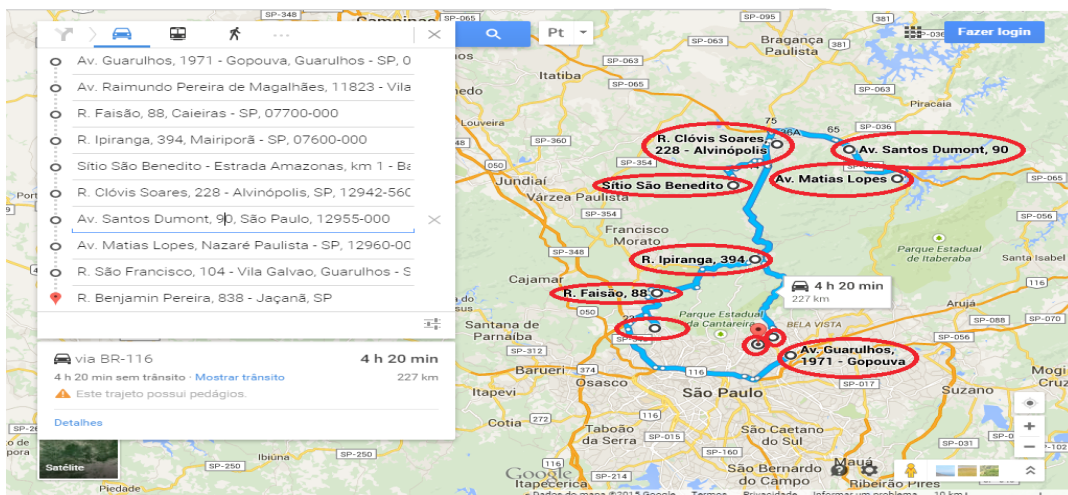
### DESCRIÇÃO DA ORGANIZAÇÃO ESTUDADA

Como estudo de caso, utilizou-se o caso prático de um motorista autônomo, que transporta materiais não perecíveis, nas regiões próximas da cidade de São Paulo, onde o objetivo é minimizar a distância e o tempo das entregas através de um problema de transporte de menor caminho.

Tal profissional programa suas rotas basicamente através do seu conhecimento empírico, adquiridos após anos realizando esta atividade na região metropolitana de São Paulo, de forma que como ferramenta de auxílio, o mesmo utiliza-se o aplicativo Google Maps, onde ele insere em tal ferramenta os endereços de entregas para que seja gerada uma rota lógica deste sistema. Cabe salientar que, mesmo o aplicativo gerando uma rota que retorne o menor tempo de percurso, ele não é um programa de roteirização, uma vez que ele gera uma rota de acordo com a ordem em que o usuário insere os endereços.

Um *software* roteirizador possui a capacidade de sugerir a alteração dos pontos de entrega (caso não exista nenhuma restrição) para que a operação de transporte alcance o melhor rendimento possível, sendo este também o princípio da aplicação da Pesquisa Operacional para a resolução de problemas de transportes.

Desta forma, foram coletados dados da operação de transporte deste motorista, referentes a uma rota específica, que possui 9 endereços fixos de entregas e uma única origem. Tal rota é realizada de 3 a 4 vezes por semana, representando esta grande parte do faturamento mensal do motorista. Na imagem 1, pode-se observar a rota realizada atualmente pelo motorista, e os seus respectivos tempos e distâncias de percurso.



**Figura 1.** Rota realizada pelo motorista autônomo apresentada no Google Maps.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se na imagem que, para a realização de tal operação, o motorista percorre em média 227km, levando um tempo total de percurso de 4 horas e 20 minutos (ou 260 minutos).

## ANÁLISE DOS DADOS

Como descrito anteriormente, a rota escolhida para estudo possui 10 pontos distintos, sendo um ponto de origem e 9 pontos fixos de entregas, todos na região metropolitana de São Paulo. Na tabela 1, podem-se observar as informações de tempos e distâncias entre os pontos, de maneira que se deve considerar o ponto (A) como origem, e os demais como os destinos (pontos de entregas).

Tais tempos foram selecionados seguindo o seguinte critério: Foram escolhidas as vias primárias e vias de acesso com os melhores tempos de percurso e com maior possibilidade de distância a ser percorrida, uma vez que a operação ocorre em perímetro urbano, com uma série de possibilidades de caminho a ser realizado, sendo muitas dessas inviáveis.

**Tabela 1**

Relação dos pontos da rota específica.

ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO(MIN)
(A)Gopoúva,Guarulhos	(B) Pirituba	37.1	33
(A)Gopoúva,Guarulhos	(C) Caieiras	42	39
(A)Gopoúva,Guarulhos	(D)Mairiporã	27.1	26
(A)Gopoúva,Guarulhos	(E) Vitória Régia, Atibaia	58.2	62
(A)Gopoúva,Guarulhos	(F)Alvinópolis, Atibaia	52.9	43
(A)Gopoúva,Guarulhos	(G)Bom Jesus dos Perdões	64.9	51
(A)Gopoúva,Guarulhos	(H)Nazaré Paulista	57.6	60
(A)Gopoúva,Guarulhos	(I)Vila Galvão, Guarulhos	6.4	12
(A)Gopoúva,Guarulhos	(J)Jaçanã, São Paulo	7.3	12
(B) Pirituba	(C) Caieiras	11.5	17
(B) Pirituba	(D)Mairiporã	28.1	38
(B) Pirituba	(E) Vitória Régia, Atibaia	62.1	82
(B) Pirituba	(F)Alvinópolis, Atibaia	56.7	63
(B) Pirituba	(G)Bom Jesus dos Perdões	68.7	71
(B) Pirituba	(H)Nazaré Paulista	61.2	79
(B) Pirituba	(I)Vila Galvão, Guarulhos	35	40
(B) Pirituba	(J)Jaçanã, São Paulo	26.5	42
(C) Caieiras	(D)Mairiporã	21.1	27
(C) Caieiras	(E) Vitória Régia, Atibaia	55	71
(C) Caieiras	(F)Alvinópolis, Atibaia	49.7	52
(C) Caieiras	(G)Bom Jesus dos Perdões	61.7	60
(C) Caieiras	(H)Nazaré Paulista	54.3	68
(C) Caieiras	(I)Vila Galvão, Guarulhos	41.7	48
(C) Caieiras	(J)Jaçanã, São Paulo	44.2	49
(D)Mairiporã	(E) Vitória Régia, Atibaia	34	44
(D)Mairiporã	(F)Alvinópolis, Atibaia	28.7	25
(D)Mairiporã	(G)Bom Jesus dos Perdões	40.7	33
(D)Mairiporã	(H)Nazaré Paulista	33.3	41
(D)Mairiporã	(I)Vila Galvão, Guarulhos	20.9	22
(D)Mairiporã	(J)Jaçanã, São Paulo	23.3	22
(E)Vitória Régia, Atibaia	(F)Alvinópolis, Atibaia	15.4	33
(E)Vitória Régia, Atibaia	(G)Bom Jesus dos Perdões	30.4	41
(E)Vitória Régia, Atibaia	(H)Nazaré Paulista	42.7	46
(E)Vitória Régia, Atibaia	(I)Vila Galvão, Guarulhos	52.8	59
(E)Vitória Régia, Atibaia	(J)Jaçanã, São Paulo	55.2	60
(F)Alvinópolis, Atibaia	(G)Bom Jesus dos Perdões	15.4	16
(F)Alvinópolis, Atibaia	(H)Nazaré Paulista	27.8	21
(F)Alvinópolis, Atibaia	(I)Vila Galvão, Guarulhos	48.3	42
(F)Alvinópolis, Atibaia	(J)Jaçanã, São Paulo	50.8	43
(G)Bom Jesus dos Perdões	(H)Nazaré Paulista	12.8	11

ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO(MIN)
(G)Bom Jesus dos Perdões	(I)Vila Galvão, Guarulhos	60.9	50
(G)Bom Jesus dos Perdões	(J)Jaçanã, São Paulo	63.3	50
(H)Nazaré Paulista	(I)Vila Galvão, Guarulhos	72.9	55
(H)Nazaré Paulista	(J)Jaçanã, São Paulo	72.7	55
(I)Vila Galvão, Guarulhos	(J)Jaçanã, São Paulo	2.8	7
(J)Jaçanã, São Paulo	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a coleta das informações dos destinos, buscaram-se as informações de tempo e distâncias entre o ponto de partida “(A) Gopoúva, Guarulhos” e cada um dos destinos, e também incluíram as informações dos tempos e distâncias entre os pontos de entrega, a fim de ter as informações necessárias para a modelagem de um problema de menor caminho para otimizar o percurso.

Utilizando a técnica de modelagem de menor caminho chegou-se aos modelos matemáticos abaixo.

## MODELO PROBLEMÁTICO NO LINDO

### Matriz de distância

Para melhor entendimento das distâncias e maior assertividade na realização da modelagem matemática, realizou-se uma matriz contendo todas as informações pertinentes às distâncias entre os pontos. Na tabela 2, agrupou-se os dados coletados de distância para obter uma melhor visualização e com isso a modelagem da função objetiva, de forma simples para que seja aplicado no *software* LINDO.

Tabela 2

Matriz de distâncias.

ORIGEM / DESTINO	DISTÂNCIA (KM)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	X	34,1	42	27,1	58,2	52,9	64,9	57,6	6,4	7,3
B	X	X	11,5	28,1	62,1	56,7	68,7	61,2	35	26,5
C	X	X	X	21,1	55	49,7	61,7	54,3	41,7	44,2
D	X	X	X	X	34	28,7	40,7	33,3	20,9	23,3
E	X	X	X	X	X	15,4	30,4	42,7	52,8	55,2
F	X	X	X	X	X	X	15,4	27,8	48,3	50,8
G	X	X	X	X	X	X	X	12,8	60,9	63,3
H	X	X	X	X	X	X	X	X	72,9	72,7
I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2,8
J	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pelos autores.

## Função objetiva para o cálculo da menor distância a ser percorrida:

Com as informações demonstradas, foi elaborada a função objetivo para menor caminho que pode ser representada através da equação a baixo:

$$Z = \sum_{i,j} (d_{ij} * v_{ij})$$

Aplicou-se o modelo anterior no software LINDO, que retornou os resultados obtidos. Para a leitura do relatório, deve-se estar atento aos seguintes pontos: quando o campo VALUE for igual a 1 é o caminho no qual o veículo deve passar em seu trajeto. Por exemplo, no caminho “XAB”, a letra inicial é o ponto de partida e a letra final o ponto de destino, ou seja, “XAB” representa que o veículo está saindo do ponto A e dirigindo-se ao posto B, e assim sucessivamente. O campo “OBJECTIVE FUNCTION VALUE” refere-se a distância total que foi percorrida, sendo a solução ótima para o modelo encontrada pelo LINDO.

## Relatório de distância e quilometragem:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14  
 OBJECTIVE VALUE = 223.000000  
 FIX ALL VARS. ( 23) WITH RC > 11.6000  
 NEW INTEGER SOLUTION OF 223.000000 AT BRANCH 0 PIVOT 14  
 BOUND ON OPTIMUM: 223.0000  
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 14  
 LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND  
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE  
 1) 223.0000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST	ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
XAB	1.000000	37.099998	2)	0.000000	0.000000
XAC	0.000000	42.000000	3)	0.000000	0.000000
XAD	0.000000	27.100000	4)	0.000000	0.000000
XAE	0.000000	58.200001	5)	0.000000	0.000000
XAF	0.000000	52.900002	6)	0.000000	0.000000
XAG	0.000000	64.900002	7)	0.000000	0.000000
XAH	0.000000	57.599998	8)	0.000000	0.000000
XAI	0.000000	6.400000	9)	0.000000	0.000000
XAJ	0.000000	7.300000	10)	0.000000	0.000000
XBC	1.000000	11.500000	11)	0.000000	0.000000
XBD	0.000000	28.100000	12)	0.000000	0.000000
XBE	0.000000	62.099998	13)	0.000000	0.000000
XBF	0.000000	56.700001	14)	0.000000	0.000000
XBG	0.000000	68.699997	15)	0.000000	0.000000
XBH	0.000000	61.200001	16)	0.000000	0.000000
XBI	0.000000	35.000000	17)	0.000000	0.000000
XBJ	0.000000	26.500000	18)	0.000000	0.000000
XCD	1.000000	21.100000	19)	0.000000	0.000000
XCE	0.000000	55.000000			
XCF	0.000000	49.700001			
XCG	0.000000	61.700001			
XCH	0.000000	54.299999			
XCI	0.000000	41.700001			
XCJ	0.000000	44.200001			
XDE	1.000000	34.000000			
XDF	0.000000	28.700001			
XDG	0.000000	40.700001			
XDH	0.000000	33.299999			
XDI	0.000000	20.900000			

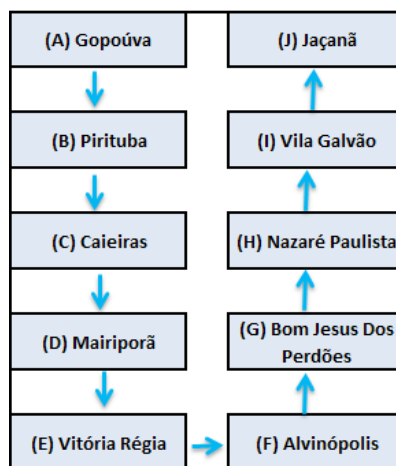
NO. ITERATIONS= 14  
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Figura 2. Relatório de Otimização da Distância no Software Lindo.

Fonte: Elaborado pelos autores

Com base nos cálculos desenvolvidos, a solução ótima para a operação apresentada, no tocante ao trajeto com menor distância pode ser demonstrada através de a imagem a seguir, na qual se consegue atingir uma rota com total de 223 km a serem percorridos.





**Figura 3.** Rota sugerida pela otimização da distância.

Fonte: (Autores, 2015)

Foi elaborado também o modelo matemático para se descobrir qual rota oferece o trajeto a ser percorrido mais rápido.

## Matriz tempo

Os dados na tabela 3 matriz tempo, tiveram a mesma função da tabela 2 matriz distância, somente com a diferença que os dados utilizados foram de tempo em minutos.

**Tabela 3**

Matriz dos tempos.

ORIGEM/ DESTINO	TEMPO EM MINUTOS									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	X	33	39	26	62	43	51	60	12	12
B	X	X	17	38	82	63	71	79	40	42
C	X	X	X	27	71	52	60	68	48	49
D	X	X	X	X	44	25	33	41	22	22
E	X	X	X	X	X	33	41	46	59	60
F	X	X	X	X	X	X	16	21	42	43
G	X	X	X	X	X	X	X	11	50	50
H	X	X	X	X	X	X	X	X	55	55
I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	7
J	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa forma, a mesma equação representada acima foi utilizada para essa função para encontrar o menor tempo percorrido.

## Relatório de tempo em minutos:

Report

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 12  
 OBJECTIVE VALUE = 243.000000

FIX ALL VARS. ( 21) WITH RC > 13.0000

NEW INTEGER SOLUTION OF 243.000000 AT BRANCH 0 PIVOT 12  
 BOUND ON OPTIMUM: 243.0000  
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 12

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND  
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 243.0000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
XAB	1.000000	33.000000
XAC	0.000000	39.000000
XAD	0.000000	26.000000
XAE	0.000000	62.000000
XAF	0.000000	43.000000
XAG	0.000000	51.000000
XAH	0.000000	60.000000
XAI	0.000000	12.000000
XAJ	0.000000	12.000000
XBC	1.000000	17.000000
XBD	0.000000	38.000000
XBE	0.000000	82.000000
XBF	0.000000	63.000000
XBG	0.000000	71.000000
XBH	0.000000	79.000000
XBI	0.000000	40.000000
XBJ	0.000000	42.000000
XCD	1.000000	27.000000
XCE	0.000000	71.000000
XCF	0.000000	52.000000
XCG	0.000000	60.000000
XCH	0.000000	68.000000
XCI	0.000000	48.000000
XCJ	0.000000	49.000000
XDE	1.000000	44.000000
XDF	0.000000	25.000000
XDG	0.000000	33.000000
XDH	0.000000	41.000000
XDI	0.000000	22.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 12  
 BRANCHES= 0 DETERM. = 1.000E 0

Figura 4. Relatório de Otimização do Tempo de Percurso no Lindo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observando o relatório acima, atingiu-se um tempo otimizado com um total de 243 minutos, ou seja, 4 horas e 3 minutos para realizar o trajeto da origem destino.

## ANÁLISE DO RESULTADO

O relatório gerado pelo software Lindo mostrou que a solução ótima para a distância seria 223 km e para o tempo 4h03 minutos ou 243 minutos. O Google maps, ferramenta utilizado pelo motorista autônomo para a roteirização, constatou que a distância de suas entregas foram de 227 km e de tempo 4h20 ou 260 minutos.

Neste caso utiliza-se a regra de três para encontrar a eficiência do trajeto de tempo e distância, proposto pelo software Lindo.

## CONCLUSÃO

Esse estudo procurou levantar a viabilidade de se aplicar técnicas de pesquisa operacional para a otimização de pequenas rotas de um motorista autônomo. O estudo foi

embasado por revisão de bibliografia, onde foram definidas pesquisa operacional, programação linear e o funcionamento do software LINDO, que são os tópicos chave do estudo.

A pesquisa de campo foi realizada de forma a se obter dados claros e objetivos sobre como um motorista autônomo que opera sozinho estabelece suas rotas. Coletaram-se dados sobre uma viagem que o motorista fez, onde o mesmo estabeleceu sua rota de acordo com seu conhecimento empírico e com um auxílio do Google Maps.

O ponto A (Gopoúva, Guarulhos) é o ponto de partida do motorista, que nesse caso foi o ponto de coleta do material que ele iria transportar (uma vez que ele só faz a operação de distribuição). Os demais pontos são todos lugares onde devem ser realizadas as entregas. De acordo com o Google Maps, foi constatado que o veículo após realizar suas entregas nos endereços da Tabela 1, havia percorrido 227 km em 4h e 20 min em seu trajeto.

Nesse caso, o motorista não colocou os endereços em nenhuma ordem lógica, simplesmente inseriu os dados na ferramenta do Google e seguiu a orientação que ela retornou. Na Tabela 1 encontram-se os pontos onde o motorista faz todos os dias em suas entregas.

Aplicou-se a técnica de pesquisa operacional e programação linear, modelou-se os dados de acordo com os modelos de menor caminho e, posteriormente, testou-se o modelo no LINDO, que encontrou uma solução ótima para a problemática apresentada.

Para aplicar o problema através da programação linear e do LINDO, foram necessários desenvolver dois modelos matemáticos, sendo o primeiro para se descobrir qual o melhor trajeto considerando a menor distância a ser percorrida e o segundo considerando o tempo mais rápido para realizar a operação. Com a solução ótima do primeiro modelo matemático, gerada através do LINDO, obteve-se uma redução na distância percorrida em aproximadamente 1,77%. A comprovação de que a melhor rota a ser seguida surgiu através da solução do segundo modelo matemático, que comprovou que a rota mais rápida é a que foi encontrada no primeiro modelo, gerando esta uma economia de 6,54% do tempo gasto inicialmente.

Os resultados atingidos pelo estudo foram coincidentemente parecidos com a rota optada pelo motorista, que por anos de trabalho, adquiriu através do conhecimento empírico, os menores caminhos para a realização de suas tarefas. O estudo consistiu em demonstrar que a aplicação da pesquisa operacional e programação linear por meio de um software específico de baixo custo são capazes de solucionar os modelos matemáticos propostos de forma viável e deve ser considerado sempre que possível.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, ANTONIO C.; NOVAES, ANTONIO G. Logística aplicada. Suprimento e distribuição física. 3. ed. São Paulo: Blücher, 2000.

- ARAÚJO, CIDÁLIA et al. Estudo de Caso. Métodos de Investigação em Educação. Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, 2008.
- ARENALES, MARCOS; ARMENTANO, VINÍCIUS; MORABITO, REINALDO; YANASSE, HORACIO; Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia; Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BERTAGLIA, PAULO R.. Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.
- CAIXETA-FILHO, JOSÉ VICENTE. Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais. São Paulo: Atlas, 2004.
- CORRAR, LUIZ J.; THEÓPHILO, CARLOS RENATO; BERGMANN, DANIEL REED. Pesquisa Operacional para decisão em contabilidade e administração. São Paulo: Atlas, 2007.
- ENOMOTO, LEANDRO MINORU. Análise da Distribuição Física e Roteirização de um Atacadista do Sul de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá. 2005.
- FUNDAÇÃO DOM CABRAL, 2014. Infraestrutura inadequada, corrupção e impostos minam a competitividade logística do Brasil. Disponível em <<http://www.fdc.org.br/blogespacodialogo/Lists/Postagens/Post.aspx?ID=379>>. Acesso em: 08 de Maio. 2015.
- GOLDEN, B.; BALL, M.; BODIN, L. Current and future research directions in network optimization. Computers & Operations Research, v.8, n.2, p. 71-81, 1981.
- LAPORTE, G.; M, GENDREAU; J.Y. P. F. SEMET. Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem, International Transactions in Operational Research , v.7, n4/5, pp. 285-300, 2002.
- MOREIRA, D.A. Pesquisa Operacional: Curso Introductório. São Paulo: Thomson Learning, 2010.
- NOVAES, ANTONIO GALVÃO. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. 3º Ed. Rio de Janeiro. Elsevier. 2007.
- PASSOS, E.J. Programação Linear como Instrumento da Pesquisa Operacional. São Paulo: Atlas, 2008.

**Recebido em: 05/11/2016**

**Aceito para publicação em: 06/04/2017**

# SUSTENTABILIDADE EM EMPRESAS DE ALIMENTOS: MULTICASOS

Renata Elaine Bassi<sup>1</sup>  
Marcos José Correa Bueno <sup>1</sup>  
Celso Jacobavicius <sup>1</sup>

## RESUMO

A preocupação com o Meio Ambiente é um assunto recente, onde após a Eco/92, países de quase todo o mundo começaram a repensar seu processo de produção, com a finalidade de diminuir a emissão de gases no efeito estufa. O problema das indústrias na atualidade é adaptar-se a projetos sustentáveis, além de se tornarem competitivas, seja no processo de produção, nas embalagens ou mesmo no transporte. O presente trabalho tem como objetivo analisar as práticas sustentáveis implantadas pelas empresas Aurora Alimentos e BRF S.A. Trazer de volta da cadeia produtiva os efluentes que seriam depositados no meio ambiente é uma forma de redução de custos, mas principalmente a preocupação com uma produção sustentável. Sendo que o essencial para que essa logística reversa funcione perfeitamente tem de haver conscientização não só das empresas, mas é essencial que toda a sociedade esteja comprometida com a preservação do Meio Ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade; Triple Botton Line; Cinco R's; Logística; Meio Ambiente.

## SUSTAINABILITY IN FOOD COMPANIES: MULTICASES

### ABSTRACT

Concern for the environment is a recent issue where after Eco / 92 countries from almost all over the world began to rethink their production process, in order to reduce the emission of gases in the greenhouse. The problem of the industry today is to adapt to sustainable projects, and become competitive, either in the production process, packaging or transportation. This study aims to analyze the sustainable practices implemented by companies Aurora Alimentos SA and BRF Bring back the production chain effluents that would be deposited in the environment is a form of cost reduction , but mainly concern with sustainable production. Since the key to that reverse logistics run smoothly there has to be aware not only of companies, but it is essential that all of society is committed to the preservation of the environment.

**KEY WORDS:** Sustainability; Triple Bottom Line; Five R's; Logistics; Environment.

## INTRODUÇÃO

Até pouco tempo atrás os problemas ambientais eram restringidos a ecologistas. No começo se tinha uma noção dos efeitos ambientais pudesse causar em determinadas atividades, mas hoje praticamente toda a humanidade se identifica a gravidade da crise ambiental.

---

<sup>1</sup> Faculdade de Tecnologia de São Paulo - FATEC ZL. **E-mail:** renataelaine@hotmail.com

Com o crescimento da população, o consumismo desnecessário, o sistema capitalista, a distribuição irregular de riqueza entre países e de populações são causas que podem ser mencionadas como degradação ao meio ambiente.

Para tentar mudar esse cenário, em 1992 quase todos os países do mundo participaram da ECO92, onde foi firmado um acordo onde se comprometiam com a estabilização da concentração de gases responsáveis pelo efeito estufa, no entanto não foram definidas metas para redução. Esse acordo sofre revisões periódicas, sendo a mais apreciada o Protocolo de Quioto anunciado em 1997.

A partir daí as indústrias tiveram que se adaptar ao novo processo de produção que visa o melhor aproveitamento de matéria-prima e a diminuição de resíduos durante o processo produtivo, com isso preservando o impacto da extração desnecessária ao meio ambiente.

A presente pesquisa pretende abordar como a preservação do meio ambiente, conscientização sobre a sustentabilidade e mudanças nas embalagens pode estar presente no processo produtivo de duas indústrias líderes no mercado alimentício.

## REFERÊNCIAL TEÓRICO

### SUSTENTABILIDADE

De acordo com Oliveira, Medeiros, Terras e Quelhas (2012) o termo sustentabilidade surgiu em 1987 onde foi apresentado oficialmente na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) da ONU, definida como a capacidade de presente sem comprometer as próximas gerações de atender suas necessidades.

Para Paz (2014) sustentabilidade vem do latim “*sustentare*” que significa sustentar, suportar, conservar em bom estado, manter, resistir. Portanto, sustentável é tudo aquilo que é capaz de ser suportado, mantido.

A amplitude do termo sustentabilidade vai além de não degenerar o ambiente, inserindo questões de qualidade de vida, competitividade empresarial, resultados positivos, tecnologias limpas, utilização racional dos recursos, responsabilidade social, entre outro (Silva, 2012).

Ainda de acordo com o autor a sustentabilidade ganha ênfase devido a crescente conscientização da necessidade de evolução nas condições ambientais, econômicas e sociais, de forma a aumentar qualidade de vida de toda a sociedade, resguardando o meio ambiente.

A base do desenvolvimento sustentável é aquele que abrange as necessidades atuais sem se comprometer com o futuro.

Para Donato (2008) o desenvolvimento sustentável busca a conciliação entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental, a fim de contribuir com o fim da pobreza por meio de uma distribuição mais adequada das riquezas.

Para Keinert (2007) as organizações sustentáveis utilizam da inovação para reinventar e colocar em prática novas ideias para superar a imagem de organizações predadoras distintas do século XX, através de melhorias no processo de produção, o uso de novas tecnologias, a logística, a reciclagem de resíduos, desenvolvimento de produtos que consomem menos matérias-primas, levando a uma produção mais eficiente e limpa.

Conforme Almeida (2002) no mundo sustentável, uma atividade não pode ser pensada ou praticada em separado, tudo tem que estar inter-relacionado, em permanente diálogo.

Ainda de acordo com o autor do ponto de vista de sustentabilidade, a competição e o surgimento de um novo segmento de consumo forçaram o desenvolvimento de produtos ambientalmente mais adequados e a desconcentrar produção, marketing e distribuição.

As empresas de logísticas que querem assumir um desenvolvimento logístico sustentável devem utilizar em suas operações medidas de gestão destinadas a minimizar e a controlar os Impactos Ambientais provocados por suas atividades (Donato, 2008).

## TRIPLE BOTTOM LINE

De acordo com Oliveira *et.al.* (2012) o conceito *triple bottom line* (TBL) surgiu do estudo inglês renomado por 3P (People, Planet e Profit) no português seria PPL (Pessoas, Planeta e Lucro).

Segundo Hart e Milstein (2004 *apud* Keinert 2007) *triple bottom-line* é a ideia de que uma organização sustentável também engaje ações sociais e zele o meio ambiente, além de gerar resultados econômico-financeiros.

Segundo Isenmann *et. al.* (2007 *apud* Oliveira *et.al.* 2012) o TBL ganhou destaque nas discussões devido ao fato de criar um modelo que intitularia as discussões sobre o tema, tornando mais atrativo o tema para as organizações que ainda não haviam se sensibilizado. Por isso, muitas organizações passaram a relatar seus desempenhos econômicos, ambiental e social e suas inter-relações.

Para Slack, Chambers e Johnston (2009) a gestão ambiental tem impactação estratégica em qualquer negócio, tanto em termos de riscos ambientais e de importância, como em termos de eliminação de custos.

Segundo Keinert (2007) para que um sistema de Gestão Ambiental seja eficaz, é necessário que haja mudanças nos hábitos e comportamentos das pessoas através da educação. Neste cenário, iniciou o termo “Educação Ambiental” como maneira de inserir na sociedade as práticas ambientais por meio da educação.

Através da educação ambiental que as empresas socialmente responsáveis devem direcionar seus investimentos. Para a empresa ser cada vez mais produtiva, ela tem que estar ciente que será através de um programa de educação socioambiental que o lucro será conquistado em equilíbrio com o meio ambiente (Donato, 2008).

De acordo com Keinert (2007) todos os setores e funcionários devem estar comprometidos com a importância de cumprir metas e objetivos relacionados com a política de Gestão Ambiental que é reduzir a geração de resíduos, evitar a poluição sobre todas as formas, utilizar produtos que poluam menos, economizar água e energia, prevenir impactos ambientais e o reaproveitamento de resíduos.

Para Claro, Claro e Amâncio (2008) a preocupação de muitas organizações com o problema da poluição tem feito com que elas reavaliem o processo produtivo buscando a obtenção de tecnologias limpas e o reaproveitamento de resíduos.

De acordo com Almeida (2002) é essencial avaliar todas as áreas da empresa, medir a sustentabilidade, adotar indicadores e apresentar relatórios destinados aos tomadores de decisão da organização.

Segundo Ballou (2006) a implementação e a avaliação desse plano é um mecanismo formal ou informal para a aplicação dos recursos humanos da empresa à concretização de suas metas.

Para Slack *et.al.* (2009) a elaboração do relatório ambiental proporciona a empresa a ser mais analítica e disciplinada em seus processos, provocando oportunidades de reduzir custos e melhorar o processo dentro da operação.

## A POLÍTICA DOS CINCO R'S

Somente uma parte do problema ambiental pode se considerar a coleta, o tratamento e a destinação dos resíduos sólidos, a extração de resíduos naturais é considerada uma parte impactante ao meio ambiente.

De acordo com Ministério do Meio Ambiente (2016) a política dos cinco R's: Reduzir, Repensar, Reaproveitar, Reciclar e Recusar consumir produtos que gerem impactos socioambientais deve privilegiar a redução e o reaproveitamento dos materiais à sua reciclagem.

A política dos cinco R's faz parte de um processo de mudança de valores, práticas, a fim de reduzir o consumo exagerado e o desperdício. Esses valores estão voltados tanto para a sociedade como um todo, como também para as indústrias.

Com a valorização da reciclagem, as indústrias vêm se adaptando a esse novo processo de reduzir os resíduos na sua produção, como também a reutilização de possíveis resíduos utilizados no processo.



## CERTIFICAÇÃO

Para Almeida (2002) o sistema de certificação ambiental aplicável a todos os setores é a série de normas ISO 14000, desenvolvida pela *International Standardization Organization* (ISO), uma organização não governamental com sede na Genebra, criada em 1947 para ser o fórum internacional de normalização. Sua função é conciliar as agências nacionais, como a brasileira ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

De acordo com Mendes (2002) as definições sobre os procedimentos de gestão ambiental foram padronizados em nível mundial através dessa certificação, sendo representada por 95% da produção industrial do mundo.

## A LOGÍSTICA E O MEIO AMBIENTE

A logística e a sustentabilidade propõe um novo conceito de gestão, levando em consideração os impactos do produto pode causar sobre o meio ambiente, com isso desenvolver um planejamento de ciclo do produto, observando o impacto ambiental, sociais e econômicos.

A Gestão socioambiental da logística é o conjunto de técnicas administrativas com fundamento de desenvolver ações corretivas, preventivas ou de melhor uso de elementos, capaz de criar valor a produtos, serviços e organizações. Este processo se dá em longo prazo, a fim de aproveitar as oportunidades e gerenciar os riscos associados a fatores econômicos, ambientais e sociais (Donato, 2008).

Ainda de acordo com o autor, a modernização da empresa deve tender a adoção de tecnologias limpas, devendo investir em sistema de controle de emissões hídricas e atmosféricas como também no controle de geração de resíduos sólidos, além do monitoramento constante nos processos.

De acordo com Mendes (2002) eliminar os custos com os desperdícios e desenvolver tecnologias limpas e baratas, reciclar insumos não são apenas princípios de gestão ambiental, mas condições de sobrevivência das empresas.

Segundo Donato (2008) durante a atividade logística é gerados alguns resíduos que necessitam de um descarte adequado. Essas áreas de descarte devem ser monitoradas, assegurando a não contaminação do solo e lençóis freáticos. A destinação de resíduos sólidos deve ser feita por empresa especializada e licenciada por órgão ambiental encaminhando esses resíduos principalmente para reciclagem.

A redução da poluição ambiental é um propósito mundial. De acordo com Ballou (2006) o aumento da população e o desenvolvimento econômico evidenciam uma conscientização quanto à importância das questões ambientais. Seja em reciclagem, embalagem de materiais, transporte de materiais perigosos, sempre há profissional de logística envolvido.

A nova visão da sociedade referente às questões ambientais constata uma maior sensibilidade ecológica nos consumidores o que modifica os padrões de competitividade de serviços ao cliente o que induz o surgimento da logística reversa (Guarnieri, 2011).

De acordo com Leite (2009) a logística reversa planeja e controla o retorno dos produtos ao processo produtivo, agregando valores econômicos e prestação de serviços ecológicos.

Para Moreira (2015) As cadeias de suprimentos precisam prestar mais atenção com os descartes dos resíduos de produtos e embalagens, bem como o desenvolvimento de meios para tornar mais econômicos e interessantes os programas de reciclagem.

Segundo Almeida (2002) a análise do ciclo de vida é uma técnica para verificação dos impactos ambientais de um produto desde sua criação até o final, passando pela obtenção de matéria-prima, embalagem, transportes, sua utilização, reutilização e a reciclagem.

A ecoficiência, uma filosofia de gestão empresarial que induz a gestão ambiental, exige que as empresas projetem estratégias de gestão ambiental preventiva, que incorpore aspectos ambientais ao ciclo de vida de seus produtos e serviços. Tornando-as mais competitivas, inovadoras e ambientalmente responsáveis (Almeida, 2002).

## ESTUDO DE MULTICASOS

### AURORA ALIMENTOS

A Aurora Alimentos foi fundada no ano de 1969, suas ações têm sido baseadas no tripé da sustentabilidade: preocupação com o resultado econômico para todos os envolvidos, o cuidado com o meio ambiente e as pessoas que compreende o sistema. Sendo a 3º empresa produtora de alimentos do setor de aves e suínos, onde engloba a família de produtos das marcas: Aurora, Nobre, Peperi e Aurolat.

A empresa possui treze cooperativas filiadas ao sistema Aurora, em 2015, juntas elas possuíam 35.762 empregados, 70.700 associados, com uma receita bruta de R\$ 16.558.443.120,00.

A Aurora Alimentos foi responsável pelo embarque do primeiro contêiner de carne suína do Brasil para os Estados Unidos em 2014.

Desde 2008 iniciou-se o processo de classificação do tipo de pavimentação das estradas, com esse procedimento técnico deu maior integridade ao processo logístico da empresa, onde se demonstra pioneira no desenvolvimento e melhoria do processo logístico de distribuição.

Para driblar os impactos estruturais das rodovias e diminuir os custos com as transferências dos produtos para as regiões norte e nordeste do país, foram reduzidos 35% dos custos logísticos com a utilização da cabotagem no transporte de cargas.

A Aurora Alimentos é movimentada por uma matriz energética limpa, a biomassa e a hidrelétrica. A biomassa é utilizada na geração de vapor e consumida principalmente e forma de lenha, proveniente de florestas próprias plantadas, arrendadas e adquiridas de terceiros. Em 2014, possuía uma área de 2.999,90 ha, com área de plantio efetivo equivalente a 1.705,75 ha. Em 2015, 805 toneladas de papelão ondulado deixaram de ser consumido devido à otimização do dimensionamento das caixas, isso significou uma redução de 2,5% do volume total de papelão consumido. Sendo que 54% do papelão consumido nas caixas são provenientes de material reciclado, assim como o plástico incolhível 100 toneladas ou 40% do total.

A água utilizada em todo o processo, 87% é proveniente de fontes superficiais e 13% subterrâneas. Em 2014, a Aurora reutilizava 8% da água em suas operações, em 2015, atingiu 12% da reutilização e reciclagem da água, sendo que 86% da água consumida são devolvidas ao corpo hídrico. O efluente é tratado nas plantas industriais através de processos físicos, químicos e biológicos para a diminuição da carga orgânica e atendimento aos padrões da legislação. Conforme a figura 1, o frigorífico no Mato Grosso do Sul possui o programa de fertirrigação, com distribuição do efluente tratado nas áreas de reflorestamento próprias da empresa.



**Figura 1.** Frigorífico Aura de São Gabriel do Oeste  
Fonte: Aurora Alimentos. Relatório Anual (2015).

Os resíduos secos e orgânicos do processo são incorporados ao solo agrícola dos cooperados das filiadas como fertilizante natural, causando um impacto positivo ao ciclo de vida do produto. Os *pallets* residuais são transformados em mesas e bancos e doados para escolas municipais de Santa Catarina.

Em 2014 foram investidos 32 milhões e em 2015 foram 27 milhões de reais investidos no meio ambiente e reflorestamento.

A Aurora Alimentos possui o programa A Turminha da Reciclagem, atende escolas municipais, estaduais e particulares, desde a pré-escola até universidades em ações e exposições voltadas à área ambiental. O intuito é orientar o público sobre os aspectos relacionados à sustentabilidade, como consumo consciente, descarte adequado de resíduos, separação de materiais, reutilização e coleta seletiva.

## BRF S.A.

A BRF S.A. é uma empresa de alimentos sediada no Brasil, ocupa a terceira posição mundial no abate de aves. Entre as marcas consagradas no Brasil e no exterior está Sadia, Perdigão, Qualy, Chester.

A empresa possui 35 fábricas e mais de 20 centros logísticos no Brasil. No exterior são 13 indústrias. No total possui 105.733 colaboradores. Atende mais de 120 países, produzindo mais de cinco milhões de toneladas de alimentos, contando com mais de 378 fornecedores.

Há 11 anos compõe o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) da Bm&bovespa, sendo que há quatro anos consecutivos integra a carteira de mercados emergentes do *Dow Jones Sustainability Index (DJSI)*, lançado em 1999 e até hoje é referência internacional para investidores interessados em empresas que prezam pelas melhores práticas dentre elas a eficiência ambiental.

Com o compromisso da conservação ambiental e a melhoria contínua nos processos, em 2015 a empresa investiu mais de R\$ 324 milhões nas operações do Brasil, Argentina e do Oriente Médio. A fim de elevar a capacidade de investimentos em ações ambientais, foi emitidos *green bonds* destinados a financiar projetos verdes em nossas divisões e operações de negócios.

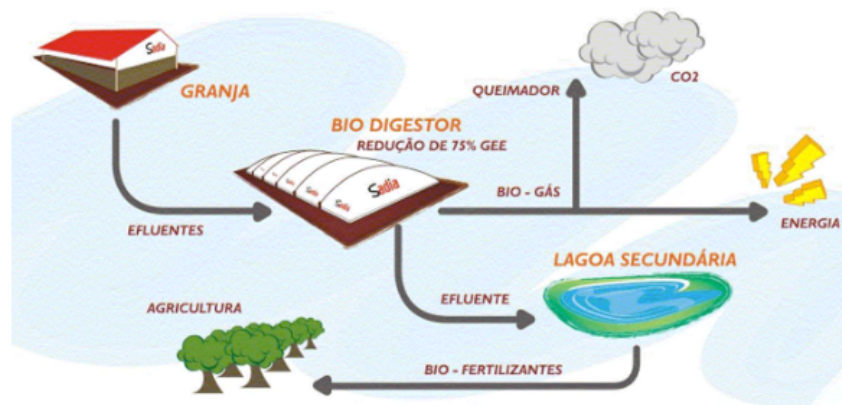
Esses projetos poderão ter foco em: eficiência energética, energia renovável, florestas sustentáveis, redução de emissão de gases de efeito estufa, gestão da água, embalagens, redução do uso de matéria-prima ou gestão de resíduos. Nos próximos sete anos serão mais de 500 milhões de euros em recursos para aplicação em investimentos ambientais.

A falta de água pode afetar significativamente os processos produtivos e os resultados financeiros da empresa. Em 2015, o total de água de reuso direto e indireto somou 3.259.361,03 m<sup>3</sup> e registrou-se um índice de recirculação de 24,98%.

Do tratamento da água gera-se o lodo, onde esse subproduto é utilizado praticamente em 100% como mistura para combustível das caldeiras, deixando de ser um resíduo. Outros resíduos têm como a disposição final a compostagem, transformando resíduos em fertilizantes orgânicos. Não existem dados na empresa que permitam avaliar, mas só o fato de um subproduto ser reutilizado já representa um avanço para empresa.

De acordo com Dalmazo (2008) o Programa Suinocultura Sustentável Sadia (3S), foi criado com o objetivo de promover a sustentabilidade entre os produtores suínos, por venda de créditos de carbono com a redução de emissão de gases que causam o efeito estufa.

De acordo com a figura 2 o demonstra o processo desse programa que tem por finalidade a captação de efluentes para transformação de energia elétrica e bio-fertilizantes.



**Figura 2.** Programa Suinocultura Sustentável Sadia (3S)

Fonte: Dalmazo (2008).

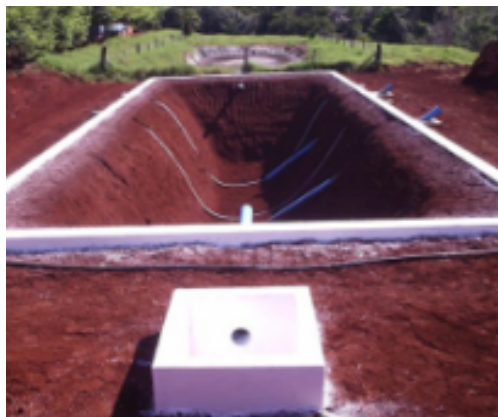
Na figura 3 podemos observar a conformação do solo para montagem da estrutura da tecnologia de Biodigestor.



**Figura 3.** Conformação do solo

Fonte: Dalmazo (2008).

Na figura 4, pode se observar as vigas feitas para o isolamento e drenagem da área da estrutura do biodigestor.



**Figura 4.** Vigas de isolamento

Fonte: Dalmazo (2008).

De acordo com a figura 5, sobre as vigas é colocada uma manta inferior para impermeabilizar o solo.



**Figura 5.** Vigas de isolamento

Fonte: Dalmazo (2008).

A finalização da tecnologia do biodigestor se dá com a cobertura da área, conforme a figura 6.



**Figura 6.** Projeto Biodigestor finalizado

Fonte: Dalmazo (2008).

Na figura 7, a máquina geradora de energia elétrica do processo Suinocultura Sustentável, onde queima dos efluentes para transformá-lo em energia elétrica.



**Figura 7.** Gerador de Energia Elétrica

Fonte: Dalmazo (2008).

De acordo com Bueno, Stettiner e Sardeiro (2013) a relevância desse programa vai além dos objetivos ligados à questão ambiental, o interessante dessa iniciativa além de garantir a preservação do meio ambiente alia a oportunidade de geração de renda com a venda de crédito de carbono, a utilização do biogás para geração de energia elétrica e a utilização dos dejetos tratados como fertilizantes.

O maior impacto ao meio ambiente está na cadeia de valor, principalmente nos setores agropecuários e logísticos devido a uma extensa rede de abastecimento e distribuição. Para diminuir o impacto começou a se utilizar diferentes modais como ferroviário e cabotagem; otimização no carregamento de cargas, mudança no perfil da frota com veículos com maior capacidade, implantação de modelos de logística reversa, otimizando o carregamento de retorno dos veículos.

Outra mudança foi que desde 2015 as frotas de São Paulo e Paraná passaram a ser abastecidas exclusivamente com etanol. Em outubro desse mesmo ano os estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Minas Gerais também passaram a ser abastecida pelo etanol, essa migração gerou uma economia de R\$ 1.506.039.

Em 2015 foi aprovado um Acordo Setorial proposto pelo governo federal que prevê a redução de 22% das embalagens dispostas em aterro até 2018. Para isso em 2016 serão inseridos no mercado carroceiros e catadores de material reciclável no Sistema de Logística Reversa. A BRF ainda não possui o controle percentual de embalagens recuperadas, visto que os projetos de logística reversa de resíduos sólidos estão em fase inicial.

Em relação a esse acordo, eliminou os plásticos (*shrink*) que envolve caixas de papelão, padronizou a quantidade de *stretch* utilizados na unitização dos *pallets*, a utilização de filme reciclado no lugar de filme virgem e a utilização de embalagens recicladas, reduzindo 2.828,97 ton. de emissões de gases do efeito estufa, redução de 2.254.992 l de

petróleo, redução de 10.086,03 MW de consumo de energia elétrica e redução de 2.033 ton. de resíduos plásticos em aterros.

A empresa possui o programa Reciclação, um projeto de educação ambiental de mobilização comunitária e gestão de resíduos sólidos, tendo como objetivo erradicar os riscos ambientais em Santa Teresa (RJ) por meio de uma parceria entre o poder público, iniciativa privada e a sociedade civil.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um grande desafio às empresas na atualidade é tornarem cada vez mais competitivas. Avaliar todas as áreas da empresa, medir a sustentabilidade, adotar indicadores ajudam no processo. Como demonstrado pelas duas empresas na padronização da embalagem ou a utilização de material reciclável além de tornarem um negócio lucrativo para a indústria, demonstra a preocupação de diminuição de resíduos no processo produtivo.

A redução de retirada de água da natureza com o planejamento de reciclá-la, além de ser um projeto que reduz os impactos ao meio ambiente é um sistema que deveria ser muito mais utilizados por todos. Essa ação demonstra a preocupação com o meio ambiente, principalmente no que diz a futuras gerações.

O que mais chama atenção no caso da BRF é o projeto da 3S, capta o efluente, tanto dejetos da granja quanto o resíduo do tratamento de água e o transforma em energia elétrica, o que iria para o aterro sanitário retorna ao processo produtivo em forma de energia elétrica e biofertilizante, contribuindo com a produção sustentável.

A iniciativa que fazer um Programa de Sustentabilidade dentro de empresas como a Aurora e a BRF (Sadia) são essenciais para a preservação do meio ambiente, mas o primordial é o trabalho de conscientização realizado por elas. De nada adianta fazer um programa de reciclagem de embalagens se a população não tiver consciência de separar esse material para uma coleta seletiva afim de uma reutilização.

O projeto da Aurora Alimentos se destaca justamente nesse ponto, um programa desenvolvido para crianças, onde desde pequenas aprendem a importância da preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. As crianças têm a oportunidade de observarem na prática a importância da reciclagem, através dos pallets que seriam descartados pela empresa que são transformados em mesas e cadeiras e doados para escolas da região.

Ambas as empresas apresentam em comum, projetos robustos de sustentabilidade. Vale ressaltar que se trata de empresas do setor alimentício, onde a preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade alinha-se com os objetivos da empresa, pois a origem de suas principais matérias primas depende justamente da manutenção dos recursos naturais do planeta.



## REFERÊNCIAS

- Almeida, F.(2002). *O bom negócio da sustentabilidade*. São Paulo: Nova Fronteira.
- Aurora Alimentos. (2015). *Relatório anual 2015*. Recuperado em 15 julho 2016, de <http://www.auroraalimentos.com.br/sobre/sustentabilidade-relatorio>
- Ballou, R. H. (2006). *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial*. Porto Alegre: Bookman.
- Bueno, M. J. C.; Stettiner, C. F.; Silva, G. G. R.; Sardeiro, F. G.(2013). *Reestruturação das cadeias de suprimentos: verticalização x horizontalização*. Simpep.
- Claro, P. B. de O.; Claro, D. P.; Amâncio, R. (2008). *Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações*. São Paulo: Revista de Administração USP.
- Dalmaz, G. (2008). *Programa mercado de carbono CNI/FIESC*. Florianópolis.
- Donato, V. (2008). *Logística verde: uma abordagem socioambiental*. Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna Ltda.
- Guarnieri, P. (2011). *Logística reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental*. Recife: Ed. Clube de Autores.
- Keinert, T. M. M.(2007). *Organizações sustentáveis: utopias e inovações*. São Paulo: Annablume.
- Leite, P.(2009). *Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade*. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Mendes, J. T. G.(2002). *Gestão empresarial*. Curitiba: Associação Franciscana de Ensino Senhor Bom Jesus.
- Ministério do Meio Ambiente. (2016). *A política do 5 R's*. Recuperado em 14 set 2016, de <http://www.mma.gov.br/comunicacao/item/9410-a-pol%C3%ADtica-dos-5-r-s>
- Moreira, D. A. (2015). *Administração da produção e operação*. e ampl. São Paulo: Cengage Learnin.
- Paz, F. J.; Iserhard, F. Z.; Kipper, L. M. (2014). *Sustentabilidade nas organizações: vantagens e desafios*. Convibra.
- Oliveira, L. R.; Medeiros, R. M.; Terra, P. de B.; Quelhas, O. L. G. (2012). *Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações*. Produção.

Silva, D. B. (2012). *Sustentabilidade no agronegócio: dimensões econômica, social e ambiental*. Mato Grosso do Sul: Encontro Científico de Administração, Economia e Contabilidade.

Slach, N.; Chambers, S.; Johnston, R. (2009). *Administração da produção*. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas.

**Recebido em: 08/11/2016**

**Aceito para publicação em: 06/04/2017**

# AVALIAÇÕES SOBRE EXCESSOS DE ESTOQUE: UM ESTUDO DE CASO DA EMPRESA DE LOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Mônica Contini de Oliveira Dias<sup>1</sup>

## RESUMO

O mundo atual nos mostra que os clientes estão buscando, com maior frequência, serviços e produtos com nível de qualidade de excelência. Isso faz com que as empresas concentrem-se não apenas em atingir resultados expressivos com o mínimo possível de capital, mas também na satisfação plena de seus clientes. Sob o foco estratégico, esta pesquisa procura oferecer uma visão de como a equalização de estoque e melhorias contínuas podem ser importantes aliados em um cenário competitivo. A modernização dos processos de gestão com o objetivo de redução de custos é o foco deste estudo. Este artigo está dividido em oito seções que definem a Logística, a qualidade como diferencial na prestação de serviço, a manutenção de equipamentos evitando falhas e degradação, e a importância do nível de estoque equilibrado, que embasaram recomendações estratégicas no estudo de caso de uma empresa de locação de equipamentos para cozinhas industriais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Logística; estratégia; manutenção; custos; qualidade.

## ABSTRACT

Currently, the world shows us that customers are seeking, more often, for services and products with a high level quality. . This makes companies focus not only on achieving significant results with minimum capital, but also on full satisfaction of its customers. Under the strategic focus, this research seeks for offering a vision of how equalization stock and continuous improvements can be an important ally in a competitive setting. The modernization of management processes in order to cost- cutting is the focus of this study. This article is divided into eight sections that define Logistics, quality as differential in providing service and maintenance of equipment avoiding failures and degradation, and the importance of balanced inventory level which supported strategic recommendations in the case study of a leasing company of equipment for industrial kitchens.

**KEY WORDS:** Logistics; strategy; maintenance; costs; quality.

## RESUMEN

El mundo actual nos muestra que los clientes están buscando, más a menudo, los servicios y productos con un nivel de excelencia en la calidad. Esto hace que las empresas se centran no sólo en lograr resultados significativos con un capital mínimo, sino también en plena satisfacción de sus clientes. Bajo el enfoque estratégico, esta investigación pretende ofrecer una visión de cómo la igualdad de inventario y mejoras continuas pueden ser aliados importantes en un entorno competitivo. La modernización de los procedimientos de gestión con el objetivo de reducción de costes es el foco de este estudio. Este artículo se divide en ocho secciones que definen la logística, la calidad como diferencial en la prestación de servicios, mantenimiento de equipos evitando fallos y degradación, y la importancia de equilibrado nivel de stock, que apoyaron las recomendaciones estratégicas en el estudio de caso de una empresa alquiler de equipo para cocinas industriales.

**PALABRAS LLAVE:** Logística; estrategia; mantenimiento; coste; calidad.

---

<sup>1</sup> Fatec de Mogi das Cruzes, Brasil. **E-mail:** monicacontini@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

A nova realidade dos mercados, com suas constantes mudanças e dinâmicas, leva cada vez mais as organizações buscarem novos caminhos para atingir resultados expressivos com o mínimo possível de capital, sem deixar de atender de forma efetiva e adequada o cliente.

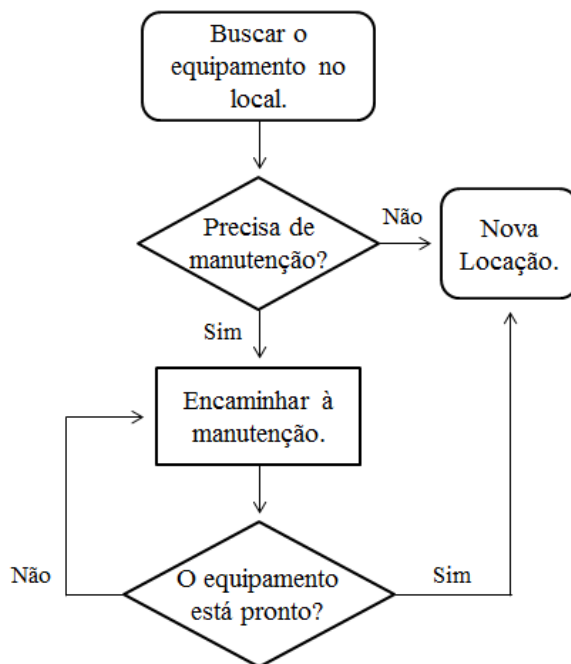
Um dos passos importantes para se alcançar com êxito este patamar exigido atualmente, é a modernização dos processos de gestão ao utilizar os recursos disponíveis visando o aumento gradativo do volume de negócios, sem esquecer o objetivo principal que é a fidelização e satisfação do cliente com o produto ou serviço adquirido.

Há algum tempo, as companhias dimensionavam seu resultado de desempenho apresentando lucro financeiro ou não, com base em seu balanço anual e, de acordo com o resultado, tomavam as decisões. Hoje, é insuficiente apenas isso para mantê-las atuantes no mercado. Cada vez mais indicadores financeiros estão sendo aplicados no gerenciamento das empresas, com o intuito de maximizar os lucros e minimizar os custos. Alternativas como vender instalações próprias e optar pelo aluguel, terceirizar atividades e reduzir os níveis de estoque são práticas comuns na busca por uma empresa mais enxuta.

No ramo de locação de equipamentos, que envolve a Logística Reversa na retirada do equipamento, o pós-venda atuante e eficaz é imprescindível. Leite (2002) define a Logística Reversa a área que

“planeja, opera e controla o fluxo, e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, através dos Canais de Distribuição Reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros”.

A Logística Reversa tem o mesmo grau de importância da logística de distribuição. Seu foco é no pós-venda e na verificação do perfeito funcionamento dos equipamentos, averiguando se estão prontos para nova locação ou se deverão ser encaminhados à manutenção, como é possível verificar no Fluxograma 1.



**Fluxograma 1.** Retirada do Equipamento - Pós-Locação.

Fonte: a autora, 2016.

Os produtos oferecidos devem estar em condições adequadas e funcionando corretamente para que não prejudique a qualidade. Nesse exposto, a manutenção passa a ser considerada essencial no processo de locação, tornando necessária a avaliação e monitoramento dos equipamentos, e o atendimento ao cliente.

E ainda, em uma empresa de locação de equipamentos, a atividade de manutenção deve ser priorizada, evitando retrabalho, aumento dos custos e a consequente insatisfação do cliente. O gestor do setor necessita manter os materiais sempre em perfeito funcionamento e disponíveis para a locação, dessa forma evita-se falhas de funcionamento e reparos *in loco*, além da redução de visitas técnicas.

Segundo Ballou (2006), a falha na qualidade dos serviços gera despesas imprevistas, desperdício de materiais, mão de obra e tempo, e além da insatisfação dos clientes. Após a análise, o problema pode ser definido: quais medidas são necessárias para melhorar o desempenho financeiro da Empresa estudada?

É de fundamental importância aprimorar a logística da empresa em estudo, pois representa um valor expressivo no custo total do produto/serviço, além de ter um grande impacto sobre a percepção do cliente sobre a qualidade oferecida.

O principal motivo da realização deste projeto foi a possibilidade de tentar reduzir os custos e consequentemente aumentar os lucros, minimizar o retrabalho e a insatisfação do cliente, ocasionados pela ocorrência de pequenas avarias não identificadas nos equipamentos locados no processo de expedição e na logística reversa.

A escolha deste tema deve-se ao fato da autora ter estagiado na referida empresa e observado que a experiência acadêmica adquirida poderá auxiliar positivamente em uma futura reestruturação.

O trabalho estudou os processos na locação de equipamentos e destacou sugestões de mudanças que poderão tornar os resultados mais atrativos. Tornou-se um estudo importante, uma vez que possibilitará trazer grandes benefícios para a empresa.

O presente trabalho foi realizado através de pesquisa bibliográfica, embasado em artigos publicados, livros e *sites* acadêmicos. O objetivo foi explorar conceitos e apresentar definições sobre Logística, seu histórico, Logística Reversa com foco em locação de equipamentos, custos relacionados ao nível de estoque, manutenção e qualidade como diferencial estratégico.

Em uma abordagem qualitativa, também foi elaborado um estudo de caso da Empresa de Locação de Equipamentos de Cozinhas Industriais “*Chef*” (nome fictício). De acordo com Bandeira (2013), estudo de caso é uma pesquisa descritiva que objetiva estudar um caso particular, não generalizado para demais, buscando compreender o funcionamento das etapas do sistema, sua estrutura e aspectos relacionados a questão do trabalho. As informações foram obtidas durante o período em que a autora estagiou na referida empresa, que ocorreu durante todo o prazo de elaboração do trabalho.

Através dessa coleta de dados foi possível identificar os pontos fortes e suas fraquezas, e também ter consciência da quantidade e qualidade das informações necessárias para interpretar, diagnosticar e orientar o objeto de pesquisa. As informações obtidas ajudaram a entender melhor as etapas em uma operação de locação de equipamentos, visualizar falhas que podem prejudicar a excelência da qualidade no serviço prestado e comprometer desfavoravelmente os resultados financeiros.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### LOGÍSTICA

A Logística surgiu no início da civilização, quando o homem transportava suas mercadorias excedentes até os pontos de troca. De acordo com Silva *et.al.* (2014), com a produção especializada e troca de produtos, iniciam-se três importantes funções logísticas: estoque, armazenagem e transporte. Estocando de forma adequada a produção excedente, armazenando para que não ocorram perdas e transportando-a até o local de consumo.

A literatura mostra que “[...] o termo logístico é utilizado há muitos anos na área militar, quando o Barão Antoine Henri de Jomini, general do exército de Napoleão traz a primeira definição como sendo ‘a arte de movimentar exércitos’” (Porto, 2014, p.4).

A palavra logística começou a ser mais utilizada na segunda grande guerra mundial em movimentações militares para distribuir suprimentos até as tropas (Novaes, 2015).

Nos conflitos históricos, constata-se que a capacidade logística era um diferencial e trazia vantagens àqueles que possuíam uma melhor distribuição e deslocamento de materiais bélicos, suprimentos e dos soldados (Machado, 2014).

No período pós-guerra, houve grandes mudanças no comportamento dos consumidores que passaram a exigir maior qualidade e variedade nos produtos e serviços oferecidos até então. Esta nova realidade fez com que os empresários buscassem melhorias em seus processos de gerenciamento de custos sem prejudicar a qualidade.

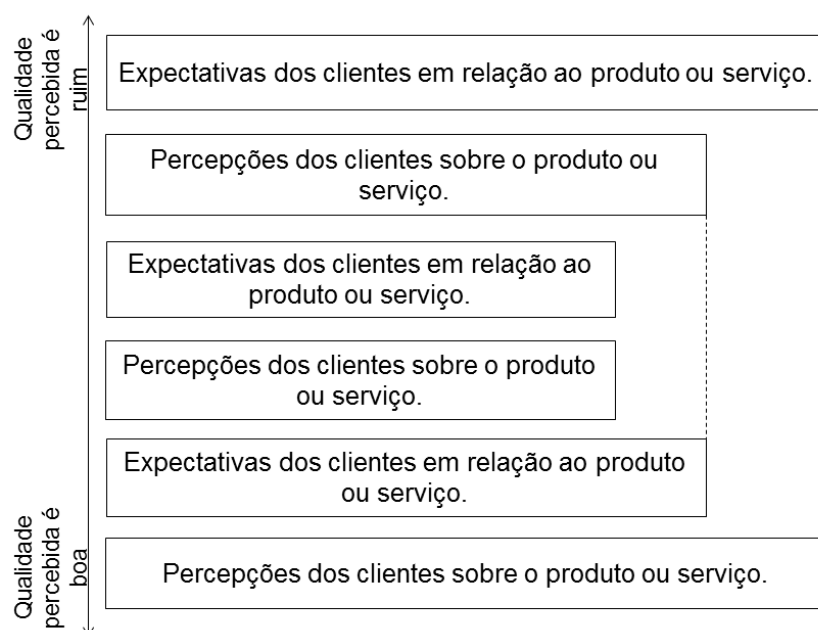
## QUALIDADE

Apesar de logística ser definida como atividade que envolve recebimento, expedição, transporte, manuseio e armazenagem dos produtos, focando no baixo custo, existe outro aspecto importante que é a relação do produto com seu valor agregado, que o diferencia dos outros produtos no mercado e faz com que um produto seja preferido em relação a produtos similares: sua qualidade.

Com a globalização, aumentou drasticamente a competitividade por mercados, tornando a qualidade um fator importante para a sobrevivência das empresas.

A qualidade do produto ou serviço oferecido é um diferencial na escolha do cliente. De acordo com Novaes (2015), na logística moderna, o valor de qualidade deve estar inserido no processo para que o resultado final da cadeia de suprimentos não seja afetado negativamente.

Segundo Slack *et.al.* (2013), qualidade equivale à conformidade consistente com as expectativas do cliente. Gerenciar a qualidade significa estar ciente de sua importância e como pode ser melhorada, assegurando que esse objetivo seja de todos na empresa, do mais alto escalão até o funcionário chão de fábrica.



**Figura 1.** Percepção da Qualidade

Fonte: SLACK, N.et al. Gerenciamento de Operações e de Processos.2.ed.Porto Alegre: Bookman, 2013. 567p.

Quando a qualidade do produto ou serviço percebida pelo cliente é ruim, sua expectativa supera negativamente a sua percepção em relação ao que foi oferecido. Este cliente dificilmente será fidelizado. E quando ocorre o inverso, em que a qualidade do produto ou serviço percebida pelo cliente é boa, sua percepção supera sua expectativa. Esse é um exemplo em que se alcançou o que o cliente desejava.

A falta de qualidade de um produto apresentado em não conformidade gera custos adicionais para repará-lo ou para a produção de novo produto.

Para Slack *et. al.* (2013), os custos de qualidade não são apenas classificados como: retrabalhar produtos defeituosos, perdas de materiais, servir novamente os clientes, mas também todo o tempo gasto em gerenciar o retrabalho e a solução, e o mais importante à quebra da confiança entre os processos dentro da operação.

“Custos são todos os gastos que se fazem necessários para uma empresa realizar a prestação de um serviço ou produzir um determinado produto” (Mendes & Carvalho, 2014, p.4).

A prevenção do erro se torna parte integrante da rotina de trabalho diário de cada um em uma empresa que trabalha a importância da qualidade junto a seus colaboradores.

Um dos caminhos para se atingir qualidade é focar sempre em fazer certo da primeira vez. De acordo com Slack *et.al.* (2013), melhoria é a atividade da diferença entre o desempenho real e o desejado em processos, que podem ser inovadoras, onde se obtém grandes aumentos de desempenho ou contínuas que são pequenas melhorias que se tornam parte



do processo diário. Com a prática de melhorias, aumenta a habilidade de evitar e recuperar-se de falhas ou eventos indesejados.

Na maioria das empresas, somente após a queda das vendas e do lucro, é que se conscientizam dos problemas estratégicos.

Segundo Slack *et.al.* (2013), uma estratégia de operações é o ponto de partida para a melhoria das operações, norteia caminhos a serem tomados. É necessário estabelecer metas reais, objetivos para alcançar um futuro desejado e delinear meios de como atingi-los.

Entender a importância da qualidade e como pode ser continuamente melhorada deve ser prioridade para uma organização se manter no mercado. Esse critério não se aplica somente as pessoas ligadas diretamente ao produto ou serviço, mas a todos envolvidos em sua cadeia de processos. Não se alcança qualidade somente evitando erros, e sim cumprindo de forma excelente o desempenho de suas funções, sempre com o foco na satisfação do cliente.

## MANUTENÇÃO

Uma das ações para evitar falhas e degradação do equipamento é efetuar a manutenção sistemática. De acordo com Basques (2003), manutenção é o conjunto de todas as ações necessárias para que um produto seja conservado ou restaurado, mantendo suas características, é manter um sistema em funcionamento ou restabelecer um equipamento ou instalação de uma perda de função.

Com essa prática de gestão, os resultados serão: aumento da confiabilidade quanto a oferecer um produto a ser locado, com maior qualidade; custos reduzidos ao evitar o retrabalho; maior segurança; além de prolongar o tempo de vida útil dos equipamentos e, conseqüentemente, o aumento na lucratividade.

Segundo Basques (2003), a Missão da Manutenção é assegurar que todos os equipamentos e instalações estejam disponíveis para o processo produtivo, com confiabilidade, segurança garantida e custos adequados.

A manutenção é uma importante atividade estratégica, pois deve garantir que os equipamentos e instalações estejam em perfeitas condições para que não haja interrupções nos processos. Cada empresa deve adequar o tipo de manutenção ideal ao seu ramo e com funcionários qualificados e equipados para se evitar falhas, sendo não apenas eficiente, mas eficaz, sem comprometer a produção com riscos de paradas não planejadas.

## CUSTO DE ESTOQUE

Desde o início da civilização, o homem utiliza estoques de alimentos e ferramentas para manter sua sobrevivência. “Estoques são acumulações de matérias primas, suprimentos,

componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logística das empresas” (Ballou, 2006,p.271).

Em uma empresa, o gerenciamento de estoque é vital para mantê-la competitiva. A redução de estoque sem prejudicar o nível de serviço, é uma preocupação constante aos gestores da área de logística. O estoque representa um valor expressivo dentro do custo total de uma empresa, afetando diretamente o retorno do capital empregado dos acionistas.

De acordo com Ballou (2006), gerenciar estoques significa atender a demanda mantendo o nível de disponibilidade mais baixo possível. Seguindo esse raciocínio, a empresa se torna mais enxuta e competitiva.

Estoque elevado representa custo operacional e alto capital investido, por outro lado, uma diminuição não criteriosa do estoque pode afetar a disponibilidade do produto e prejudicar as vendas, além de gasto maior em sua aquisição. E, além disso, Ballou (2006) afirma que o custo anual de manutenção do estoque de uma empresa pode corresponder de 20 a 40% do seu montante.

Quando se escolhe por investir em um projeto em preferência de outro ou mesmo em uma aplicação financeira, e após analisar despesas e receitas de ambos e apresentar diferença de resultado, essa possível perda de rendimento é classificada como custo de oportunidade.

Martins (2003, p.168) afirma que “o custo de oportunidade representa o quanto a empresa sacrificou em termos de remuneração por ter aplicado seus recursos numa alternativa ao invés de em outra”. Por ter um valor significativo, a empresa deve adotar uma estratégia em que haja a verificação e a identificação dos produtos ou serviços que produzem menor retorno que seu custo de oportunidade.

Por fim, Denardim (2004, p.4) salienta que a habilidade em eleger a melhor opção para investir seus recursos é condição fundamental para definir a vitória ou derrota de um empreendimento, comprovando o quanto o custo de oportunidade é relevante nos resultados econômicos.

## **ESTUDO DE CASO - EMPRESA DE LOCAÇÃO “CHEF”**

A empresa brasileira *Chef*, nome fictício, estabelecida no município de São Paulo, atua há 12 anos no ramo de locação de equipamentos para cozinhas industriais e máquinas de café expresso. Seus principais clientes são: concessionárias de alimentação, indústrias, bares, hotéis, padarias, restaurantes e empresas de eventos.

Existem nichos de mercado diferenciados, que variam desde plataformas de petróleo, usinas de álcool e açúcar, mineradoras até feiras e eventos. A estratégia comercial da empresa analisada não visa à participação em licitações de órgãos governamentais.

A questão fiscal funciona como incentivo para a locação dos equipamentos pelo cliente, uma vez que o custo do aluguel é contabilizado como despesa e não é lançado no ativo fixo da empresa diminuindo assim o valor a ser pago do imposto de renda.

A empresa possui um site no qual os equipamentos estão descritos detalhadamente. Os clientes acessam e caso haja interesse, solicitam orçamentos do serviço de acordo com sua necessidade. O prazo de locação pode ser de apenas um dia até meses, tudo estabelecido em um contrato firmado entre as partes. O valor de locação dos equipamentos varia em função do seu custo de aquisição e tempo de vida útil.

Os serviços oferecidos são orçamentos, locação, entrega e instalação, bem como a retirada do equipamento e visitas técnicas de prevenção e manutenção quando necessárias.

Constam em seu portfólio, utensílios e equipamentos para armazenamento, pré-preparo, cocção, distribuição, lavagem e máquinas auxiliares. Os equipamentos alugados com maior frequência para as concessionárias de alimentação, indústrias e empresas de eventos são: balcões térmicos e refrigerados, caixas térmicas e cubas para transporte de alimentos, máquinas de lavar louças industriais e fornos combinados. A empresa possui um imóvel próprio com 5.000 m<sup>2</sup> de área coberta, mas somente 2.500 m<sup>2</sup> são utilizados para a armazenagem e funcionamento deste empreendimento.

Atualmente a empresa possui uma carteira de 46 clientes, com R\$ 46.000,00 de faturamento mensal e um estoque de equipamento da ordem de R\$ 2.195.000,00 com um rendimento médio de 2%. Do total do estoque, apenas R\$ 588.725,00 em equipamentos estavam locados na data em que foram coletados dados para a elaboração deste trabalho.

Um dos fatores limitantes do empreendimento é o alto custo inicial de investimento e o seu longo prazo de retorno, pois a viabilidade e rentabilidade estão diretamente relacionadas à vida útil do equipamento, sua conservação e manutenção. O financiamento do investimento depende da taxa de juros e dos prazos para pagamento.

Para a empresa contratante, contar com uma equipe de assistência técnica é desnecessária, pois quando há problemas de funcionamento com o equipamento, sua manutenção é prontamente efetuada pela contratada, e se for necessário, o equipamento é substituído. Nos contratos de locação, a Empresa “*Chef*” garante o bom funcionamento dos equipamentos durante todo o período de locação, excetuando os serviços de limpeza, lubrificação, conservação, regulagem e manutenção por uso incorreto.

A verificação do funcionamento do equipamento pós-locação é feita no armazém da empresa estudada, e se constatada alguma avaria pelo uso indevido, salvo ocorrida no transporte, o custo do reparo é repassado ao cliente.

Na elaboração desse trabalho, foram coletadas informações referentes ao custo gerado por falhas em equipamentos locados no ano de 2015, e sintetizadas na tabela 3:

Tabela 3.

Ocorrências de Manutenção.

Ocorrência	Quantidade	Custo (R\$)
Substituição de equipamento	2	800,00
Visita Técnica	3	3.000,00
Manutenção de máq. Café	40	12.000,00
Funcionário de manut. Geral	1	30.000,00
Técnico eletricitista	1	10.500,00

Fonte: a autora, 2016.

Uma das ações para evitar falhas e desgaste do equipamento, é efetuar a manutenção preventiva. Com essa ação de gestão, os resultados serão: aumento da confiabilidade quanto ao produto a ser locado, com maior qualidade; custos reduzidos uma vez que se evitará o retrabalho; maior segurança; além de prolongar o tempo de vida útil dos equipamentos e conseqüentemente aumento na lucratividade.

## ANÁLISE DOS DADOS

Após avaliar as informações obtidas com este estudo e com o intuito de prevalecer boas relações comerciais entre empresa e clientes, objetivando o controle efetivo da funcionalidade e avarias, o autor sugere a aplicabilidade do modelo de *checklist* de equipamento em seu processo.

O *checklist* é um formulário com itens a serem observados e deve ser criado de acordo com as especificações dos equipamentos que integram o portfólio da empresa. Sua função é registrar o estado atual do produto a ser locado. Este controle deverá acompanhar o equipamento; e ao término do contrato, as condições deverão ser novamente verificadas na presença de um responsável indicado pelo cliente e devidamente assinado. Posteriormente, se houver a constatação de avarias durante o período de locação, esse documento poderá ser utilizado para justificar cobrança de reparo ou indenização ao cliente.

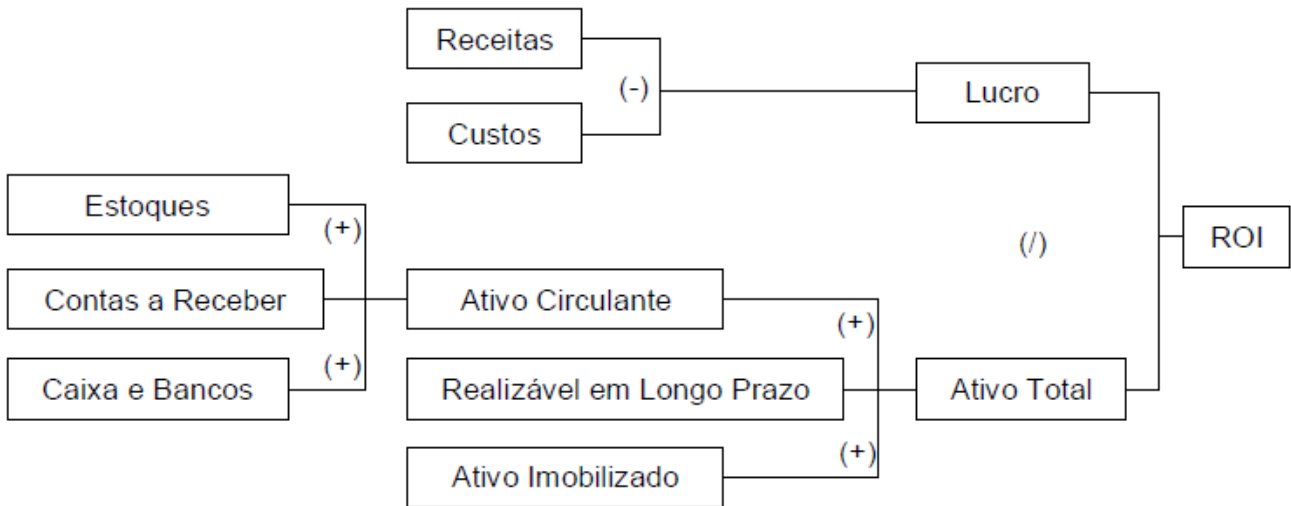
A utilização de *checklist* visa reduzir substituição de equipamentos locados com qualquer tipo de avaria, e além de tornar a Logística Reversa da empresa mais eficiente.

Atualmente, nas locações em que o frete é responsabilidade da empresa “*Chef*”, a vistoria técnica é realizada no armazém.

Nos contratos firmados em que a entrega e a retirada dos equipamentos são realizadas pelo locador, uma vistoria feita por um técnico para a certificação de que os equipamentos estão em perfeito estado de funcionamento no local onde estão instalados seria o mais indicado.

Outro item observado é o excessivo valor de capital empregado no estoque em contrapartida ao número de contratos vigentes. Estoque elevado representa custos operacionais e de oportunidade do capital.

Muitos equipamentos possuem baixa demanda de locação, e devido ao alto valor de capital investido em estoque, é necessário um ajuste com sua redução, pois este montante afeta diretamente o lucro da empresa.



**Figura 2.** Ilustração do Cálculo do ROI

Fonte: GARCIA, E.S. et al. *Gestão de Estoques: Otimizando a Logística e a Cadeia de Suprimentos*. 1.ed. Rio de Janeiro: E-Papers Serviços Editoriais, 2006.144p.

Os efeitos dos custos de estoque na lucratividade são percebidos pelo indicador financeiro estratégico ROI, (*Return on Investment*) que é definido como a razão entre o lucro líquido e o ativo total.

De acordo com a sinalização da figura 2, com a diminuição dos níveis de estoques, o ROI, resultado da divisão do lucro pelo ativo total será majorado.

Após análise da tabela 2, foi observada uma excessiva quantidade de equipamentos a disposição em estoque o que representa elevado valor investido e que não apresenta retorno lucrativo.

No momento, a empresa possui estoque no valor estimado de R\$ 2.195.000,00 e o montante de R\$ 1.605.700,00 em equipamentos que no período em que esta pesquisa foi elaborada não estavam locados. Aplicando, por exemplo, o índice do IGPM acumulativo dos últimos doze meses 11,5% na cifra do estoque excedente, obtém-se o valor de R\$ 184.655,50. Este é o custo de oportunidade que a empresa deixou de lucrar devido a seu estoquermanescente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo apresentado, evidencia-se a considerável perda de capital em virtude do elevado nível de equipamentos não locados e insuficiente controle de produtos locados passíveis de manutenção.

Propõe-se a implantação de checklist visando a minimização de ocorrências de falhas nos equipamentos locados e a empresa obterá melhor gerenciamento sobre a avaliação dos produtos em estoque, segregando os que estão aptos a serem locados dos que requerem manutenção.

Para a otimização de estoque serão propostas alternativas de tomadas de decisão visando a redução das perdas.

O equilíbrio no estoque poderá ser atingido se for implantado a seguinte estratégia:

- Determinar as necessidades futuras de acordo com os dados históricos;
- Verificar estoques atuais destacando equipamentos em condições ideais, os que necessitam de manutenção e os que devem ser descartados;
- Subtrair o valor da previsão da seleção de estoque disponível de equipamentos em perfeitas condições ou que requerem manutenção;
- O excedente deverá ser transacionado e o capital adquirido poderá ser investido em atividade mais rentável ou aplicado no mercado financeiro e quando necessitar, efetuar a compra de novos equipamentos.

A redução de estoque é indicada para preservar o capital investido na empresa.

## REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Logística Empresarial*. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616p.

BANDEIRA, M. *Texto 1B: tipos de pesquisa*. Disciplina: *Modelos de Investigação e Produção em Psicologia do Laboratório de Psicologia Experimental*, Departamento de Psicologia – FUNREI. Disponível em: <<http://www.ufsj.edu.br/portal-repositorio/File/lapsam/texto%201b%20-%20TIPOS%20DE%20PESQUISA.pdf>>. Acesso em: 20 ago.2016.

BASQUES, M. A. *Indicadores de Desempenho em Empresas de Logística de Movimentação de Cargas e Locação de Equipamentos: Um Estudo de Caso*. 2003.75p. Tese (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84691>>. Acesso em: 13 ago. 2015.

DENARDIN, A. A. *A importância do Custode Oportunidade para a Avaliação de Empreendimentos baseados na criação de Valor Econômico (Economic Value Added – EVA)*. 2004. Disponível em:

<<http://www.seer.ufrgs.br/ConTexto/article/viewArticle/11713>>. Acesso em 16 ago.2016.

GARCIA, E.S. *et al. Gestão de Estoques: Otimizando a Logística e a Cadeia de Suprimentos*.1.ed. Rio de Janeiro: E-Papers Serviços Editoriais, 2006.144p.

LEITE, P.R. *Logística Reversa: Nova Área da Logística Empresarial*. Revista Tecnológica. São Paulo: Edit. Publicare, 2002. Disponível em:<<http://meusite.mackenzie.br/leitepr/LOG%CDSTICA%20REVERSA%20-%20NOVA%20%C1REA%20DA%20LOG%CDSTICA%20EMPRESARIAL.pdf>>. Acesso em: 30.out.2016.

MACHADO, B. A. Um estudo sobre a atuação da logística reversa segundo publicações do SIMPEP 2007 A 2013. In: *As Demandas de Infraestrutura Logística para o Crescimento Econômico Brasileiro*, 2014, Bauru. Anais SIMPEP, 2014.14p. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais\\_simpep.php?e=9](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=9)>. Acesso em: 15 ago. 2015.

MARTINS, E. *Contabilidade de Custos*. 9. ed.São Paulo: Editora Atlas S.A.,2003. 262p.

MENDES, T.S.; CARVALHO, D. A. Análise gerencial de custos para micro e pequenas empresas de transporte rodoviário de cargas para apoio à decisão. *As Demandas de Infraestrutura Logística para o Crescimento Econômico Brasileiro*, 17,2014, Bauru.Anais SIMPEP, 2014, 2014.17P. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais\\_simpep.php?e=9](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=9)>. Acesso em: 19 ago. 2015.

NOVAES, A.G. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição*. Rio de Janeiro: Elsevier,2015.

PORTO, S. L. Z. Construindo conceito de logística Lean. *As Demandas de Infraestrutura Logística para o Crescimento Econômico Brasileiro*, 17,2014, Bauru.Anais SIMPEP, 2014, 2014.17P. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais\\_simpep.php?e=9](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=9)>. Acesso em: 15 ago. 2015.

SILVA, L.M.; SILVA, F.G.F.; & AMOLARO, S.M.D. Logística reversa e o rastreamento de refrigeradores comerciais. In: *As Demandas de Infraestrutura Logística para o Crescimento Econômico Brasileiro*, 2014, Bauru. Anais

SIMPEP,2014.14p. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais\\_simpep.php?e=9](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=9)>. Acesso em: 15 ago. 2015.

SLACK, N.*et al. Gerenciamento de Operações e de Processos*.2.ed.Porto Alegre: Bookman, 2013. 567p.

**Recebido em: 10/11/2016**

**Aceito para publicação em: 06/04/2017**

# A UTILIZAÇÃO DA GESTÃO DE CUSTOS COMO SUPORTE PARA TOMADA DE DECISÃO NAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS

Odir Almeida Veiga<sup>1</sup>  
Marcelo Okano<sup>2</sup>  
Giovana Fadini<sup>1</sup>  
Edgar Souza<sup>1</sup>

## RESUMO

O artigo versa sobre a gestão de custos e sua aplicabilidade para a tomada de decisão, explicou-se sobre fatos de seu surgimento que ressaltam sua importância, sua relação com as Micro e Pequenas Empresas e suas principais terminologias, o presente estudo baseia-se em uma pesquisa de caráter exploratório e qualitativo com entrevistas estruturadas para Micro e Pequenos Empresários, os resultados apontaram necessidade de desenvolver a compreensão acerca das terminologias aplicadas na gestão de custos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão de Custos; Micro e Pequenas Empresas; Terminologias Contábeis.

## ABSTRACT

The article focuses on cost management and its application to decision making in micro and small companies, this study is based on an exploratory qualitative research with structured interviews.

**KEYWORDS:** Cost Management; Micro and Small Business; Accounting Terminologies.

## INTRODUÇÃO

Atualmente existem várias ferramentas que possuem relevância no auxílio à gestão, e, principalmente por conta do aumento da competitividade no ambiente empresarial a contabilidade de custos possui ênfase no auxílio ao processo decisório mediante suas contribuições na gestão das informações em ambientes complexos como o industrial; Ainda assim devido a vários fatores as micro e pequenas empresas comumente utilizam as técnicas de gestão de custos com menos frequência em relação as maiores, desta forma, o presente trabalho tem como objetivo estudar a percepção dos micro e pequenos empresários sobre a utilização da gestão de custos para subsidiar a tomada de decisão e a relação com as terminologias contábeis de forma que atenda à realidade destes sistemas produtivos e contribua para seu fortalecimento.

## REFERENCIAL TEÓRICO

---

1 Centro Paula Souza, Brasil. Mestrado em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos.

2 Unidade de pós-graduação, pesquisa e extensão - Centro Paula Souza. E-mail:



## A IMPORTÂNCIA DA CONTABILIDADE DE CUSTOS

De acordo com BRUNI (2010) o surgimento da Contabilidade de Custos está relacionado à carência de informações após a Revolução Industrial para o auxílio à tomada de decisão, descreve ainda como funções básicas da contabilidade de custos: determinar o lucro, controlar as operações e subsidiar a tomada de decisões; KASPCZAK (2008) corrobora a Contabilidade de Custos como importante ferramenta que disponibiliza informações principalmente no contexto industrial, haja vista a complexidade inerente deste setor; Conforme MARTINS (2003) face ao crescimento da competitividade quer seja no setor industrial, comercial ou de serviços a utilização dos Custos para a tomada de decisão estabeleceu-se extremamente imprescindível; Entretanto, verifica-se que o surgimento da Contabilidade de Custos está relacionado ao setor Industrial, visto a demanda pela apropriação criteriosa dos custos de produção e estas características a torna fundamental para subsidiar a tomada de decisão.

## A RELAÇÃO DAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS COM A GESTÃO DE CUSTOS

Alguns autores apontam determinadas características específicas encontradas nas pequenas empresas que possuem relação divergente à utilização das informações contábeis na tomada de decisão: Os proprietários sentem carência de interpretação nas informações contábeis para torna-las compreensíveis; Os proprietários acreditam que as informações contábeis são úteis somente para o cumprimento fiscal; As pequenas empresas utilizam as técnicas contábeis com menor frequência do que as empresas de médio porte. No Brasil, LOBRIGATTI (2003), Consultor de Finanças do SEBRAE na publicação “SAIBA MAIS, Custos no Comércio” elenca percepções dos empresários que demonstram suas justificativas para a não utilização das referidas técnicas são elas: Demanda muito trabalho; Acredita ser difícil, Não saber fazer e Acredita que não contribui para ganhar mais dinheiro; Apesar disto CALLADO et al (2003) afirmam que a gestão de custos nas micro e pequenas não diferencia-se muito em relação às grandes, todavia há nestas empresas uma necessidade em adaptar custos à especificidade de seus processos simplificados, desta forma, ressalta que um sistema de custos bem organizado deve expor à empresa fatos precisos e atualizados para desta forma assessorar a tomada de decisão que otimize os resultados.

## As TERMINOLOGIAS

CREPALDI (2002) descreve que a Contabilidade de Custos dispõe de terminologia própria, e em variadas vezes estes termos são utilizados mediante interpretações diferenciadas que demandam entendimento sobre as referidas terminologias; MARTINS (2003) afirma que configura-se extremamente fundamental para o estudo das ciências contábeis a correta compreensão acerca das principais terminologias; Da mesma maneira LEONE (1991) destaca a dificuldade existente para identificar uma definição sobre as terminologias contábeis sem haver questões relacionadas ao significado; Desta forma, verifica-se imprescindível tratar sobre as principais terminologias utilizadas na Contabilidade de

Custos com vistas a uniformizar a compreensão acerca da correta interpretação de seus significados para, desta forma fomentar a aplicação da gestão de custos como subsídio na tomada de decisão nas micro e pequenas empresas.

Terminologia	Autores	Definição
Gasto	LEONE (1991), RODRIGUES (2004), MARTINS (2003).	Caracterizado como dispêndio financeiro global gerado para a obtenção de determinado bem, produto ou serviço; Podem ser relacionados em três tipos: investimentos, custos e despesas.
Investimento	CLEMENTE (2001), RODRIGUES (2004), MARTINS (2003).	Considerado um gasto em ativos, ou seja, gasto aplicado em bens, sejam eles de uso ou aplicação permanente, em função de sua vida útil ou benefícios que possam gerar futuramente.
Despesa	RODRIGUES (2004), MARTINS (2003), SCHERRER et al (2012).	Entende-se como o gasto para obter receita que em contrapartida reduz o patrimônio líquido, e não relaciona-se com a produção, mas sobretudo com a venda e expedição dos produtos.
Perda	MARTINS (2003), RODRIGUES (2004), JUNIOR (2004).	Considera-se como um gasto atípico, antecipado ou imprevisto sem objetivo de obter receita.
Custo	MARTINS (2003), JUNIOR (2004).	Gasto referente a um bem, produto ou serviço aplicado na produção de outro bem, produto ou serviço.
Custo Direto	MARTINS (2003), RODRIGUES (2004), JUNIOR (2004)	Diretamente apropriado aos produtos ou serviços e sua aplicação possui maior facilidade de medição.
Custo Indireto	MARTINS (2003), JUNIOR (2004), KASPCZAK (2008)	Possui maior complexidade para sua apropriação face aos custos diretos, isto demanda utilização de critérios de rateio.
Custo Variável	RODRIGUES (2004), CARVALHO (2002), SCHERRER et al (2012)	Será maior à medida que aumentar a quantidade produzida, ou seja possui relação proporcional com a quantidade produzida para formar seu valor total.
Custo Fixo	SCHERRER et al (2012), JUNIOR (2010), RODRIGUES (2004).	Mantêm-se inalterado mesmo que o volume produzido seja muito, pouco ou ainda que não haja produção.

## MÉTODO

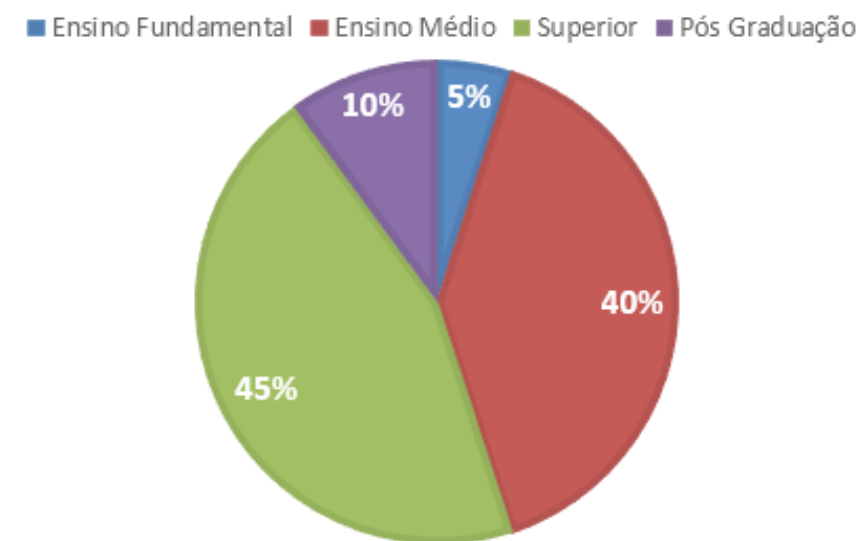
O presente estudo possui abordagem exploratória e qualitativa, para sua realização foi utilizado o método de coleta de dados de entrevistas estruturada, o método utilizado caracteriza-se pela busca de compreensão geral aproximativa a respeito de determinado tema GIL (1999) e VERGARA (2004); considerando ainda o estágio exploratório da presente pesquisa utilizou-se a amostra não probabilística por conveniência pesquisa por conveniência KINNEAR & TAYLOR (1979). Foram distribuídos pessoalmente os questionários estruturados para 20 micro e pequenos empresários do setor terciário, sendo 8 localizados na cidade de Caraguatatuba e 12 localizado na cidade de São Sebastião ambas situadas no Litoral Norte de São Paulo; As empresas analisadas estão enquadradas no faturamento de até R\$ 3.600.00,00 por ano conforme Lei Complementar nº 123 de 14 de Dezembro de 2006 que versa sobre a definição de Micro e Pequena Empresa. Os roteiros dos questionários de entrevistas foram estruturados a partir dos objetivos do estudo e nas características específicas segundo a revisão da literatura que se concentrou nos conceitos básicos acerca da Contabilidade de Custos com destaque na sua utilização para a tomada de decisão; para tal foram escolhidas as seguintes variáveis: Escolaridade dos empresários, tempo de atuação; A percepção sobre retorno financeiro gerado pela gestão de custos; O nível de dificuldade percebida para o cálculo e identificação dos custos, compreensão dos gastos, cálculo de lucro e formação dos preços.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa demonstrou que dentre os Micro e Pequenos Empresários da amostra analisada a maioria, 45% possui Ensino Superior, 40% Ensino Médio, 10% Pós Graduação e apenas 5% Ensino Fundamental.

### Gráfico 1

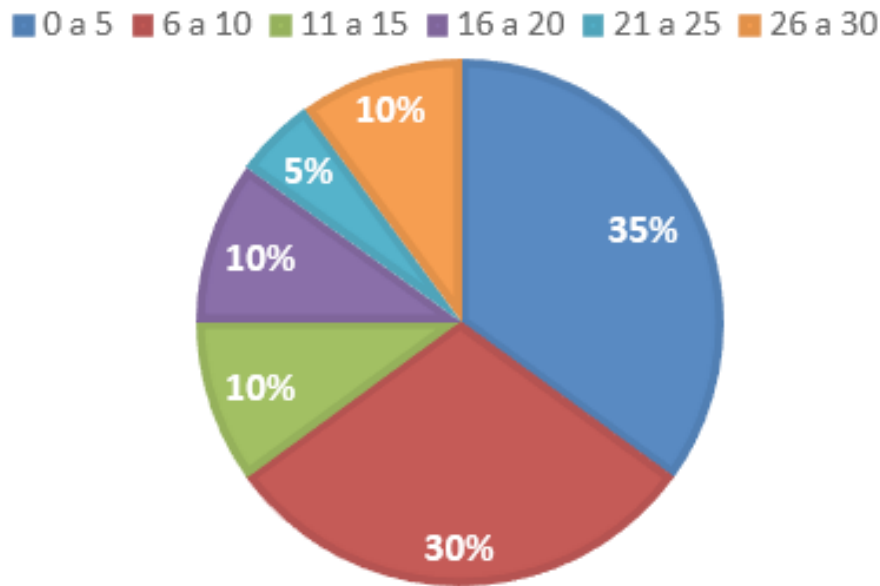
Escolaridade dos micro e pequenos empresários analisados.



Observou-se que prevalece na amostra selecionada Empresários com até 10 anos de atuação, sendo então 65%, os demais 35% possuem mais de 10 anos de atuação.

### Gráfico 2

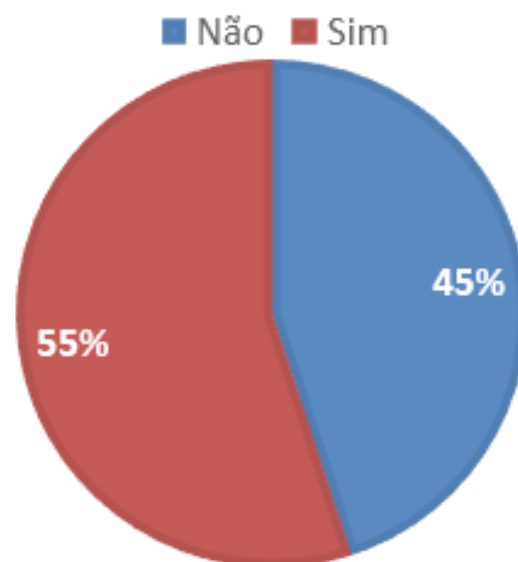
Tempo de atuação em anos.



Constatou-se ainda que 55% dos entrevistados declarou ter participado de algum curso sobre Custos e 45% negaram.

### Gráfico 3

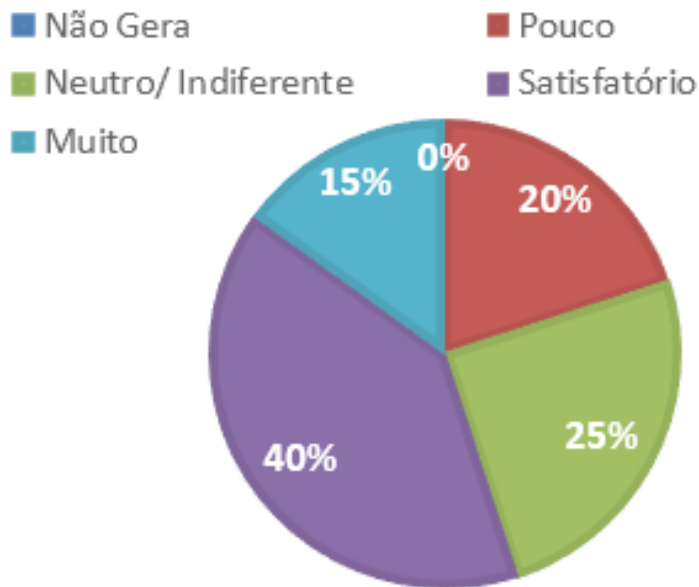
Participação em curso sobre custos



Dos entrevistados 55% acreditam que a Gestão de Custos gera retorno financeiro para a empresa.

**Gráfico 4**

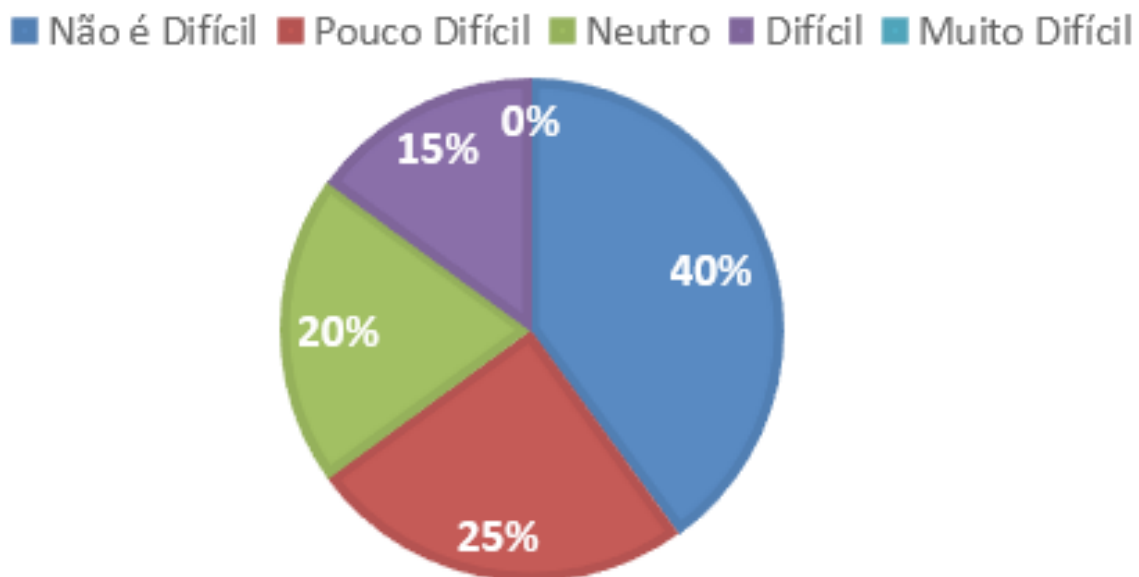
Percepção sobre o retorno financeiro sobre a gestão de custos.



Entretanto verificou-se que 40% dos empresários entrevistados acreditam que não é difícil realizar o cálculo dos custos, 25% afirmam ser pouco difícil, 20% demonstra neutralidade e 15% declarou ser difícil.

**Gráfico 5**

Nível de dificuldade para realizar o cálculo dos custos.

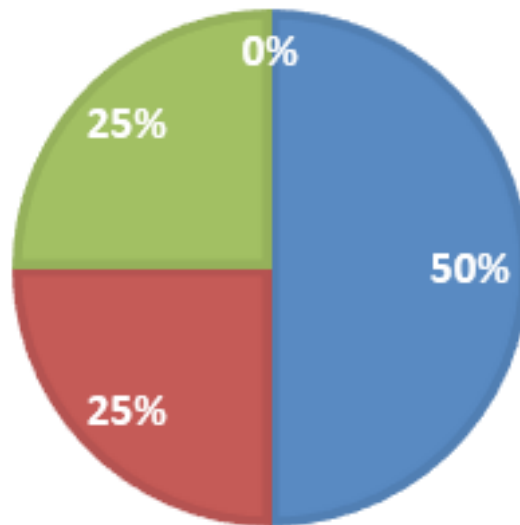


Para Identificar os custos 50% afirma não ser difícil, 25% acreditam ser um pouco difícil e outros 25% declaram ser difícil

**Gráfico 6**

Nível de dificuldade para identificar os custos.

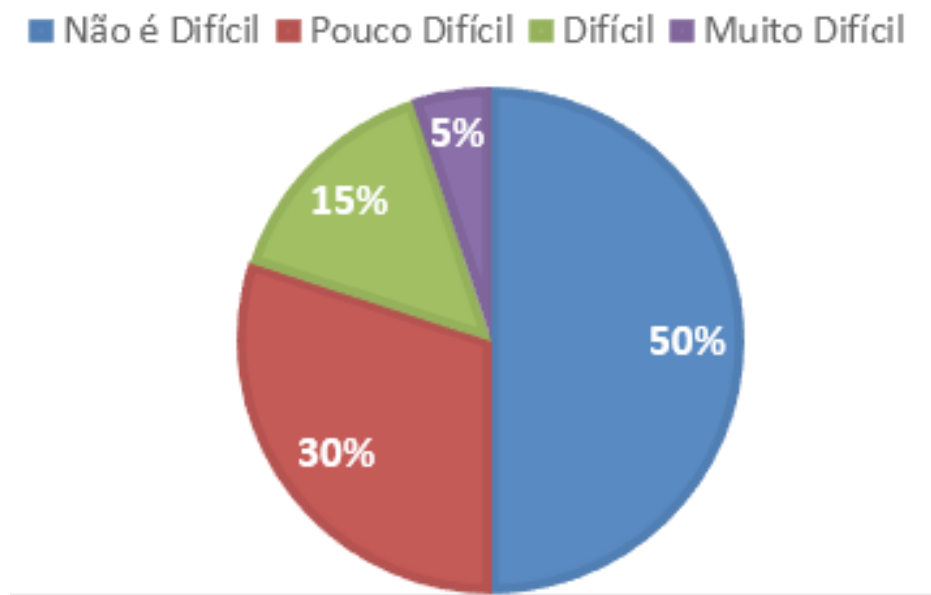
■ Não é Difícil ■ Pouco Difícil ■ Difícil ■ Muito Difícil



Contudo constatando-se que 25% dos entrevistados declaram ser difícil identificar o custo e somente 15% dos entrevistados afirmam ser difícil calcular os custos, verifica-se que 10% a mais da amostra consideram mais difícil identificar os custos do que calculá-los, observa-se então neste caso que há uma divergência; MARTINS (2003), SCHERRER et al (2012) e RODRIGUES (2004) versam sobre a necessidade de reconhecer as classificações específicas sobre custos, que ainda assim basicamente são classificados como os custos fixos, custos variáveis, custos diretos e custos indiretos, e, a referida etapa de classificação dos custos se dá antes ainda de se utilizar os métodos de custeio, ou seja, é preciso identificar o custo para então calculá-lo. No entanto, cabe então ressaltar que se há um grau maior de dificuldade para identificar o custo do que para calculá-lo, desta forma, estima-se então que há uma possibilidade de perda de relevância no produto final deste cálculo em parte dos entrevistados. O estudo mostrou que 50% dos entrevistados declaram não ser difícil compreender sobre gastos, 30% acreditam ser pouco difícil, 15% afirmam ser difícil e 5% acredita ser muito difícil.

**Gráfico 7.**

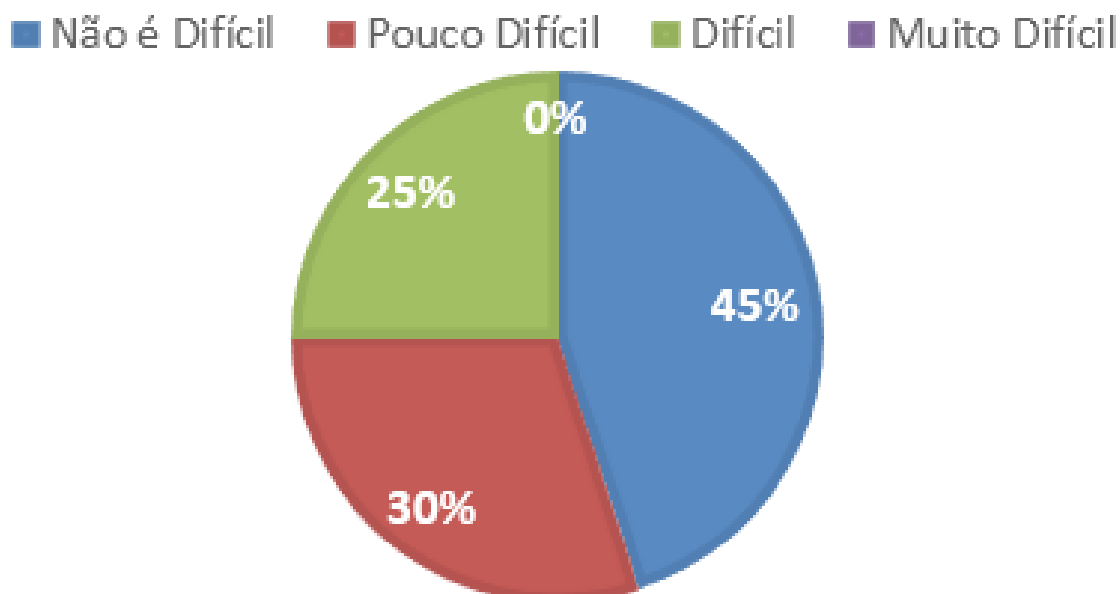
Nível de dificuldade para compreender os gastos.



Ressalta-se que dentre todos os itens analisados no presente estudo, apenas no item referente à compreensão dos gastos que os entrevistados responderam como muito difícil, ainda que apenas 5%, o referido item destaca-se por apresentar este nível de dificuldade mediante a percepção dos empresários; LEONE (1991) RODRIGUES (2004) e MARTINS (2003) corroboram o entendimento de gasto como um dispêndio financeiro global que é gerado objetivando a obtenção de determinado bem, produto ou serviço; Ainda assim RODRIGUES (2004) ressalta que os gastos podem ser classificados como investimentos, custos e despesas. Observou-se ainda que 45% dos entrevistados afirmaram não ser difícil calcular o lucro, 30% declararam ser pouco difícil, e 25% acreditam ser difícil.

**Gráfico 8.**

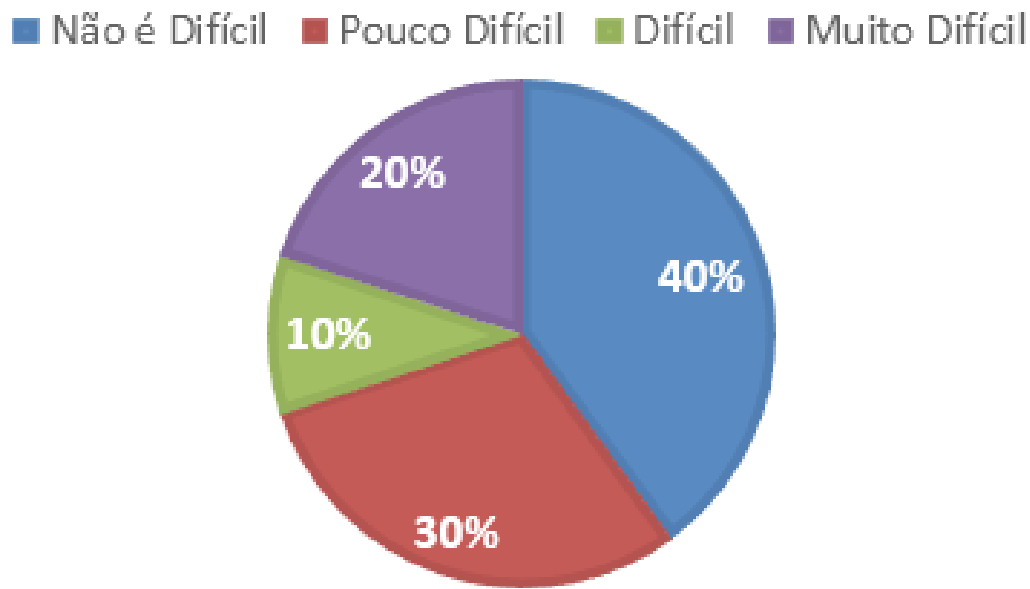
Nível de dificuldade para calcular o lucro.



O próximo item analisado foi o grau de dificuldade percebida pelo empresário para formar o preço de venda, onde verificou-se que 45% dos entrevistados declararam não ser difícil, 30% afirmam ser pouco difícil e 25% acredita ser difícil.

### Gráfico 9.

Nível de dificuldade para formar o preço de venda.



Estima-se que o presente nível de dificuldade encontrada para realizar o cálculo do lucro e formar o preço de venda tenha relação direta com a compreensão dos gastos e identificação dos custos, visto que estes itens são prévios, ou ainda obrigatórios para tal, da mesma forma que identificar o custo está para calcular os custos. Apesar de prevalecer entre os entrevistados a percepção de que a Gestão de Custos possui fatores que podem gerar resultado financeiro, o que demonstra a compreensão de sua importância na tomada de decisão e ainda assim quase que a totalidade, ou seja 90% dos entrevistados terem declarado realizar o cálculo dos custos, verifica-se que os níveis de dificuldade percebidas pelos empresários para de fato realizar a gestão de custos são significativos, ou ainda preocupantes, principalmente porque cerca de 85% possuem escolaridade entre ensino médio e superior e ainda assim por 55% terem declarado ter participado de algum curso específico sobre custos, as percepções referentes aos níveis de dificuldade, entre 15% e 30% dos entrevistados, conforme segue: para formar o preço de venda 30%, calcular o lucro 25%, identificar o custo 25%, compreender gastos 20% e calcular os custos 15% corroboram com as justificativas para a não utilização da gestão de custos analisadas por LOBRIGATTI (2003).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apontam para um problema relacionado mais à compreensão das terminologias aplicadas na gestão de custos, e que podem comprometer não somente o cálculo mas também a gestão de custos e a tomada de decisão nas micro e pequenas empresas, com base nisso MARTINS (2003)



ressalta sobre os problemas relacionados à terminologia de custos normalmente serem de certa forma subestimados, mas poderiam ser tratados como algo maior e relevante CREPALDI (2002) MARTINS (2003) e LEONE (1991) descrevem como imprescindível tratar sobre as terminologias de custos, para assim uniformizar a compreensão acerca da correta interpretação de seus significados; Ainda assim no sentido de tornar a gestão de custos relevante para as empresas analisadas, CALLADO et al (2003) afirmam que há nas micro e pequenas empresas uma necessidade em adaptar custos aos seus processos simplificados. Desta forma, verifica-se ser magna importância a Gestão de Custos para as empresas, principalmente para as micro e pequenas, todavia é necessário antes ainda de fomentar o uso dos métodos de custeio para este público, estimular o entendimento sobre as terminologias de custos, haja vista, que esta etapa precede e alicerça qualquer discussão sobre o tema.

## REFERÊNCIAS

BRUNI, Adriano Leal. *Administração de custos, preços e lucros*. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2010. 152 p.

CALLADO, Aldo Leonardo Cunha; MIRANDA, Luiz Carlos; CALLADO, Antônio André Cunha. *O Perfil Do Gestor De Custos: Um Estudo Do Setor De Confeccões De João Pessoa*. Belo Horizonte: Contabilidade Vista & Revista, V. 14, N. 3, P. 9-25, Dez. 2003.

CARVALHO, Dalmy Freitas. *A Contabilidade De Custos E Os Métodos De Custeio*. 2002 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) - Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

CLEMENTE, Ademir Luiz. *Método alternativo de análise dos dados operacionais e de precificação baseado nos esforços agregados como ferramentas de gestão de custos*. 2001. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CREPALDI, Silvio Aparecido. *Auditoria Contábil Teoria E Prática*. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002. 247 p.

GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5.Ed. São Paulo: Atlas, 1999. 207 p.

JUNIOR, Ionel Teixeira Gomes Ferreira. *Gestão De Custos-Utilizando Sistema De Custeio Por Atividade-ABC*. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Empresarial) Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro, 2004

KINNEAR, Thomas Court. TAYLOR, James Ronald. *Marketing Research: An Applied Approach*. New York: McGraw-Hill. 1979. 856 p.

LEONE, George Sebastião Guerra. *Custos: Um Enfoque Administrativo*. 10 Ed. Rio De Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 575 p.

LOBRIGATTI, Luís Alberto Fernandes. *Custos no comércio*. São Paulo: SEBRAE, 2003. 19 p. v.9.

MARRIOTT, Neil; MARRIOTT, Pru. *Professional accountants and the development of a management accounting service for the small firm: barriers and possibilities*. Management Accounting Research, v. 11, n. 4, p. 475-492, dec. 2000.

MARTINS, Eliseu. *Contabilidade de custos*. 9. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003. 262 p.

RODRIGUES, Élton Oliveira. *Custo mínimo e o ponto de substituição de equipamentos logísticos*. 2004. 197 f. Dissertação (Mestrado em Logística) – Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004

SARAPAIVANICH, N. *The Use Of Financial Information In Financial Decisions Of Smes In Thailand*. In: Annual conference of small enterprise association of Australia and New Zealand, v.16. 28 Sept.-1 Oct. 2003, Ballarat: New England Business School, 2003.

SCHERRER, A. M.; ZANATTA, D.; FREITAS, S. D.; RETAMIRO, W. *Manual para o exame de suficiencia do conselho federal de contabilidade*. 1ª Ed. São Paulo: Atlas, 2012 368 p.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2004. 94 p.

**Recebido em: 01/12/2016**  
**Aceito para publicação em: 06/04/2017**